MP-2024

Manual de Puentes de Costa Rica

TOMO 1
GESTIÓN, INSPECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE PUENTES

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
GOBIERNO DE COSTA RICA

Página intencionalmente en blanco.

Prólogo

Los puentes son elementos claves en un sistema de transportes por al menos tres razones principales: es probable que controlen la capacidad del sistema; su costo por kilómetro es más alto que el de cualquier otro elemento del sistema; si el puente falla, el sistema falla. En ese contexto, los puentes son estructuras esenciales que influyen en gran medida sobre el desarrollo de un país, una región o incluso de capitales privados, debido a que permiten comunicar dos puntos geográficos de manera eficiente, generando gran cantidad de beneficios para la sociedad en distintos aspectos, como la salud, educación, economía, ocio, sostenibilidad y resiliencia.

En muchas ocasiones, por razones históricas, del entorno o culturales, los puentes dejan de ser un mero componente más de la infraestructura, para convertirse en el reflejo de la memoria colectiva y de las aspiraciones de una sociedad. Muchas veces terminan siendo al mismo tiempo, parte importante de la belleza de un lugar, y por lo tanto, de la satisfacción de quienes los observan diariamente o de aquellos quienes los visitan. Cuando cumplen además de manera óptima requisitos estructurales, económicos y estéticos, y son asimismo adecuadamente conservados, los puentes se convierten en un testimonio de la integridad, el logro tecnológico y el arte, en la vida de una sociedad democrática.

Es en el escenario descrito de su relevancia, que se vuelve clave y estratégico contar con una red de puentes que permita satisfacer las necesidades cada vez mayores de sus usuarios de manera satisfactoria, funcional, segura y duradera, a la vez que se asegure un uso eficiente de los recursos, se garantice el conocimiento y registro rutinario de las características físicas y de la variación de la condición en el tiempo, el mantenimiento y la rehabilitación de los activos en servicio de manera continua y sistemática, y en general, de todas las tareas de gestión de puentes en las distintas fases del ciclo de vida de los mismos.

Con el fin de lograr lo anterior, es imprescindible contar con un manual que norme, regule y guíe en el cumplimiento eficiente de estos objetivos, y que permita la unificación de criterios de acuerdo con las mejores prácticas y experiencias tanto nacionales como internacionales, para la correcta toma de decisiones en el contexto costarricense.

Es de ahí que surge la necesidad de poner a disposición de todas las entidades públicas, empresas privadas ya sea nacionales o internacionales que realizan trabajos para el estado, profesionales, técnicos, y en general, todos los interesados e involucrados de alguna u otra forma con el tema de puentes, el presente *Manual de Puentes de Costa Rica – 2024* (MP-2024) en su Tomo I, como el documento normativo oficial, completo e integral en materia de puentes, escrito para incluir de manera ordenada, concisa y sistemática, los criterios unificados y estandarizados que sirvan como base en las distintas tareas de gestión de puentes, teniendo como fin la optimización de la seguridad estructural, funcionalidad y durabilidad, así como un uso eficiente y responsable de los fondos disponibles en cada fase del ciclo de vida de los puentes, de manera que se logre a la vez el mínimo impacto ambiental y sociocultural.

Ing. Mauricio Batalla Otárola

Ministro de Obras Públicas y Transportes

Equipo Coordinador

Unidad de Normativa y Actualización Técnica-Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) - LanammeUCR

Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR

Equipo de Elaboración

Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR

Equipo Revisor y Colaborador

Dirección de Ingeniería - MOPT

Dirección de Diseño de Vías y Puentes - CONAVI.

Departamento de Estructuras Escuela de Ingeniería Civil - UCR

Programa de Infraestructura del Transporte - LanammeUCR

Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR

Colaboración de la Delft University of Technology & la Universidad San Francisco de Quito

Colaboración de la Universidad de Chile

La revisión y aprobación del Tomo I *Gestión, inspección y conservación de puentes* del presente *Manual de Puentes de Costa Rica - 2024* (MP-2024) para su oficialización, se realizó de conformidad con el Capítulo III en su Sección III Procedimiento para la oficialización del Manual de Especificaciones del Decreto Ejecutivo n.º 37016 - MOPT, a través de:

Equipo Revisor y de Aprobación

Comisión Revisora de Actualización de los Manuales de Especificaciones Técnicas del MOPT (CRPAME)

Versiones del documento

El siguiente cuadro tiene como objetivo poder dar seguimiento al desarrollo del presente manual. Se deben anotar las versiones del documento, el autor que está implementando la versión, la fecha de la versión, el nombre de la persona que aprobó la versión, la fecha en la que fue aprobada y una breve descripción de la razón por la que se está creando una nueva versión.

Versión n.º	Fecha	Descripción

Página intencionalmente en blanco.

Contenido

- Capítulo 1 - Introducción
- Capítulo 2 - Sistema de gestión de puentes
- Capítulo 3 - Tipos e intervalo de inspección
- Capítulo 4 - Programa de inspectores de puentes
- Capítulo 5 - Medidas de seguridad y procedimientos previos a las inspecciones
- Capítulo 6 - Inspección de inventario e inspección rutinaria de puentes
- Capítulo 7 - Inspecciones detalladas
- Capítulo 8 - Calificación de la condición y priorización de la intervención de puentes existentes
- Capítulo 9 - Conservación de puentes
- Capítulo 10 - Evaluación de la capacidad y restricción de carga en puentes
- Capítulo 11 - Monitoreo de salud estructural en puentes
- Capítulo 12 - Pruebas de carga en puentes

- Apéndice A - Guía de uso de formularios de inspección de inventario
- Apéndice B - Guía de uso de formularios de inspección rutinaria
- Apéndice C - Guía de uso de formularios de conservación
- Apéndice D - Especificaciones generales para el mantenimiento de puentes (CP-2024)
- Apéndice E - Especificaciones técnicas para un sistema de monitoreo integral en puentes
- Apéndice F - Guía para la calificación de la condición de puentes existentes
- Apéndice G - Guía para la priorización de la intervención de puentes existentes
- Glosario

1

Introducción

1.1 Manual de Puentes de Costa Rica - 2024 (MP-2024)..... 1/2

1.2 Antecedentes al MP-2024..... 1/4

1.2.1 Red Vial Nacional..... 1/5

1.2.2 Conservación..... 1/9

1.2.3 Red Vial Cantonal..... 1/10

1.3 Objetivos del MP-2024..... 1/11

1.3.1 Objetivo principal..... 1/11

1.3.2 Objetivos específicos..... 1/11

1.4 Alcance..... 1/12

1.5 Contenido..... 1/13

1.6 Normativa y manuales destacados..... 1/16

1.6.1 Normativa y manuales nacionales..... 1/16

1.6.2 Normativa y manuales internacionales..... 1/17

1.6.3 Manuales que son sustituidos por el MP-2024..... 1/17

1.7 Bibliografía..... 1/18

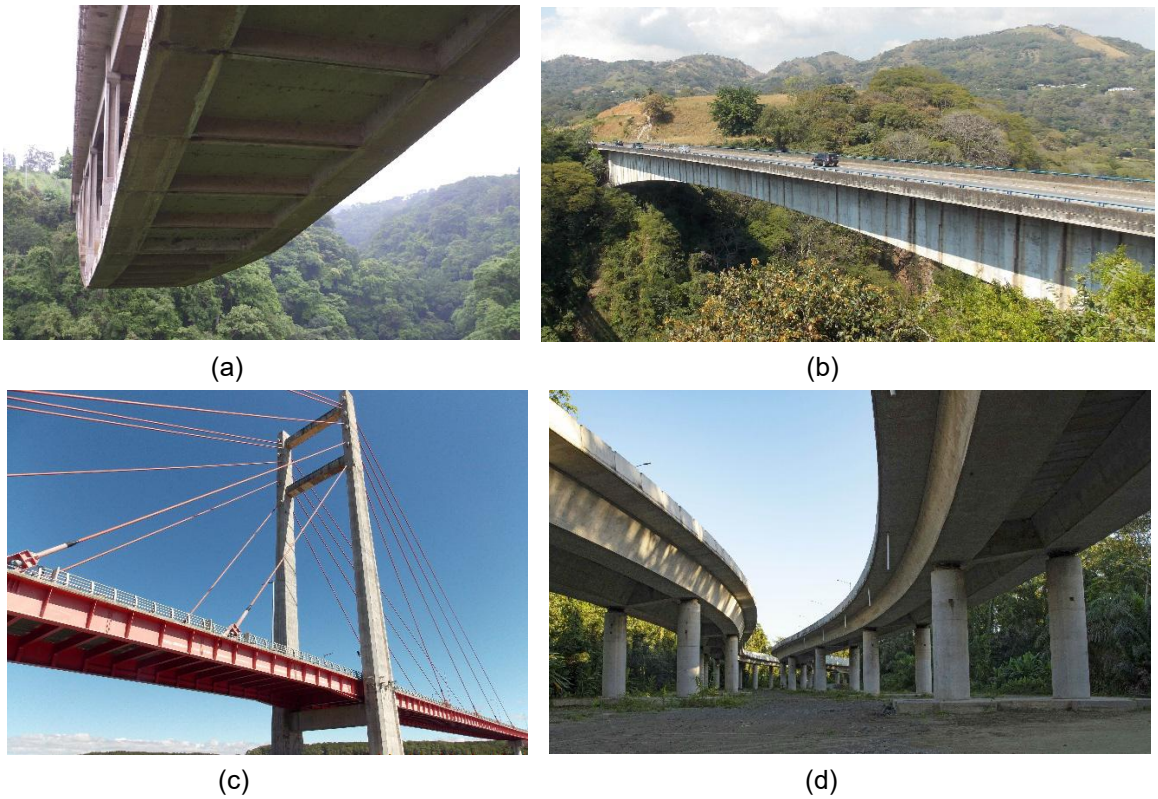
1.1 Manual de Puentes de Costa Rica - 2024 (MP-2024)

Los manuales de puentes recogen, sintetizan, uniformizan y ordenan un conjunto de normas, regulaciones, guías y mejores prácticas, producto del conocimiento científico, la experiencia práctica nacional e internacional y el sentido común, en el área de puentes. Orientan y guían en procura de que, por medio de una adecuada gestión, los puentes cumplan, en las distintas fases de su ciclo de vida y de forma objetiva, requisitos de seguridad, serviciabilidad, durabilidad, costo-efectividad, inspección y seguimiento, conservación, construcción de obras nuevas, estética y sostenibilidad.

Siguiendo esa misma línea, el presente documento corresponde a la entrega del Tomo I perteneciente al *Manual de Puentes de Costa Rica - 2024* (MP-2024), en cumplimiento de los preceptos que la Ley n.º 8114, *Ley de Simplificación y Eficiencia Tributarias*, del 4 de julio del 2001, y el reglamento al Artículo 6 de dicha ley según el Decreto Ejecutivo n.º 37016 - MOPT del 13 de febrero de 2012, le asignaron a la Universidad de Costa Rica a través del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), así como las disposiciones de la Contraloría General de la República (CGR) por medio del Informe n.º DFOE-IFR-IF-05-2015 del 20 de mayo de 2015, *Informe de la Auditoría Especial sobre la Gestión Relacionada con Puentes de la Red Vial Nacional* (CGR, 2015), que reafirma lo establecido en la Ley n.º 8114 y en el respectivo reglamento, en cuanto a la necesidad de elaborar dicho manual en coordinación con el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y los consejos que correspondan.

Este Tomo I describe la tarea general de gestión de puentes, necesaria para poder llevar a cabo de manera efectiva y sistemática tanto la asignación de fondos como las distintas acciones en el ciclo de vida de un grupo de activos, así como de forma específica, parte de las labores que enmarca la misma, como lo son la inspección de puentes en servicio (como por ejemplo los mostrados en la Figura 1.1) y su conservación.

Si bien es cierto el MP-2024 está constituido, a la fecha de la publicación del presente documento, únicamente por el Tomo I, posteriormente se completará con los tomos que incluirán las tareas, igualmente importantes, de estudios de preinversión, ensayos y análisis previos, diseño, rehabilitación mayor, reconstrucción (sustitución), construcción, y todas aquellas que, de igual forma, están enmarcadas y entrelazadas entre sí dentro de las tareas de gestión de puentes. De la misma manera, posteriormente se incluirán aquellos tipos de estructuras excluidos del alcance del presente tomo, pero que cumplen una función similar, tal es el caso, por ejemplo, de las alcantarillas que cruzan bajo las carreteras y los puentes peatonales.



(a) (b)

(c) (d)

Figura 1.1. Ejemplos de puentes en servicio de la Red Vial Nacional: (a) Rafael Iglesias, Ruta Nacional n.º 01; (b) Río Grande, Ruta Nacional n.º 27; (c) La Amistad de Taiwán, Ruta Nacional n.º 18; (d) Acceso a terminal de contenedores, Ruta Nacional n.º 257.
Fuente de todas las fotografías: LanammeUCR

El MP-2024 Tomo I es un documento de referencia técnica para todas las fases del ciclo de vida de los puentes, incluyendo todas las acciones que se ejecuten al respecto, ya sea en forma individual o en grupos de estructuras, por parte del MOPT y sus consejos en la Red Vial Nacional y de Travesía pavimentada y no pavimentada, municipalidades en la Red Vial Cantonal pavimentada y no pavimentada, y otras dependencias públicas, para proyectos en el territorio de la República de Costa Rica, cualquiera que sea el mecanismo por el cual se planeen, desarrollen o presten servicio, incluyendo por procedimientos internos, por administración, por contrato, por la modalidad participativa (alianzas público/privada o APP por sus siglas) o por cualquier otra forma de contrato o ejecución, conforme se indica en el Artículo 25 y en el Artículo 34 del *Reglamento al Artículo 6 de la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria n.º 8114* (2012), según el Decreto Ejecutivo n.º 37016 – MOPT. En el caso de dueños particulares de puentes, se recomienda el uso del MP-2024 Tomo I como una guía de mejores prácticas para garantizar la seguridad de los usuarios de los puentes, el tránsito eficaz de bienes y personas, su adecuada conservación con tal de que brinden niveles de servicio aceptables durante vidas útiles extendidas, así como el uso eficiente de los recursos a la hora de gestionarlos.

Las unidades utilizadas en el MP-2024 Tomo I son las del Sistema Internacional de Unidades (SI), de acuerdo con lo establecido en la Ley n.º 5292, *Uso Exigido del Sistema Internacional Unidades de Medida "SI" Métrico Decimal* (1973), de la República de Costa Rica.

En los distintos capítulos del MP-2024 Tomo I, se hace referencia a normativa nacional e internacional de carácter tanto obligatorio como de uso recomendado. Se entiende que el manual se refiere específicamente a las versiones vigentes a la fecha de publicación del presente documento, según lo establecido en la bibliografía de cada capítulo. Teniendo como objetivo el uso de las mejores prácticas, y tomando en cuenta los avances, reformas y cambios que de forma paralela se pueden dar en la redacción de estas referencias posteriores a esa fecha, se debe usar la última versión declarada como oficial por el ente emisor, en estricto apego al mejor criterio profesional y a las reglas de ética establecidas.

Como todo ámbito de la ingeniería civil, los aspectos relacionados con las distintas fases del ciclo de vida de los puentes están en permanente cambio y renovación, lo que promueve a innovar, mejorar, ampliar o sustituir las disposiciones contenidas en este manual. Es por ello que la preocupación de mantener el MP-2024 Tomo I al día, debe ser una constante en las labores que desarrollen todos los profesionales y técnicos ligados, de una u otra forma, al quehacer de los puentes. Sin embargo, como cuestión de procedimiento y ordenamiento general, toda propuesta de modificación debe ser remitida a la Comisión Permanente de Revisión del Manual de Especificaciones (creada mediante el Decreto Ejecutivo n.º 36388 para tales fines), la cual, tramitará la modificación según lo dispone el Capítulo III del *Reglamento al Artículo 6 de la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributarias n.º 8114* (2012), según el Decreto Ejecutivo n.º 37016 – MOPT.

Es importante aclarar que el presente manual MP-2024 conlleva un claro proceso de transición, en el cual se deben realizar ajustes a nivel administrativo, técnico y económico, para el correspondiente levantamiento de información, análisis y toma de decisiones por parte de la *Organización responsable de la gestión de puentes*.

1.2 Antecedentes al MP-2024

Se han llevado a cabo en Costa Rica a lo largo de los años, distintas iniciativas con el objetivo de contar con normativas, guías o manuales, que regulen, rijan o documenten la aplicación de una o varias de las tareas correspondientes a un sistema de gestión de puentes. Sin embargo, como se verá a continuación, estos esfuerzos, aunque importantes, han sido aislados, pues se enfocan en ciertas acciones específicas, y por lo tanto, su alcance es limitado en materia de puentes (CGR, 2015). Además, las fechas de publicación de estos documentos hacen evidente la necesidad de adaptar su contenido a los requerimientos actuales del país, y a la experiencia adquirida y oportunidades de mejora identificadas durante estos años gracias a su uso.

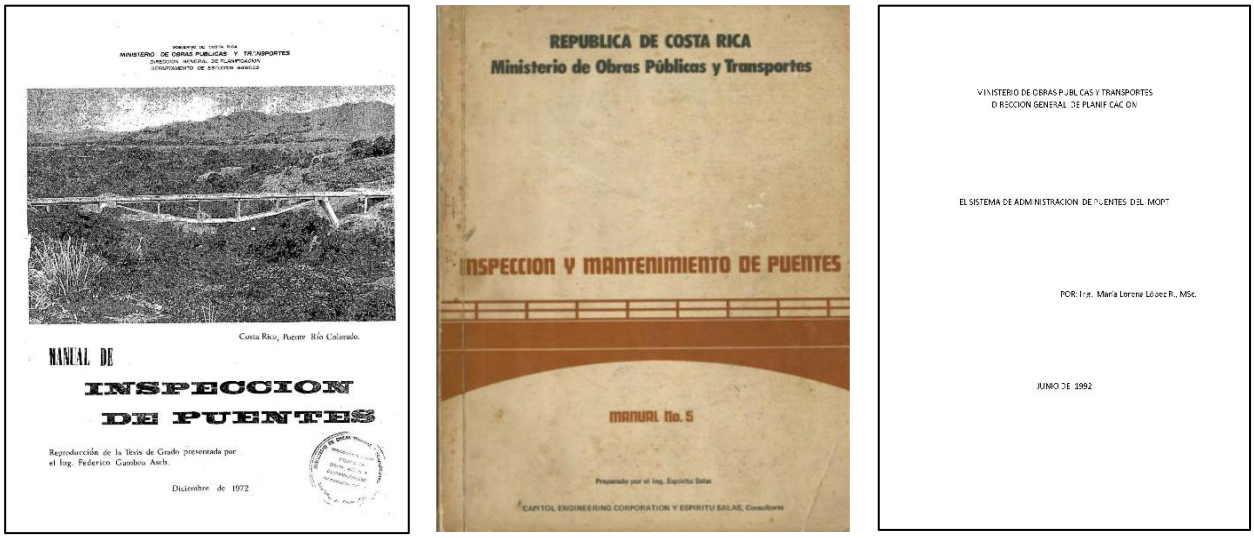
1.2.1 Red Vial Nacional

Es posible trazar los primeros esfuerzos hasta por lo menos el año 1958 (Morales-Rodríguez, 2004), cuando el Ing. Alfredo Serrano Escalante y el Ing. Edgar Corrales Cordero, elaboraron un informe sobre el inventario de carreteras y puentes del país. Aunque Morales-Rodríguez (2004) no especifica el alcance y contenido específico de dicha información, si es claro que había algún interés en tener por lo menos un registro de ciertas características de la red de puentes del país.

De acuerdo con Gamboa-Asch (1972), hacia finales de los años sesenta existía ya un inventario detallado de todos los puentes del país pertenecientes a la Red Vial Nacional, pero se interpreta de la redacción que no se hizo con base en un manual que sirviera como guía, aunque sí se realizaron luego las tareas de intervención más urgentes basándose en la información recolectada. Con el objetivo de llevar a cabo una re-inspección de este inventario existente, es que surgió la necesidad de contar con un manual, razón por la cual se publicó hacia finales de 1972 el documento denominado *Manual de Inspección de Puentes* (ver Figura 1.2 (a)), por parte del Departamento de Estudios Básicos de la Dirección General de Planificación del MOPT, que correspondió a una reproducción tal cual de la tesis de grado de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica del Ing. Federico Gamboa Asch en 1972. El documento incluyó, de forma general, los siguientes aspectos necesarios para llevar a cabo tareas de inspección de puentes: las herramientas necesarias y su uso; el personal de inspección y sus responsabilidades; el inventario del puente; la determinación del daño a nivel de los elementos en una escala de 0 a 10; el reporte de la inspección y una sugerencia para la determinación global de la condición; incluía además definiciones, algunas de ellas con fotos e ilustraciones.

Entre los años 1972-1974 se diseñó un programa de conservación de vías, con intenciones de ser permanente, con el consultor Ing. Espíritu Salas (ministro del MOPT entre 1958-1962 durante la administración de don Mario Echandi) y con el apoyo de la Asociación Internacional de Desarrollo (Silva, 1999). Como producto de ese programa, se desarrollaron varios manuales relacionados con las tareas a ejecutar, entre los cuales se encontraba el *Manual n.º 5 Inspección y Mantenimiento de Puentes* (ver Figura 1.2 (b)), el cual, de acuerdo con Ramírez-González, Muñoz-Peralta y Gutiérrez-Corrales (2015), se basó en el manual del Federal Highway Administration (FHWA) denominado "*Bridge Inspector´s Training Manual 70",* o mejor conocido como el "*Manual 70"*, el cual fue el primer manual oficial relacionado con el tema de inspección de puentes en los Estados Unidos de América, producto de la preocupación e interés generado en el tema, a raíz de la falla del puente Silver sobre el río Ohio el 15 de diciembre de 1967 (FHWA, 2012). En este *Manual n.º 5*, ya se hablaba de la importancia de hacer las inspecciones de forma regular para poder preparar los programas de conservación, y que los trabajos de inspección debían ser llevados a cabo bajo la supervisión de un ingeniero civil y personal calificado.

En el año 1992, la Dirección General de Planificación del MOPT, publicó el documento denominado *El Sistema de Administración de Puentes del MOPT*, con la autoría de la Ing. María Lorena López R. (ver Figura 1.2 (c)). Según este documento, en el año 1988 dicha instancia decidió retomar el inventario de los puentes y su registro para el mantenimiento de una base de datos; además, se procuró implementar por primera vez, un sistema informático de gestión de puentes. Como primer paso, se hizo la inspección de un 90 % del total de 1 200 puentes en aquel entonces, usando como base el manual desarrollado por Gamboa-Asch (1972). Los módulos propuestos en el documento para el sistema informático de administración de puentes fueron, según López-Rosales (1992), los siguientes: módulo de datos de inventario, de la condición, y de las acciones de conservación, rehabilitación y reemplazo; módulo de priorización y de acciones de mantenimiento mayor, rehabilitación y reemplazo, así como los costos asociados y el nivel de servicio que se alcanzaría con cada alternativa; módulo de mantenimiento rutinario o preventivo, basándose en las recomendaciones del inspector o en el análisis histórico de las acciones y sus frecuencias; módulo de análisis histórico; módulo de reportes.



(a) (b) (c)

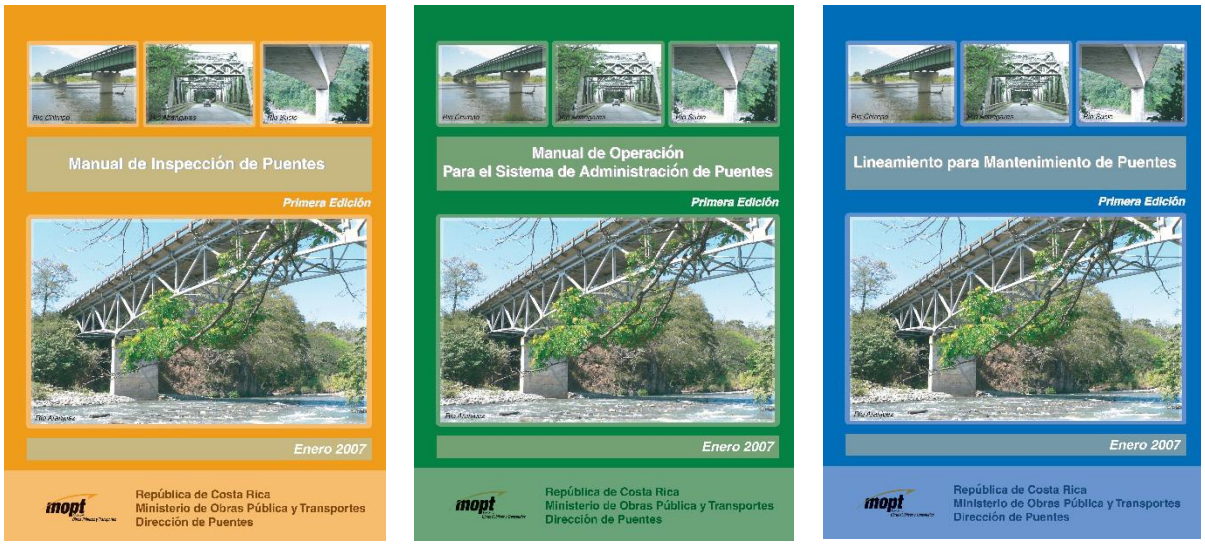
Figura 1.2. Portadas de manuales relativos a la gestión o inspección de puentes de la segunda mitad del siglo XX: (a) *Manual de Inspección de Puentes* (Gamboa-Asch, 1972); (b) *Manual n.º 5 Inspección y Mantenimiento de Puentes* (Capitol Engineering Co. y Salas, 1974); (c) *Sistema de Administración de Puentes del MOPT* (López, 1992).

De acuerdo con Ramírez-González et al. (2015), nuevamente en el año 1999 se decidió por parte de la Administración, en este caso representada por el Departamento de Puentes (lo que corresponde actualmente a la Dirección de Puentes) del MOPT, llevar a cabo la tarea de

atender los puentes de la Red Vial Nacional mediante la implementación de un sistema de gestión de puentes, debido a las deficiencias identificadas en las acciones ejecutadas hasta el momento.

Luego del estudio de varias opciones para lograr este fin, se decidió finalmente llevar a cabo una cooperación técnica con la Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (JICA por sus siglas en inglés para "*Japan International Cooperation Agency*"), la cual se denominó *El Estudio sobre el Desarrollo de Capacidad en la Planificación de Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes Basado en 29 Puentes de la Red de Carreteras Nacionales en Costa Rica* (JICA, 2007). Como resultado de la cooperación, se presentaron una serie de recomendaciones para el desarrollo de capacidades en el tema y se elaboraron una serie de productos con miras a la implementación de un sistema de gestión de puentes en Costa Rica, entre los cuales se encontraba la herramienta informática denominada SAEP (*Sistema de Administración de Estructuras de Puentes*). Se desarrollaron tres manuales: uno con el objetivo de recolectar la información de inventario y deficiencias de los puentes en servicio, otro para describir el funcionamiento del sistema SAEP, y el último para explicar la forma de analizar los resultados obtenidos del uso de dicha herramienta informática. Dichos documentos se detallan a continuación. Ninguno de estos manuales fue emitido por la vía del decreto ejecutivo.

En el 2007 se publicó por parte del MOPT y JICA, el *Manual de Inspección de Puentes* (ver Figura 1.3 (a)), con el objetivo de llevar a cabo la inspección de los puentes de forma uniforme, estándar y acorde con lo requerido por la herramienta informática SAEP. Dicho manual incluyó: un glosario; las responsabilidades de los inspectores de puentes; la descripción de los formularios de inventario y de deficiencias; una guía de recopilación de datos de inventario; y los lineamientos para la calificación del grado de deterioro del puente. Este manual ha sido utilizado como el documento oficial del MOPT-CONAVI, para la realización de las inspecciones de puentes que se han llevado a cabo a la fecha, y de la respectiva recopilación de la información de inventario y de deficiencias.



(a) (b) (c)

Figura 1.3. Portadas de manuales relativos a la gestión o inspección de puentes producto de la cooperación MOPT-JICA: (a) *Manual de Inspección de Puentes* (MOPT y JICA, 2007); (b) *Manual de Operación para el Sistema de Administración de Puentes* (MOPT y JICA, 2007); (c) *Lineamiento para Mantenimiento de Puentes* (MOPT y JICA, 2007).

La herramienta informática SAEP recopila información únicamente de los puentes tipo viga de concreto o acero con tableros de concreto, ya que esta tipología constituye la familia de puentes mayoritaria del inventario nacional. Es en parte por ello que, en el 2014, la Dirección de Puentes del MOPT, con la participación de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), publicó la *Revisión al Manual de Inspección de Puentes 1° ed. 2007: Actualización del Capítulo 5*, en donde el Capítulo 5 del manual del 2007 corresponde únicamente a la parte de inventario. Dentro de los principales cambios, está precisamente la presentación de mecanismos de inclusión, sin cambiar la lógica de funcionamiento del SAEP, de las restantes tipologías y de los materiales de puentes no incluidos originalmente.

Por otra parte, el *Manual de Operación para el Sistema de Administración de Puentes* (MOPT y JICA, 2007), describe el funcionamiento general del sistema informático desde el punto de vista operativo y de administración de los datos (ver Figura 1.3 (b)). Según este documento, el SAEP está compuesto de forma general, por los siguientes módulos: módulo de datos de inventario y deficiencia; módulo de priorización de actividades de rehabilitación/reconstrucción (sustitución) y de estudios detallados; módulo de costos. En el 2013, el CONAVI publicó el documento denominado *Manual del Usuario del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes - Versión 1.3*, el cual respondió a cambios importantes de fondo de la programación y entorno informático del SAEP, no así del contenido y lógica del sistema como herramienta a ser usada durante la gestión de puentes.

En el caso del *Lineamiento para Mantenimiento de Puentes* (MOPT y JICA, 2007), la importancia de dicho documento es que explica al inicio, la lógica y el funcionamiento de los módulos de priorización y costos del SAEP (ver Figura 1.3 (c)). Si bien es cierto el lineamiento utiliza la palabra “mantenimiento”, el SAEP sólo prioriza para llevar a cabo inspecciones detalladas e intervenciones para rehabilitación, y algunas tareas de mantenimiento basado en la condición. La segunda parte del documento es, precisamente, para describir estas tareas de inspección detallada e intervención mayor.

Finalmente, en el 2015 el CONAVI elaboró el procedimiento denominado *Código 01-02-01-06-v1: Actualización del Inventario Técnico de los Puentes de la Red Vial Nacional por medio del Sistema de Administración de Puentes (SAEP)*, en cuyo contenido estuvo involucrado el Departamento de Planificación Sectorial del MOPT. En dicho procedimiento, se revisaron y redefinieron los diferentes actores y sus responsabilidades en el uso de la herramienta informática SAEP, así como los diferentes tipos de inspección que pueden alimentar la base de datos del sistema informático.

1.2.2 Conservación

Durante el siglo XX no existió un documento único oficial sobre especificaciones generales para la conservación de la infraestructura vial. Previamente, lo que se establecían eran disposiciones normativas a través de especificaciones especiales concretas de los trabajos de conservación y rehabilitación necesarios. Es con el objetivo de lograr ese propósito, que en el 2002 se elaboró, por parte del MOPT-CONAVI y con la asesoría de la empresa IMNSA, el documento *Especificaciones Generales para la Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica* (ver Figura 1.4 (a)), también conocido como *CRM-2002*, el cual se basó en la modalidad de contratación con base en precios unitarios. Este manual incluía, como su nombre lo indica y en conjunto con otros activos viales, el tema de conservación de puentes. Sin embargo, este documento nunca fue oficializado por parte del MOPT-CONAVI.

En el 2015 el MOPT publicó el *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes* (ver Figura 1.4 (b)), también conocido como *MCV-2015*. El Capítulo 6 de dicho manual se denomina *Conservación de Estructuras Mayores*, e incluye las tareas de conservación que deben ser aplicadas específicamente en los puentes, así como los renglones de pago respectivos.



(a) (b)

Figura 1.4. Portadas de manuales sobre conservación de carreteras que incluyen puentes: (a) *Especificaciones Generales para la Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica_CRM-2002* (MOPT y CONAVI, 2002); (b) *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes_MVC-2015* (MOPT, 2015).

1.2.3 Red Vial Cantonal

En el caso de la Red Vial Cantonal, de acuerdo con JICA (2007), en la década de los noventa el MOPT desarrolló un sistema informático denominado *Sistema de Programación y Ejecución del Mantenimiento Vial* (SPEM), con el patrocinio de la Agencia de Cooperación Alemana (GIZ por sus siglas en alemán para "*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*"). Para el uso de dicho sistema informático, se elaboraron además manuales del usuario. Sin embargo, dicha herramienta finalmente no fue implementada por las municipalidades.

En el 2014, el Departamento de Medios de Transporte de la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT, publicó por medio del Decreto Ejecutivo n.º 38578-MOPT, el *Manual de Especificaciones Técnicas para Realizar el Inventario y Evaluación de la Red Vial Cantonal* (2014), cuya función es ordenar y simplificar los procedimientos de realización del inventario de la Red Vial Cantonal, e inscribirlo dentro del Registro Vial del MOPT. Este manual incluyó, entre otros factores como el socioeconómico y las características físicas de la vía, una boleta de inventario específica para puentes, la cual recopilaba menos información que la exigida por el *Manual de Inspección de Puentes* de MOPT y JICA (2007).

En términos de la inspección de puentes, los avances en la Red Vial Cantonal han sido más limitados en comparación con la Red Vial Nacional, ya que inclusive aún se desconoce de forma exacta el número total de puentes de todos los cantones del país.

1.3 Objetivos del MP-2024

1.3.1 Objetivo principal

Poner a disposición del país la normativa técnica oficial en materia de puentes, con criterios unificados y estandarizados que normen, regulen y sirvan como guía en las distintas tareas de gestión de puentes correspondientes a cada fase de su ciclo de vida, de acuerdo con las mejores prácticas y experiencias tanto nacionales como internacionales.

1.3.2 Objetivos específicos

a) Proveer los fundamentos necesarios para la implementación de un Sistema de Gestión de Puentes, con el fin de lograr el planeamiento, la ejecución y el seguimiento de la atención de los puentes acorde con sus necesidades específicas, de manera permanente, sistemática y eficiente.

b) Realizar la detección temprana y atención oportuna de deficiencias en las estructuras de puentes, brindando así seguridad a los usuarios del sistema de transporte, y salvaguardando el tránsito continuo de personas, mercancías, bienes y servicios.

c) Brindar procedimientos y criterios uniformizados para las tareas de inspección de puentes existentes de recolección de datos de inventario, identificación de deficiencias, determinación de la condición, así como el registro y reporte de los resultados, que permitan contar con información oportuna, consistente, precisa, técnicamente sustentada, trazable, ordenada y objetiva para la gestión de puentes.

d) Ejecutar oportunamente, de manera costo-efectiva, y en los puentes apropiados, las tareas de conservación necesarias, de forma tal que permita alcanzar o extender su vida útil y reducir o retrasar así la necesidad de intervenciones costosas, lo anterior con base en procedimientos y criterios uniformizados y sistematizados, acordes con las mejores prácticas nacionales e internacionales.

e) Promover la mejora continua de la calidad de la red de puentes y de todos los principales aspectos relacionados con su correcto funcionamiento y gestión, así como la mejora en la resiliencia del sistema de transporte del país, promoviendo una red de puentes robusta, redundante y de baja vulnerabilidad.

f) Determinar las decisiones más costo-efectivas en las distintas fases del ciclo de vida de las estructuras, tomando en cuenta los aspectos ambientales y socioculturales de sostenibilidad, así como los estéticos, referentes a los puentes.

1.4 Alcance

a) El alcance del presente Tomo I, se circunscribe a las siguientes acciones:

i. Gestión

A pesar de que el Tomo I no incluye de manera explícita todas las tareas o fases del ciclo de vida de los puentes, un sistema de gestión abarca de manera global todas estas, por lo que el alcance de este tema aplica para todos los restantes tópicos de los tomos no incluidos en esta entrega.

ii. Inspección

Las tareas de inspección se restringen a puentes en servicio, ya sea construidos recientemente o con varias décadas en servicio. No obstante, el uso de los resultados de las inspecciones no se limita al alcance de este Tomo I, sino que pueden ser utilizados con otros fines relativos a la gestión de puentes.

iii. Conservación

iv. La conservación es un componente de las acciones de gestión de puentes que pueden ser realizadas como parte de las intervenciones necesarias en estructuras existentes. Las decisiones de conservación son parte de las acciones que se ejecutan con base en el análisis de los resultados de las inspecciones. La conservación incluye actividades de mantenimiento y actividades de rehabilitación. En este tomo no se incorporan disposiciones para actividades de rehabilitación que involucren refuerzos estructurales para recuperar la capacidad original o para aumentar la capacidad de carga. Así mismo, no se incluyen disposiciones para actividades de rehabilitación enfocadas en aumentar la capacidad operativa (geometría) de un puente.
Estudios especiales

Los estudios especiales contenidos en el presente manual MP-2024, se encuentran definidos en los Capítulos 10, 11 y 12, y conforman una serie de herramientas disponibles para la toma de decisiones por parte de la *Organización responsable de la gestión de puentes*, a efectos de definir las intervenciones a ser realizadas en casos específicos.

b) Las disposiciones y regulaciones contenidas en este manual MP-2024, son las mínimas recomendadas para la ejecución de acciones relacionadas con puentes en el territorio de la República de Costa Rica. No obstante, la labor del profesional responsable no debe limitarse al cumplimiento acrítico de estas disposiciones, sino que debe procurar la satisfacción de los objetivos definidos en la Sección 1.3, a efectos de atender las obligaciones de la *Organización responsable de la gestión de*

puentes.

c) El ámbito del Tomo I se restringe a puentes, incluyendo pasos a desnivel y viaductos, planeados, diseñados, construidos y conservados para el paso de vehículos automotores. El Tomo I no incluye de manera explícita los tipos de estructuras que se listan a continuación; sin embargo, el enfoque está hecho para que muchos de los procedimientos de gestión, inspección y conservación, puedan ser igualmente usados como guía, siempre y cuando se tengan claras las diferencias en su aplicación:

   - Alcantarillas.
   - Vados.
   - Puentes ferroviarios.
   - Puentes peatonales.
   - Puentes exclusivos para el paso de tuberías de agua potable, aguas residuales, electricidad, telecomunicaciones, y demás servicios básicos.

1.5 Contenido

El contenido específico de los distintos capítulos es el que se muestra a continuación de forma resumida:

Capítulo 2: Se describen aspectos relacionados con la implementación de un Sistema de Gestión de Puentes en una *Organización responsable de la gestión* de estos activos, incluyendo distintas actividades que son necesarias para generar procesos adecuados de atención de estas estructuras. Además, se incluyen los requerimientos mínimos con los que una herramienta analítica debe contar para apoyar el proceso de gestión, así como temáticas de capacitación para los encargados de la gestión en las organizaciones.

Capítulo 3: Se definen los diferentes tipos de inspecciones que se realizan en puentes y el intervalo de inspección con el que estas deben ejecutarse.

Capítulo 4: Se define la conformación de un *Organismo de inspección de puentes* y se detallan las responsabilidades y competencias mínimas de las personas que lo conforman. Además, se presentan los documentos mínimos del programa de control de calidad y del programa de aseguramiento de la calidad de las inspecciones de puentes. En relación con los requisitos para los diferentes niveles de inspectores, se presentan los contenidos de los cursos de capacitación obligatorios, así como las temáticas de cursos que complementan la formación de los inspectores.

Capítulo 5: Se describen los preparativos previos a la realización de las inspecciones,

así como las medidas de seguridad que deben ser acatadas durante su ejecución. Además, se presenta el equipo de seguridad que debe ser utilizado por todo inspector según las condiciones del sitio y el tipo de inspección.

Capítulo 6: Se abordan los procedimientos generales para realizar la inspección de inventario y la inspección rutinaria en puentes. Además, se describe la forma en cómo se deben preparar los informes para estos tipos de inspección, su formato y los contenidos mínimos.

Capítulo 7: Se establece el procedimiento que se debe seguir para programar y ejecutar una inspección detallada de un puente. Además, se incluyen las situaciones en las que se justifica realizar una inspección detallada, los requisitos que deben cumplir los planes de trabajo y las características que deben tener los informes. Asimismo, se incluyen las generalidades de algunos estudios especiales que pueden formar parte de una inspección detallada, como son los ensayos no destructivos y ensayos destructivos. Se incluyen también recomendaciones para la realización de inspecciones detalladas de elementos críticos a fractura, inspección de las fundaciones e inspecciones bajo el agua.

Capítulo 8: Se desarrollan metodologías para analizar los resultados de una inspección rutinaria de puentes y obtener así una calificación de condición para los elementos, los componentes, y de forma global para cada puente, utilizando un procedimiento donde se considera la severidad, la extensión y una categorización de importancia de las deficiencias, además de una categorización de importancia de los elementos del puente. También, en este capítulo se presenta una metodología de priorización de puentes basada en la calificación de la condición de los componentes, las características que determinan la importancia y la obsolescencia del puente. Seguidamente, se presentan metodologías para estimar los costos de intervenciones en los elementos de un puente. Esta metodología resulta en la preparación de listas de estructuras que ayuden en la toma de decisiones de intervención y en el agrupamiento de puentes para plantear proyectos, que se pueden implementar en una *Organización responsable de la gestión de puentes*.

Capítulo 9: Se desarrollan los conceptos básicos de la conservación, tipos de conservación y los pasos para desarrollar, ejecutar y mejorar un programa de conservación de puentes. Asimismo, se establece el procedimiento para realizar el mantenimiento que es parte de la conservación de estructuras de puentes y los formularios que deben ser completados para tal fin. Finalmente, se establecen temáticas de cursos relacionadas con la conservación, enfocados en gestión, inspección y ejecución.

Capítulo 10. Se presentan los criterios mínimos para llevar a cabo la evaluación de la capacidad de carga de puentes en servicio, con el objetivo de establecer la relación

entre la capacidad estructural del puente y la demanda de carga viva mínima requerida. Se definen además los requerimientos para determinar restricciones de carga, basándose en los resultados obtenidos en el punto anterior y en otras características relacionadas con la seguridad estructural de los puentes (Estudios especiales aplicados a criterio de la *Organización responsable de la gestión de puentes*).

Capítulo 11. Se presentan las generalidades y principios básicos de un monitoreo de salud estructural en puentes, se describen las consideraciones para su implementación, requerimientos generales de sus componentes y la capacitación necesaria para el personal a cargo de esta tarea (Estudios especiales aplicados a criterio de la *Organización responsable de la gestión de puentes*).

Capítulo 12. Se presentan las generalidades que deben ser contempladas al realizar pruebas de carga en estructuras de puente. Se describen los tipos de pruebas de carga existentes, sus distintas aplicaciones, incluyendo su uso para obtener el factor de capacidad de carga, y los lineamientos generales para su ejecución y la interpretación de resultados (Estudios especiales aplicados a criterio de la *Organización responsable de la gestión de puentes*).

Apéndice A: Es la *Guía de uso de formularios de inspección de inventario* correspondiente al Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I, en donde se describen los formularios de inventario y la forma en cómo se debe recopilar la información solicitada en ellos. Así mismo, se indica cuáles deben ser las fotografías de inventario del puente y el esquema general del puente que debe prepararse en sitio.

Apéndice B: Es la *Guía de uso de formularios de inspección rutinaria* correspondiente al Capítulo 6, en donde se describe la forma en que se debe completar el registro de la información de la inspección rutinaria, incluyendo los formularios de inspección y la información de referencia para la asignación de la condición de los diferentes componentes de un puente.

Apéndice C: Corresponde a la *Guía para el uso de los formularios de conservación*, en donde se describen los formularios relacionados con la conservación de estructuras de puentes y cómo debe ser completada la información en cada uno de ellos. Los formularios tienen como objetivo mejorar la gestión de la conservación de puentes, realizando registros para la solicitud y atención de las necesidades de conservación en las estructuras de puentes durante su vida útil.

Apéndice D: Son las denominadas *Especificaciones Generales para el Mantenimiento de Puentes_CP-20*, en donde se describen los procedimientos y consideraciones mínimas que deben ser contempladas en la ejecución de las distintas actividades de conservación (clasificadas como mantenimiento cíclico y mantenimiento basado en la condición), para los diferentes componentes o elementos de un puente.

Apéndice E: Corresponde a las consideraciones y requisitos técnicos por cumplir para la implementación de un sistema de monitoreo de salud estructural integral de puentes.

Apéndice F: Corresponde con la *Guía para la calificación de la condición de puentes existentes*, en la cual se presenta la metodología para obtener la calificación de la condición de los elementos, los componentes y de puentes de forma global. Este proceso, se realiza para determinar el grado de seguridad de los puentes, para decidir entre acciones de intervención por realizar y como un indicador de desempeño para la toma de decisiones en un sistema de gestión.

Apéndice G: Corresponde con la *Guía para la priorización de la intervención de puentes existentes*, la cual es una metodología que sirve como apoyo para decidir los puentes que deben ser intervenidos por una *Organización responsable de la gestión de puentes*, considerando su calificación de la condición y sus características de inventario. Estas últimas definen el nivel de importancia del puente y también permiten visualizar si el puente tiene algún nivel de obsolescencia.

Glosario: Se recopilan las definiciones de términos y el significado de las siglas de todo este Tomo I del MP-2024, incluyendo también los apéndices. En el glosario no se incluyen aquellos términos cuyas definiciones son dadas en el cuerpo del manual, salvo algunas excepciones.

1.6 Normativa y manuales destacados

A continuación, se enumeran varios manuales de inspección, manuales de diseño, especificaciones, leyes o decretos considerados de relevancia, a los cuales se hace referencia en este manual, que fueron utilizados en su desarrollo o son sustituidos por el mismo.

1.6.1 Normativa y manuales nacionales

i. Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes_CR-2020 (MOPT, 2020).

ii. Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes_LDSP-2013 (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectas [CFIA], 2013).

iii. Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes_MCV-2015 (MOPT, 2015).

iv. Manual de Auscultación Visual de Pavimentos_MAV-2016 (MOPT, 2016).

v. Ley n.º 3155: Ley Orgánica del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT); 5 de agosto de 1963.

vi. Ley n.º 7798: Creación del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI); 30 de abril de 1998. Además, Reforma n.º 9484 a la Ley de Creación del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI); 4 de octubre de 2017.

vii. Ley n.º 8114: Ley de Simplificación y Eficiencia Tributarias; 4 de julio de 2001.

viii. Decreto Ejecutivo n.º 37016-MOPT: Reglamento al Artículo 6 de la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria n.º 8114; 13 de febrero de 2012.

ix. Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT: Reglamento de Circulación con Bases en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga; 2 de junio de 2003. Las reformas a dicho decreto, incluyendo: Reforma n.º 31642-MOPT-MJ-MEIC del 18 de diciembre de 2003; Reforma n.º 32191-MOPT-MJ-MEIC del 14 de noviembre de 2004; Reforma n.º 33773-MOPT del 26 de abril de 2007.

x. Decreto Ejecutivo n.º 38578-MOPT: Manual de Especificaciones Técnicas para Realizar el Inventario y Evaluación de la Red Vial Cantonal_MOPT-01-05-02-002-2014; 26 de junio de 2014.

1.6.2 Normativa y manuales internacionales

i. Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges_FHWA Coding Guide; Publication n.º FHWA-PD-96-001 (FHWA, 1995).

ii. FHWA National Bridge Inspection Standards; 23 C.F.R. § 650.C (2004).

iii. Bridge Inspector's Reference Manual_BIRM; Publication n.º FHWA NHI 12-049 (FHWA, 2012).

iv. Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act of 2012_MAP-21; 23 U.S.C. § 101 (2012).

v. AASHTO LRFD Bridge Design Specifications; 9° ed. (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2020).

vi. The Manual for Bridge Evaluation_MBE; 3° ed. (AASHTO, 2018).

vii. Manual for Bridge Element Inspection_MBEI; 2° ed. (AASHTO, 2019).

viii. AASHTO Guide to Bridge Preservations Actions_GBPA, 1º ed. (AASHTO, 2021)

1.6.3 Manuales que son sustituidos por el MP-2024

i. Manual de Inspección de Puentes (MOPT y JICA, 2007).

ii. Capítulo 3: Sistema de Administración de Puentes – Lineamiento para Mantenimiento de Puentes (MOPT y JICA, 2007).

iii. Revisión al Manual de Inspección de Puentes 1° ed. 2007: Actualización Capítulo 5 (MOPT, 2014).

iv. Capítulo 6: Conservación de Estructuras Mayores – Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes_MCV-2015 (MOPT, 2015).

v. Actualización del Inventario Técnico de los Puentes de la Red Vial Nacional por medio del SAEP; Código 01-02-01-06-v1 (CONAVI, 2015).

1.7 Bibliografía

AASHTO. (2018). *The Manual for Bridge Evaluation (3° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2019). *Manual for Bridge Element Inspection (2° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2021). *Guide to Bridge Preservation Actions (1° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.Capitol Engineering Corporation y Salas, E. (1974). *Manual n.º 5 Inspección y Mantenimiento de Puentes.* San José: Dirección General de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

CFIA. (2013). *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes.* San José: LanammeUCR.

CGR. (2015). *Informe de la Auditoría Especial sobre la Gestión Relacionada con Puentes de la Red Vial Nacional (Informe n.º DFOE-IFR-IF-05-2015).* San José: Contraloría General de la República.

CONAVI. (2015). *Código 01-02-01-06-v1: Actualización del Inventario Técnico de los Puentes de la Red Vial Nacional por medio del SAEP.* San José: Consejo Nacional de Vialidad.

CONAVI e INFOSGROUP. (2013). *Manual del Usuario del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (versión 1.3).* San José: Consejo Nacional de Vialidad.

FHWA. (1995). *Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges (Publication n.º FHWA-PD-96-001).* Washington, D.C: Office of Engineering, Federal Highway Administration.

FHWA. (2012). *Bridge Inspector's Reference Manual_BIRM (Publication n.º FHWA NHI 12-049/12-050).* Washington, D.C: National Highway Institute, Federal Highway Administration.

FHWA National Bridge Inspection Standards, 23 C.F.R. § 650.C (2004).

Gamboa-Asch, F. (1972). *Manual de Inspección de Puentes.* (Tesis para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica). Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

JICA. (2007). *El Estudio sobre el Desarrollo de Capacidad en la Planificación de Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes Basado en 29 Puentes de la Red de Carreteras Nacionales en Costa Rica.* Agencia de Cooperación Internacional Japonesa.

Ley de Creación del Consejo de Vialidad (CONAVI). (Ley n.º 7798, 1998). Costa Rica.

Ley de Simplificación y Eficiencia Tributarias. (Ley n.º 8114, 2001). Costa Rica.

Ley Orgánica del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). (Ley n.º 3155, 1963). Costa Rica.

López, M. L. (1992). *Sistema de Administración de Estructuras de Puentes del MOPT.* San José: Dirección General de Planificación, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Manual de Especificaciones Técnicas para Realizar el Inventario y Evaluación de la Red Vial Cantonal. (Decreto Ejecutivo n.º 38578-MOPT, 2014). Costa Rica.

MOPT. (2014). *Revisión al Manual de Inspección de Puentes 1° ed. 2007: Actualización del Capítulo 5.* San José: Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT. (2015). *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes_MCV-2015.* San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT. (2016). *Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica_MAV-2016.* San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT. (2022). *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes_CR-2020.* San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT, CONAVI e IMNSA. (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción y Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica_CRM-2002.* San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT y JICA. (2007). *Lineamiento para Mantenimiento de Puentes.* San José: Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT y JICA. (2007). *Manual de Inspección de Puentes.* San José: Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT y JICA. (2007). *Manual de Operación para el Sistema de Administración de Puentes.* San José: Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Morales-Rodríguez, R. M. (2004). *Estudio sobre las Necesidades de Información del Profesional en Ingeniería del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.* (Tesis para optar el título de Magíster Scientiae en Educación con mención en Bibliotecología y Ciencias de la Información). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act of 2012, 23 U.S.C. § 101 (2012).

Oficializa el uso del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010. (Decreto Ejecutivo n.º 36388, 2012). Costa Rica.

Oficializa el uso del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2020. (Decreto Ejecutivo n.º 43397-MOPT, 2022). Costa Rica.

Ramírez-González, M., Muñoz-Peralta, G. y Gutiérrez-Corrales, Y. (2015). *Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP).* San José: Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Reforma al Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga y a los Decretos que reforman el Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga. (Decreto Ejecutivo n.º 33773, 2007). Costa Rica.

Reforma Ley de Creación del Consejo de Vialidad (CONAVI). (Ley n.º 9484, 2017). Costa Rica.

Reforma Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga. (Decreto Ejecutivo n.º 31642-MOPT-MJ-MEIC, 2003). Costa Rica.

Reforma Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga y al decreto que reforma Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga. (Decreto Ejecutivo n.º 32191-MOPT-MJ-MEIC, 2004). Costa Rica.

Reglamento al Artículo 6 de la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria n.º 8114. (Decreto Ejecutivo n.º 37016 - MOPT, 2012). Costa Rica.

Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga. (Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT, 2003). Costa Rica.

Silva, R. (28 de agosto de 1999). Con seriedad y visión. *La Nación Digital*. Obtenido de http://www.nacion.com.

Uso Exigido del Sistema Internacional Unidades de Medida "SI" Métrico Decimal. (Ley n.º 5292, 1973). Costa Rica.

2

Sistema de gestión de puentes

2.1 Introducción..... 2/3

2.1.1 Definición de un Sistema de Gestión de Puentes..... 2/3

2.1.2 Características generales de los SGP..... 2/4

2.1.3 Actividades que permite realizar un SGP..... 2/5

2.1.4 Componentes de un SGP..... 2/6

2.2 Organización responsable de la gestión de puentes..... 2/9

2.2.1 Responsabilidades de una *Organización* respecto al SGP..... 2/10

2.2.2 Estructura organizacional y funciones de una Organización..... 2/11

2.2.3 Financiamiento para las actividades de una Organización responsable de la gestión de puentes..... 2/26

2.2.4 Involucramiento y comunicación con las audiencias externas..... 2/27

2.3 Políticas, objetivos, metas e indicadores de desempeño de un SGP..... 2/29

2.3.1 Políticas del SGP..... 2/29

2.3.2 Metas del SGP..... 2/29

2.3.3 Objetivos del SGP..... 2/30

2.3.4 Indicadores de desempeño..... 2/30

2.4 Base de datos de un SGP..... 2/31

2.4.1 Objetivos de una base de datos de un SGP..... 2/32

2.4.2 Formato de los datos del SGP..... 2/33

2.4.3 Datos mínimos en una base de datos de un SGP.....2/33

2.5 Herramienta analítica de un SGP.....2/37

2.5.1 Tipos de herramientas analíticas.....2/38

2.5.2 Proceso de selección de herramientas analíticas.....2/39

2.5.3 Componentes de una herramienta analítica para gestión de puentes.....2/41

2.5.4 Capacidad de análisis de una herramienta analítica.....2/47

2.5.5 Flujo de entrada y salida de datos en una herramienta analítica del SGP.....2/52

2.6 Pasos para la implementación de un SGP.....2/55

2.7 Estrategias de mejora continua de un SGP.....2/58

2.7.1 Plan estructurado de un SGP.....2/59

2.7.2 SGP basado en desempeño.....2/63

2.7.3 Gestión del riesgo en un SGP.....2/67

2.8 Capacitación en gestión de puentes.....2/70

2.8.1 Temáticas de capacitaciones enfocadas en la gestión de puentes.....2/71

2.8.2 Temáticas de capacitaciones enfocadas en la herramienta analítica para gestión de puentes.....2/71

2.8.3 Temáticas de capacitaciones enfocadas en gestión de activos de transporte en general.....2/72

2.8.4 Temática de capacitaciones enfocados en liderazgo, gestión y motivación de equipos de trabajo.....2/74

2.9 Bibliografía.....2/75

2.1 Introducción

Los sistemas de gestión se implementan en las distintas organizaciones para atender de forma efectiva, los activos que tienen bajo su jurisdicción. No existe una solución única en sistemas de gestión que se pueda adaptar a todas las organizaciones, pero sí se pueden aplicar lineamientos basados en las mejores prácticas que se puedan ajustar a las particularidades de cada una. Acorde con este principio, en este capítulo se presentan lineamientos para implementar, consolidar o mejorar un Sistema de Gestión de Puentes.

De la Sección 2.1 y hasta la Sección 2.5 del MP-2024 Tomo I, se presenta el contenido mínimo de un Sistema de Gestión de Puentes consolidado. La Sección 2.6 del MP-2024 Tomo I muestra los pasos para la implementación en aquellas organizaciones que no cuenten con uno. La Sección 2.7 del MP-2024 Tomo I es para las organizaciones con un nivel de madurez tal que les permita implementar enfoques de mejora continua.

Este capítulo se puede complementar con los requisitos establecidos en las normas INTE/ISO 55000:2015, INTE/ISO 55001:2015 e INTE/ISO 55002:2020. Estas normas internacionales, especifican requisitos para un sistema de gestión de activos de manera general, mientras que este capítulo detalla aspectos específicos relacionados con los sistemas de gestión de puentes.

2.1.1 Definición de un Sistema de Gestión de Puentes

La gestión de activos de transporte está definida en el manual "*The Manual for Bridge Evaluation*" (American Association of State Highway Transportation Officials [AASHTO], 2018), de la siguiente manera, la cual, adapta al sector transporte la definición de gestión de activos establecida en la norma INTE/ISO 55000:2015:

> La gestión de activos de transporte es un proceso estratégico y sistemático para operar, conservar, actualizar y expandir los activos físicos a través de su ciclo de vida. Se enfoca en prácticas de negocios e ingeniería para la asignación y utilización de recursos, con el objetivo de mejorar la toma de decisiones con base en información de calidad y objetivos bien definidos. (p.3-1)

Los puentes, como parte de los activos de transporte, son objeto del proceso que indica la definición anterior, aunque tienen sus consideraciones específicas. Por lo tanto, un Sistema de Gestión de Puentes (denominado de aquí en adelante como SGP) se puede definir como un enfoque racional, estratégico y sistemático, para organizar y ejecutar actividades relacionadas con la planificación, diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación mayor y reconstrucción (sustitución) de puentes, combinando, también de forma objetiva, estratégica y sistemática, herramientas ingenieriles y económicas para lograr el nivel de servicio requerido de la forma más eficiente, segura y costo-efectiva posible (National Cooperative Highway Research

Program [NCHRP],1987).

Un SGP contempla además análisis con enfoques basados en desempeño, en los cuales se consideran distintos niveles de financiamiento en la ejecución de actividades relacionadas con puentes, con el fin de tomar decisiones que permitan que las inversiones sean costo-efectivas. En el caso donde se requiera la atención inmediata de la *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como *Organización*), se realizará mediante el procedimiento administrativo correspondiente, en concordancia con las buenas prácticas definidas en el presente manual o por lo definido por la *Organización* en su sistema de gestión. En este aspecto se contemplan tanto los análisis a nivel de red como los análisis a nivel de puentes individuales, los cuales son complementarios.

2.1.2 Características generales de los SGP

Según lo anterior, un SGP debe incluir las siguientes características generales (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020):

1. **Contemplar el ciclo de vida de la estructura (desde su conceptualización hasta su renovación o salida de operación, incluyendo las actividades de conservación):**

Un puente en servicio debe ser sujeto desde su apertura al tránsito, a acciones de conservación, principalmente de mantenimiento cíclico y basado en la condición, para preservar su valor como activo o al menos minimizar su deterioro en el tiempo (Federal Highway Administration [FHWA], 2018), actividades que son más efectivas en desempeño y costo cuando se realizan en puentes que se encuentran en una condición 1-Satisfactoria, 2-Aceptable o 3-Regular (ver calificación de la condición en el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I). En el Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I, también se ofrece más información al respecto.

2. **Evaluar activos a nivel de puentes individuales y a nivel de red:**

Los encargados de la gestión deben incluir criterios para evaluar el inventario de activos como un todo (a nivel de red) a partir de criterios sobre puentes individuales (a nivel de proyecto), el cual, es un enfoque denominado como "*bottom-up*"; este es usualmente más detallado pues puede ser personalizado para cada puente, típicamente utilizado para implementar políticas predeterminadas, y el nivel de detalle es más adecuado para proyectos a corto plazo (más datos y tiempo requerido). Sin embargo, también se deben utilizar enfoques en la otra dirección, partiendo de políticas y reglas de intervención para el inventario de activos como un todo, hacia la toma de decisiones de intervención para puentes individuales, conocido como "*top-down*"; este enfoque es generalmente más consistente, rápido y simple, permite considerar y optimizar muchas alternativas para políticas y asignación de fondos, y es más confiable para predicciones a largo plazo y estimaciones de necesidades.

Ambos enfoques permiten por sí solos el establecimiento de políticas de intervención óptimas; sin embargo, la diferencia en el nivel de detalle de los análisis de cada uno, así como el alcance de los resultados, hacen que una opción viable sea hacer combinaciones de ambos.

Los aspectos a considerar en el nivel de red son: el desarrollo de políticas, metas y objetivos de desempeño, el establecimiento de prioridades y la asignación de recursos, la negociación de presupuestos con otros activos, desarrollo de estándares para la calidad del servicio y los planes para gestión de activos de transporte. Por otra parte, los aspectos a considerar a nivel individual son: gestión del proceso de inspección, la gestión de la documentación y de los medios comunicación, la selección de intervenciones, el planeamiento de proyectos y el seguimiento de los logros de las intervenciones ejecutadas.

3. **Tener un enfoque coherente, racional, efectivo, sistemático y objetivo, que incluye prácticas destinadas a establecer las mejores acciones costo-efectivas:**

Se debe promover un uso más racional de los recursos tomando decisiones de atención costo-efectivas, con la intención de realizar la intervención correcta, al activo correcto, en el momento apropiado.

2.1.3 Actividades que permite realizar un SGP

De esta forma y en consideración a lo expuesto, un SGP permite realizar las siguientes actividades (National Highway Institute [NHI], 2016b; INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020):

- Garantizar la seguridad de los usuarios.
- Proporcionar información veraz, precisa, actualizada, consistente, técnicamente sustentada, trazable, ordenada y objetiva, para la toma de decisiones.
- Priorizar intervenciones que optimicen la inversión de recursos.
- Conservar o extender la vida útil de todos los puentes del inventario.
- Proveer y mantener eficientemente niveles de servicio aceptables.
- Usar principios ingenieriles, económicos y de gestión en la priorización de las actividades de intervención, basadas en un análisis exhaustivo de todos los puentes y sus necesidades específicas.
- Evitar la influencia de criterios subjetivos o presiones políticas que se aparten de las políticas, metas y objetivos de la *Organización*.

2.1.4 Componentes de un SGP

Los componentes esenciales de un SGP se resumen a continuación y en la Figura 2.1, donde se muestra cómo algunos componentes engloban todo el SGP, otros son entradas y otros son salidas, en todos los casos para ayudar en la toma de decisiones.

Componente 1 – Involucramiento de la alta gerencia. La alta gerencia está descrita en el Inciso 2.2.2.1 del MP-2024 Tomo I como una actividad de una *Organización*. El involucramiento temprano y la participación activa de la alta gerencia, hace más sencillo, efectivo y permanente el proceso de implementación de un SGP, el cual debe ser visto como un cambio de cultura organizacional. Además, la alta gerencia se encarga de asignar los recursos y fondos necesarios al SGP, lo cual facilitará su puesta en práctica y funcionamiento (NHI, 2016b; INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

Componente 2 - Estructura organizacional. Cada *Organización* tiene estructuras jerárquicas particulares, adecuadas a su tamaño, necesidades y funcionamiento, en donde se debe establecer la cadena de responsabilidades interna. Lo más importante, es que la estructura organizacional permita realizar las actividades de gestión de puentes de manera ágil, y facilite la comunicación entre los involucrados. En la Sección 2.2 del MP-2024 Tomo I, se describen estas actividades básicas de gestión de puentes que deberían ser realizadas por una *Organización* dentro de su estructura organizacional particular. (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

Componente 3 - Recolección de datos. La recolección de datos es un proceso sistemático y cíclico en un SGP. La *Organización* debe poder integrar en el SGP diferentes tipos de datos, entre los que se encuentran: inventario, deficiencias, condición, diseño, conservación, costos, planificación y programación de intervenciones. La *Organización* debe procurar la gestión e integridad de los datos, que se vuelve más compleja al aumentar a lo interno el número de departamentos, direcciones, divisiones, programas, unidades o gerencias relacionadas con el SGP (NHI, 2016b). El objetivo final es recolectar la información correcta, para ser provista al usuario adecuado, en el momento que se necesite (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020). Por esto, las bases de datos de la *Organización* deben cumplir con lo indicado en la Sección 2.4 del MP-2024 Tomo I. En el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I se presentan metodologías para la recolección de datos de inventario y de deficiencias de puentes, y en el Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I se muestran los requisitos para la recolección de datos de conservación. Además, en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I se detallan las directrices específicas para realizar los distintos tipos de inspección, así como sus intervalos de ejecución, y en el Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I se detallan los requisitos para los responsables de ejecutar estas inspecciones.

Por lo general, los datos utilizados en los análisis de los SGP son menos exactos y precisos que los datos utilizados, por ejemplo, en el diseño de puentes. Debido a lo anterior, la

recolección de datos para los análisis de gestión debe cubrir todos los puentes en la jurisdicción de la *Organización*, y, además, esta recolección debe ser consistente, lo cual significa que se deben recolectar los mismos datos en todos los puentes de la forma más estándar posible. En aquellos puentes que no posean datos de algún tipo, y principalmente cuando se construye un sistema por primera vez, se requiere del uso del juicio de los responsables de la gestión de puentes para que los análisis cumplan con esta consistencia y completitud (Thompson, 2020).

Por último, tanto para los datos utilizados durante el análisis como para los resultados, es importante tener claro que todo SGP exitoso utiliza modelos probabilísticos en lugar de sólo valores promedio o determinísticos (Thompson, 2020).

Componente 4 - Coordinación entre los responsables de las actividades de planificación. Debe existir coordinación entre los responsables de las actividades de planificación de intervenciones de puentes, y los responsables de la planificación estratégica (ver el Apartado 2.2.2 del MP-2024 Tomo I para mayor información). Entre los funcionarios encargados de estas actividades debe existir retroalimentación, e incorporar las decisiones que surjan de esta en las herramientas analíticas de optimización (NHI, 2016b; INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

Componente 5 - Coordinación entre los responsables de la ejecución y seguimiento de proyectos de puentes y los responsables de planificación de intervenciones. Debe existir coordinación entre los responsables de las actividades de planificación de intervenciones de puentes, y los responsables de ejecutar y dar seguimiento a los proyectos de puentes (diseño, construcción de obra nueva, reconstrucción (sustitución), rehabilitación mayor, mantenimiento y atención de emergencias) (ver el Apartado 2.2.2 del MP-2024 Tomo I para mayor información). Los responsables de las actividades de ejecución y seguimiento de proyectos, deben recibir recomendaciones de los responsables de planificación sobre las actividades que realizan y de los responsables de ejecutar proyectos. A su vez, los responsables de las actividades de ejecución y seguimiento de proyectos, deben brindar retroalimentación a los encargados de planificación sobre estas actividades, para la toma de decisiones en el futuro. Además, los encargados de ejecutar proyectos deben retroalimentar a la herramienta analítica con datos provenientes de las actividades que realizan (NHI, 2016b; INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

Componente 6 - Priorización de intervenciones. La priorización se debe realizar con base en la información disponible en las bases de datos de la herramienta analítica (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020), optimizando a nivel de red. El propósito de la optimización a nivel de red es seleccionar un grupo de proyectos de puentes, de tal forma que el beneficio derivado de la ejecución de actividades de atención en los proyectos de puentes seleccionados sea maximizado, y los costos y riesgos sean minimizados (NHI, 2016b). Además, la metodología de priorización debería ser capaz de calcular el financiamiento

necesario para alcanzar los objetivos de gestión, o para identificar brechas o vacíos presupuestarios que afecten estos objetivos (AASHTO, 2018). En el Apartado 2.5.3 y en el Apartado 2.5.4 del MP-2024 Tomo I se describe el componente de priorización como parte de la herramienta analítica para gestión de puentes. Además, en el Capítulo 8 y el Apéndice G del MP-2024 Tomo I se presenta una metodología propuesta para la priorización de intervenciones en puentes.

Componente 7 - Comunicación con audiencias externas. Las audiencias externas se definen en el Apartado 2.2.4 del MP-2024 Tomo I, y se pueden generalizar como los usuarios del SGP externos a la *Organización*. La comunicación con las audiencias externas es parte de las prácticas de rendición de cuentas y transparencia, por lo cual, se deben establecer las políticas y procedimientos para informarles sobre las diferentes actividades del SGP (NHI, 2016b; INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020). Conocer y comunicarse adecuadamente con las audiencias externas, permite una mejor identificación de las necesidades, metas, objetivos y desempeño de la red de puentes, lo cual facilita la búsqueda y obtención de soluciones financieras a las brechas presupuestarias. La *Organización* debe definir la información que será comunicada a los diferentes integrantes de las audiencias externas, de manera que sea entendible y se logre el propósito de brindar una imagen de transparencia al transmitir información hacia los usuarios del SGP.

Componente 8 – Herramienta analítica. Con el propósito de generar información para la toma de decisiones, el SGP requiere gestionar una gran cantidad de datos (ver Componente 3 y la Sección 2.4 del MP-2024 Tomo I), por lo cual, se deben implementar y utilizar herramientas analíticas (programas informáticos u hojas de cálculo) que apoyen esta actividad. En el centro de la Figura 2.1, se muestra el vínculo requerido de la herramienta analítica, la cual funge como mecanismo de apoyo entre los siete componentes antes mencionados. Ahora bien, se debe hacer énfasis en que las herramientas analíticas, por sí solas, no conforman un SGP exitoso (NHI, 2016b), y que estas se deben adaptar a las características propias de la *Organización* (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020). En la Sección 2.5 del MP-2024 Tomo I se definen conceptualmente algunos modelos de herramientas analíticas y los componentes que deben incluir.



Figura 2.1. Componentes de un SGP.
(Modificado de Agüero-Barrantes y Villalobos-Vega, 2019 y de NHI, 2016b)

2.2 Organización responsable de la gestión de puentes

La *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como *Organización*) es aquella unidad, departamento, división, programa, dirección, gerencia o grupo de funcionarios que tienen a su cargo la planificación estratégica, la planificación de intervenciones, el mantenimiento, la rehabilitación mayor y la reconstrucción (sustitución) de los puentes existentes y la construcción de puentes nuevos. Esta *Organización* debe considerar los aspectos de la gestión de puentes que se definen en este capítulo, y así garantizar la seguridad de los usuarios y la continuidad del servicio haciendo un uso efectivo de los recursos disponibles. La *Organización* debe tener poder de decisión sobre la asignación de los recursos, la planificación estratégica, la planificación de intervenciones y las actividades de mantenimiento, rehabilitación mayor y reconstrucción (sustitución) de puentes existentes o construcción de puentes nuevos. Los tipos de *Organización* que se pueden encontrar en Costa Rica son:

- División, dirección, departamento o unidad del Ministerio de Obras Públicas y Transportes
- Gerencia, dirección, departamento o unidad del Consejo Nacional de Vialidad
- Unidad Ejecutora del Consejo Nacional de Vialidad

- Unidad, departamento o persona de una Municipalidad
- Unidad, departamento o persona de otras instituciones públicas con puentes a su cargo
- Persona física o jurídica contratada por el MOPT, CONAVI, Consejo Nacional de Concesiones, Municipalidad o institución pública, para realizar, bajo supervisión, las actividades de planificación de la gestión de puentes que se incluyan en el contrato, haciendo énfasis en que las decisiones finales y la responsabilidad por sobre las mismas, recae sólo en las entidades mencionadas, que realizaron la contratación.
- Persona física o jurídica que requiere gestionar puentes ubicados dentro de una propiedad privada. Para este caso, las consideraciones del capítulo no son obligatorias, pero aplican y son altamente recomendadas (ver Capítulo 1 del MP-2024 Tomo I).

Una *Organización* puede tener jurisdicción territorial o jurisdicción por Red Vial. Una jurisdicción territorial se refiere a una o varias zonas delimitadas político-geográficamente. Una jurisdicción por Red Vial se refiere a uno o varios segmentos de carreteras, sin importar si estas atraviesan varias jurisdicciones territoriales.

2.2.1 Responsabilidades de una *Organización* respecto al SGP

Las responsabilidades de una *Organización* respecto a la gestión de puentes son (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020):

- Implementar un cambio de cultura organizacional hacia un Sistema de Gestión de Puentes.
- Realizar las inspecciones de inventario, rutinarias, y otras (ver Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I), de todos los puentes en su jurisdicción, en los intervalos correspondientes.
- Atender y gestionar los puentes de la Red Vial en su jurisdicción, para que sean seguros, funcionales y durables, propiciando que las labores realizadas sobre ellos sean costo-efectivas en el ciclo de vida.
- Realizar de forma sistemática y permanente un análisis de riesgos para los puentes dentro de su jurisdicción, previendo dentro de las posibilidades de la *Organización*, las reservas presupuestarias de gestión y contingencias ante la materialización de estos riesgos potenciales identificados para las estructuras de puentes.
- Comunicar e involucrar de forma asertiva y oportuna a todos los interesados claves los principales aspectos de la gestión de puentes, en áreas técnicas, financieras, legales y de impacto social. De esta manera pueden participar en la toma de decisiones principales relacionadas con puentes, considerando los grupos y las

zonas de impacto de la infraestructura.

- Facilitar todos los procesos de fiscalización externa o interna que se definan a nivel nacional.

En el caso de puentes que se ubican sobre un límite entre dos o más jurisdicciones territoriales, las *Organizaciones* limítrofes deben determinar mediante un acuerdo escrito, las responsabilidades de cada una para la inspección, gestión, atención, y seguimiento de las acciones de los puentes que se encuentran en esta situación. Dicho acuerdo debe estar incluido en la *base de datos del puente*.

Las responsabilidades específicas para la gestión de puentes por parte de una *Organización* se definen en el Apartado 2.2.2 del MP-2024 Tomo I que se presenta a continuación.

2.2.2 Estructura organizacional y funciones de una Organización

Los componentes de una *Organización* deben estar relacionados entre sí, a través de una estructura organizacional que facilite la comunicación entre las partes, y permita desarrollar las actividades necesarias para cumplir con las responsabilidades para la gestión de puentes. Para efectos de este manual, se acepta que cada *Organización* tiene o puede desarrollar una estructura organizacional particular, que puede tener algunas diferencias con respecto a otra *Organización* en cuanto a grupos de trabajo y jerarquías (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

Sin embargo y siempre velando porque se cumpla lo indicado al inicio, para que la implementación de un SGP sea efectiva, se requiere que toda *Organización* cuente con personal realizando al menos 5 actividades de gestión denominadas en este manual como (ver Figura 2.2):

- Alta gerencia.
- Gestión de puentes.
- Gestión de otros activos viales.
- Tecnologías de información.
- Gestión de contratos.

Se puede observar en la Figura 2.2, que la actividad de gestión de puentes (segunda en la lista anterior), agrupa otras 3 actividades denominadas:

- Planificación de intervenciones en puentes.
- Inspección de puentes y ejecución.

- Seguimiento de proyectos de puentes.

Esta última actividad de seguimiento de proyectos de puentes, también agrupa las siguientes 4 actividades (ver Figura 2.2):

- Diseño.
- Construcción y reconstrucción de puentes nuevos.
- Conservación de puentes existentes.
- Atención por emergencia de puentes.

Finalmente, y como también se puede observar de la Figura 2.2, todas las actividades anteriormente mencionadas se pueden agrupar de forma general en 3 niveles de gestión (AASHTO, 2011) dependiendo del horizonte temporal de planificación, los cuales se definen a continuación (Agüero-Barrantes y Villalobos-Vega, 2019):

- **Nivel estratégico:** En este nivel se gestionan grupos o portafolios de proyectos, programas y operaciones en un horizonte a largo plazo, con el fin de cumplir los objetivos estratégicos de una *Organización*.

- **Nivel Táctico:** En este nivel se gestionan programas, en un horizonte de planificación de mediano plazo. Los programas son grupos de proyectos relacionados y otras actividades que son gestionados de una forma coordinada para obtener beneficios, que no estarían disponibles al ser gestionados individualmente.

- **Nivel Operativo:** En este nivel se gestionan los proyectos a ejecutarse en el corto plazo, en donde un proyecto se define como un esfuerzo temporal para crear un producto, brindar un servicio u obtener un resultado.

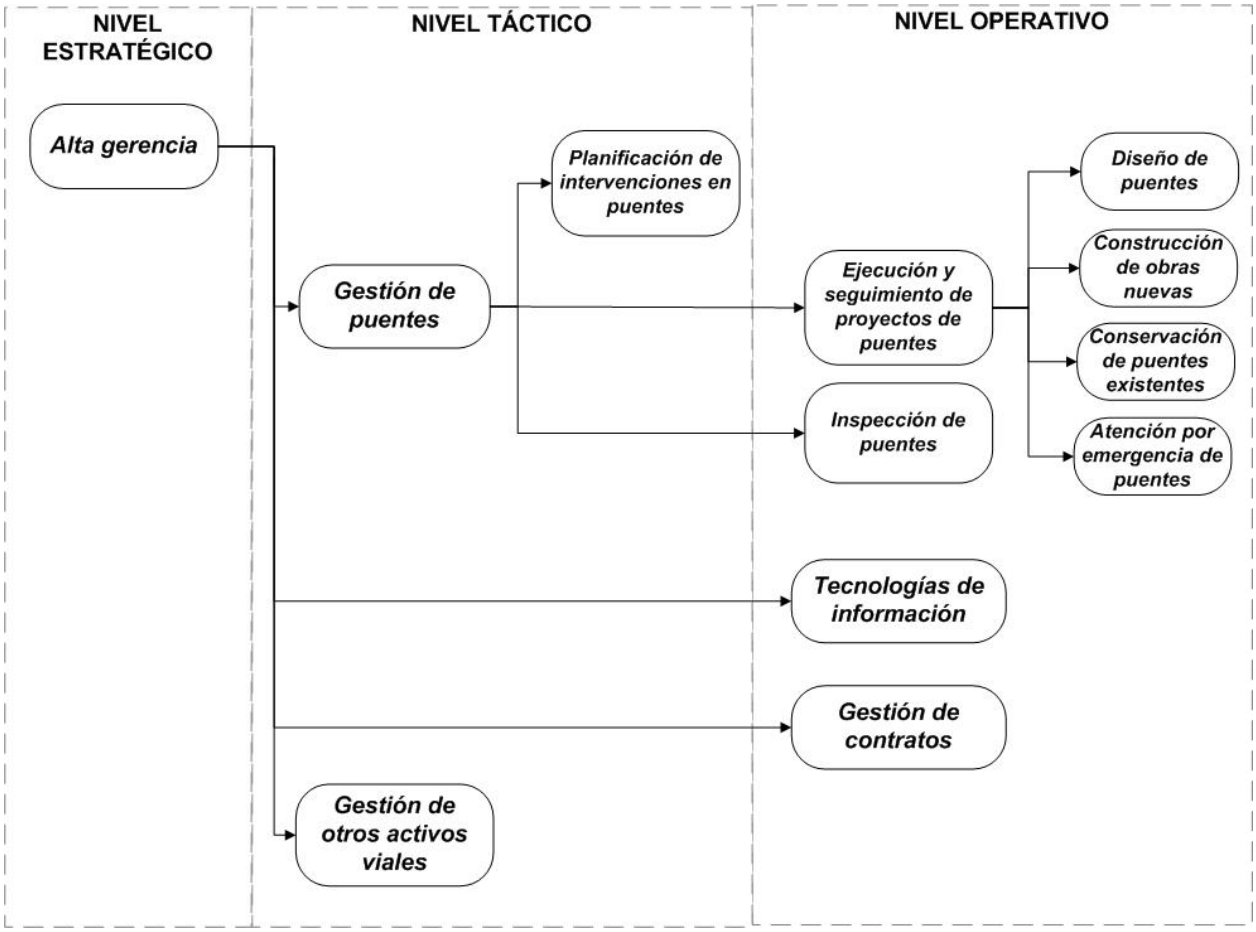


Figura 2.2. Actividades para gestión de puentes de una *Organización*. Se recalca en que no corresponde con una estructura organizacional o de jerarquías específicas.

A continuación, se describen las funciones y tareas para las 4 actividades principales de gestión y para las 3 actividades agrupadas en la actividad de gestión de puentes de una *Organización*.

2.2.2.1 Alta gerencia

A esta actividad pertenece el responsable o los responsables legales de la *Organización*, quienes son los tomadores de decisiones a nivel estratégico. Puede estar compuesta por una o varias personas quienes forman parte de las Juntas Directivas, las Direcciones Ejecutivas, los

Consejos Directores, los Concejos Municipales, las Juntas Viales Cantonales, los Concejos de Distrito, los alcaldes, los directores, los presidentes o la alta dirección de las *Organizaciones* (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

Como se mencionó en el Apartado 2.1.4 del MP-2024 Tomo I, el involucramiento temprano y la participación de los encargados de las actividades de la alta gerencia hacen más sencillo, efectivo y permanente el proceso de implementación del SGP. Además, la alta gerencia es la responsable de asignar recursos y fondos necesarios al SGP, facilitando con ello su puesta en práctica y funcionamiento (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

El personal que pertenece a la alta gerencia está en un nivel jerárquico superior al del personal responsable de planificar y gestionar la atención de cada activo vial en la *Organización* (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020). Sus funciones principales son:

- Fomentar la cooperación entre los responsables de las distintas actividades y componentes de la *Organización*.
- Coordinar el establecimiento de líneas estratégicas y políticas de la *Organización*.
- Coordinar las actividades de planificación estratégica.
- Coordinar y aprobar las políticas, metas y objetivos del SGP y de otros sistemas de gestión de activos.
- Revisar y brindar la aprobación a los proyectos planteados por los responsables de la planificación estratégica, y por los responsables de la actividad de planificación de proyectos de puentes.
- Revisar y aprobar los presupuestos ordinarios y específicos para las actividades de la *Organización*.
- Aprobar los protocolos de comunicación de la información a las audiencias externas a la *Organización* (ver el Apartado 2.2.4 del MP-2024 Tomo I).

El eje de acción de la alta gerencia relacionado con la gestión de activos es la planificación estratégica. Es necesaria además la participación activa, respaldada y permanente de un líder de gestión de activos. Ambos aspectos se describen a continuación (ver Figura 2.3).

a. Planificación estratégica

Es el personal responsable de planificar y coordinar las intervenciones sobre activos viales gestionados por la *Organización*, que ejecuta funciones relacionadas al eje de planificación estratégica, según se muestra en la Figura 2.3 (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

El eje de planificación estratégica trabaja estrechamente con la alta gerencia para realizar las siguientes funciones:

- Definir junto con la alta gerencia las líneas estratégicas y las políticas de la *Organización*, así como las políticas, metas y los objetivos del SGP.

- Aprobar y dar seguimiento a los indicadores de desempeño de las acciones realizadas que han sido desarrollados por los encargados de las actividades de planificación de intervenciones de puentes y de otros activos viales, siguiendo los aspectos mencionados en la Sección 2.3 del MP-2024 Tomo I.

- Evaluar y seleccionar los proyectos que plantean los responsables de las actividades de planificación de intervenciones de puentes y de otros activos viales, en coordinación con la alta gerencia.

- Evaluar y aprobar los presupuestos que plantea el personal responsable de las actividades de planificación de intervenciones de puentes y de otros activos viales, en coordinación con la alta gerencia.

- Brindar seguimiento y control a las actividades del SGP a través de diversos indicadores que defina en conjunto con los responsables respectivos y con la alta gerencia.

b. Líder de gestión de activos

Para realizar estas actividades, la *Organización* debe buscar el liderazgo de una persona o un grupo de personas, con entrenamiento y experiencia de trabajo multidisciplinario. El puesto debe estar dedicado específicamente a todas las labores relacionadas con la gestión de activos (incluidos los puentes o exclusivamente en estos). A este puesto se le denomina *Líder de gestión de activos* (ver Figura 2.3) y debe cumplir con las siguientes características (AASHTO, 2011):

- Tener una carrera relacionada con ingeniería, economía o administración, con amplio conocimiento y experiencia en planificación. Es preferible que posea una combinación de todas estas características.

- Poseer habilidades de motivación del trabajo en equipo, poder de convocatoria y de solicitar rendición de cuentas a los responsables de las distintas actividades del sistema de gestión de activos, todo esto completamente respaldado por la alta gerencia.

- Poseer persistencia para superar las barreras inevitables que aparecen cada vez que se plantea un cambio de cultura organizacional.

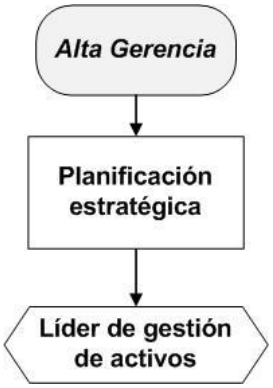


Figura 2.3. Actividades y roles de planificación estratégica en la alta gerencia.

2.2.2.2 Gestión de puentes

Las actividades de gestión de puentes abarcan toda acción relacionada con los puentes como se muestra en la Figura 2.2. Dependiendo del tamaño de la *Organización*, estas actividades podrían ser realizadas por pocas personas como en el caso de algunas municipalidades, por un grupo de trabajo organizado por unidades o departamentos enfocados exclusivamente a gestionar puentes, o más bien, por unidades o departamentos que además velan por la gestión de otros activos viales. Independientemente de la estructura organizacional, se requiere establecer y oficializar las líneas de comunicación entre los encargados de las diferentes actividades agrupadas dentro de la gestión de puentes, para hacer que el SGP sea funcional y efectivo (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

Las funciones específicas que debe cumplir el personal responsable de cada una de las 3 actividades que agrupa la gestión de puentes (planificación de la intervención de puentes, ejecución y seguimiento de proyectos, inspección de puentes existentes), se presentan a continuación (ver Figura 2.2).

a. Planificación de las intervenciones en puentes

Las siguientes son las funciones del personal responsable de las actividades de planificación de las intervenciones de puentes:

- Determinar las necesidades de atención en puentes con base en la información y los resultados de los distintos análisis disponibles en la herramienta analítica (ver Sección 2.5 del MP-2024 Tomo I), y en coordinación con los responsables de las actividades de ejecución y seguimiento de proyectos de puentes.

- Presupuestar las necesidades de atención en puentes, con base en escenarios de inversión y análisis en el ciclo de vida de los puentes.

- Plantear proyectos de atención de las estructuras, coordinando con los encargados de las actividades de ejecución y seguimiento de proyectos de puentes.

- Desarrollar y mejorar constantemente metodologías de análisis económicos que permitan plantear proyectos de intervención en puentes que sean costo-efectivos.

- Desarrollar y mejorar metodologías que permitan estimar proyecciones de la condición de puentes en el futuro, para una mejor planificación de proyectos de intervención.

- Utilizar los resultados de los distintos análisis disponibles en la herramienta analítica para respaldar el planteamiento de proyectos de intervención de puentes (ver Sección 2.5 del MP-2024 Tomo I).

- Velar por la implementación, actualización, mejora y mantenimiento del *software* de la herramienta analítica del SGP.

- Definir en conjunto con el personal responsable de planificación estratégica de la alta gerencia de la *Organización*, los objetivos, las metas, y los indicadores de desempeño del SGP.

- Buscar el cumplimiento de las políticas, los objetivos y las metas, a través de los proyectos de intervención de puentes que se planteen, y comprobar su efectividad a través de indicadores de desempeño (descritos en la Sección 2.3 del MP-2024 Tomo I), que estén incorporados en la herramienta analítica. De esta manera, se facilita la aprobación de los proyectos propuestos por parte del eje de planificación estratégica de la alta gerencia, debido a la rendición de cuentas, el seguimiento y la mejora continua del SGP, reflejado en estas prácticas de trazabilidad.

- Establecer canales de comunicación para la retroalimentación con los responsables de las actividades de ejecución de proyectos y de inspección de puentes.

Entre las funciones más importantes de los responsables de las actividades de planificación de intervenciones en puentes, está el planteamiento de proyectos. Una posibilidad para este planteamiento de proyectos, es atender un agrupamiento de puentes por objetivos específicos, aunque para esto la *Organización* debe asegurarse que se cumplen con las condiciones requeridas para este tipo de enfoque. Para mayor información acerca de la estrategia de preparación de proyectos con agrupamiento de puentes, se puede hacer referencia a la guía “*Bridge Bundling Guidebook*” del FHWA (2019a).

b. Ejecución y seguimiento de proyectos de puentes

El personal responsable de esta actividad, debe ser especializado en la materia, ya que se encarga de ejecutar y dar seguimiento a los proyectos propuestos por el personal responsable de las actividades de planificación de intervenciones en puentes, y que son aprobados por la alta gerencia a través del eje de acción de planificación estratégica.

En la gestión de puentes se pueden presentar proyectos de diseño, construcción de obra nueva y conservación, para los cuales se requieren realizar acciones distintas según el SGP. Los proyectos asociados con el diseño y construcción de puentes están relacionados con construcción de puentes de proyectos de carretera nuevos y la reconstrucción (sustitución). La conservación de puentes existentes involucra el mantenimiento rutinario u operativo, el mantenimiento periódico (cíclico y basado en la condición) y la rehabilitación, ya sea menor o mayor (ver Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I). También en esta fase se incluye la atención de puentes después de una emergencia.

A continuación, se presentan las funciones del personal responsable de las actividades de ejecución y seguimiento según el tipo de proyecto de puentes, las cuales se resumen también en la Figura 2.4:

- Diseño de puentes: El personal relacionado con las actividades de diseño es responsable de gestionar el diseño de puentes de proyectos de carretera nuevos, y los trabajos de rehabilitación (menor o mayor) o reconstrucción (sustitución) de puentes existentes. Las siguientes son algunas de las posibles funciones del personal responsable del diseño de puentes.

    - Gestionar el diseño de puentes nuevos y de intervención de puentes existentes. Los diseños pueden ser realizados por la misma *Organización* o por una empresa contratada para tal efecto.

    - Preparar especificaciones técnicas para la contratación de los proyectos de diseño o de evaluación estructural de puentes, utilizando información sobre el desempeño de elementos y productos de puentes, que se han utilizado en el pasado y se pueden consultar en la base de datos del puente. La disponibilidad de esta información es responsabilidad del personal de planificación de intervenciones en puentes. Además, definiendo los ensayos mínimos de verificación y control de calidad que se deban de realizar, y velando por el cumplimiento de requerimientos estéticos en puentes que sus características lo ameriten.

    - Velar porque en los diseños de rehabilitación (menor o mayor) y de puentes nuevos (construcción o reconstrucción), se utilice la normativa más actualizada, para todas las cargas a las que está o estará sometido el puente.

- Vigilar porque se diseñen estructuras que sean económicas en el ciclo de vida. Esto incluye tomar en cuenta en los diferentes procesos, aspectos que mejoren el desempeño en la vida útil de los puentes, para lograr mayor durabilidad sin sacrificar la seguridad estructural, entre los cuales están el uso de materiales, metodologías y actividades de intervención que busquen maximizar la vida de servicio y reducir las necesidades de conservación en el tiempo; también, el uso de detalles constructivos que eviten el deterioro, y faciliten tanto la inspección como las tareas de conservación (AASHTO, 2020).

- Realizar la revisión estructural, sísmica, geotécnica, hidrológico/hidráulica, eólica, topográfica y de impacto ambiental de los diseños de construcción nueva, rehabilitación (menor o mayor) o reconstrucción (sustitución) de puentes existentes, que realizan empresas contratadas por la *Organización* para tales efectos. El método de revisión depende de los procesos internos de cada *Organización*, pero debe buscar un equilibrio entre garantizar por un lado la inversión y la seguridad a los usuarios, y por otro la eficiencia en tiempo del proceso de revisión.

- Brindar el servicio de diseño o la asesoría para contratar y revisar los diseños entregados por una empresa, al personal relacionado con las actividades de construcción de obra nueva y de conservación (para actividades de mantenimiento o rehabilitación).

- Realizar labores de la inspección estructural de actividades de construcción y conservación (mantenimiento y rehabilitación) en puentes.

- Establecer procesos de control y aseguramiento de la calidad de los proyectos de diseño de puentes que son realizados por personal propio o por las empresas que han sido contratadas por la *Organización*.

- Incorporar en la base de datos de cada puente, las memorias de cálculo e informes generados por evaluaciones de capacidad de carga de puentes y las restricciones de carga que se hayan determinado. El procedimiento para evaluar la capacidad de carga viva de un puente se presenta en el Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I.

- Coordinar la colocación de señales verticales en el puente, cuando se determine que existen restricciones de tránsito por capacidad de carga sobre algún puente (ver Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I).

- Evaluar si un vehículo especial (con pesos y dimensiones que sobrepasan los aceptados por la normativa vigente) puede transitar sobre una ruta, de acuerdo con la capacidad estructural de los puentes. Los procedimientos para evaluación estructural de

la capacidad de carga de un puente sobre el que debe transitar un vehículo especial, se pueden consultar en el Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I.

- Incorporar a la base de datos del SGP, información de las actividades realizadas de diseño y evaluación estructural de puentes, como: memorias de cálculo, planos de diseño, estudios básicos, inspecciones (de cualquier tipo incluido en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I) y los costos (directos e indirectos) asociados a estas actividades. Lo anterior, para que puedan ser utilizados para la planificación de intervenciones de puentes y para que la información esté disponible en el archivo histórico del puente, como fuente de consulta ante dudas o rediseños que pudiesen ser necesarios durante los procesos de construcción, rehabilitación y mantenimiento de puentes.

- Dar seguimiento y evaluar la efectividad de los diseños realizados, para actualizar las bases de datos de lecciones aprendidas, desempeño de soluciones aplicadas y riesgos identificados del SGP.

- Construcción de obras nuevas en puentes: El personal relacionado con las actividades de construcción obras nuevas, es responsable de contratar empresas constructoras para realizar los trabajos en proyectos de reconstrucción (sustitución) y construcción de puentes en proyectos de carretera nuevos o para mejorar el nivel de servicio en las carreteras existentes. Además, son responsables de supervisar los proyectos con personal propio o contratando a un tercero, con el fin de asegurar su calidad. Las siguientes son las funciones específicas del personal del área de obras nuevas en puentes:

  - Preparar especificaciones técnicas para la construcción de puentes nuevos y la reconstrucción (sustitución) de puentes existentes.

  - Ejecutar la construcción de proyectos de construcción nueva o reconstrucción (sustitución) de puentes existentes, si es que la *Organización* cuenta con el recurso humano, equipos y logística para ejecutar los proyectos.

  - Velar por el cumplimiento estricto de los plazos contractuales, el apego al presupuesto del contrato y para que el impacto socioambiental de las construcciones sea el mínimo.

  - Ser vigilantes de que en las zonas en donde se realicen las intervenciones, se respeten a cabalidad y con estricto apego a lo reglamentado, las medidas de seguridad ocupacional y de control temporal del tránsito, tanto para los trabajadores como para los usuarios de los puentes.

  - Promover la gestión integral de la construcción de puentes con metodologías de modelado de la información (como BIM por sus siglas en inglés para “*Building*

Information Model"), que permitan mejorar los procesos de coordinación de las actividades y técnicas constructivas, y así, disminuir los tiempos de interrupción del tránsito y el periodo de exposición de los usuarios a los trabajos constructivos.

- Establecer procesos de control y aseguramiento de la calidad de los proyectos de construcción de puentes, que son realizados por personal propio o por las empresas que han sido contratadas por la *Organización*.

- Retroalimentar al personal responsable de las actividades de planificación de intervenciones con información de los trabajos realizados.

- Incorporar a la base de datos del SGP, información de las actividades de construcción de puentes y el costo asociado (directo e indirecto), de manera que esta información esté disponible y pueda retroalimentar a los responsables de las actividades de diseño y conservación de puentes.

- Dar seguimiento y evaluar la efectividad de las acciones realizadas durante la construcción, para actualizar las bases de datos de lecciones aprendidas, desempeño de soluciones aplicadas y riesgos identificados del SGP.

- Conservación de puentes existentes: El personal relacionado con las actividades de conservación, es responsable de mantener la condición de los puentes o reducir su deterioro, y por ende, retrasar la necesidad de realizar intervenciones mayores y costosas de rehabilitación o reconstrucción (sustitución). Esta tarea se realiza con personal propio o contratando a un tercero, para la ejecución del mantenimiento rutinario, el mantenimiento cíclico, o basado en la condición y la rehabilitación (menor, cuando esta no implica una mejora en la capacidad operativa o de carga del puente o mayor cuando sí implica lo anterior). En el Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I se describen con mayor detalle las tareas de mantenimiento relacionadas con la conservación de puentes. Tal y como se indica en dicho capítulo, la conservación es costo-efectiva cuando es realizada en puentes con una condición global de 3-Regular o mejor (ver Capítulo 8 y Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I).

  Es recomendable que la *Organización* incluya las actividades de rehabilitación en un programa aparte al de mantenimiento (rutinario, cíclico o basado en la condición), debido a que las actividades de rehabilitación normalmente requieren recursos adicionales de ingeniería como diseños, estudios básicos y programación de obra adicional a lo que requieren las actividades de mantenimiento (FHWA, 2018).

  Las funciones del personal responsable de la conservación de puentes son:

- Elaborar especificaciones técnicas para la contratación de labores de conservación (mantenimiento o rehabilitación) de puentes.

- Ejecutar los estudios preliminares aplicables y los diseños correspondientes para las actividades de rehabilitación (mayor o menor) de puentes con personal propio o contratado. Para estas actividades se puede apoyar en los responsables de las actividades de diseño de puentes.

- Supervisar la ejecución de contratos de mantenimiento rutinario, cíclico o basado en la condición y rehabilitación (menor o mayor) de puentes, ya sea con personal propio o contratado. En el caso de actividades de rehabilitación se debe buscar que la supervisión sea realizada por personal experto en los procedimientos específicos que se realicen en los puentes.

- Ejecutar el mantenimiento rutinario, cíclico o basado en la condición y la rehabilitación de puentes, si es que la *Organización* cuenta con el recurso humano, equipos y logística para ejecutar estas labores.

- Incorporar a la herramienta analítica del SGP, información sobre las actividades de conservación de puentes y el costo asociado, con base en los criterios establecidos en el Capítulo 9 y el Apéndice C del MP-2024 Tomo I, de manera que esta información se encuentre disponible en el archivo histórico del puente.

- Dar seguimiento y evaluar la efectividad de las acciones de conservación (mantenimiento y rehabilitación) realizadas, para actualizar las bases de datos de lecciones aprendidas, desempeño de soluciones aplicadas y riesgos identificados del SGP.

- Atención de puentes por emergencia: Una emergencia se define como un hallazgo crítico (ver Capítulo 3 y Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I) o evento extraordinario (ver Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I). Las funciones del personal responsable de la atención de emergencias son:

  - Coordinar y ejecutar las acciones de intervención de puentes, que se derivan de las inspecciones por eventos extraordinarios o cuando se observan hallazgos críticos, con la prontitud requerida según el nivel de riesgo determinado o los protocolos establecidos.

  - En caso de declaratoria de emergencia, coordinar las acciones de intervención con la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE).

  - Colaborar con los responsables de planificación de intervenciones en los procesos de análisis y mitigación de riesgos.

- Incorporar en la base de datos del SGP, información sobre las labores realizadas y el costo asociado para atender la emergencia, de manera que queden almacenadas en el archivo histórico del puente.

- Dar seguimiento y evaluar la efectividad de las acciones tomadas durante la emergencia, para actualizar las bases de datos de lecciones aprendidas, desempeño de soluciones aplicadas y riesgos identificados.

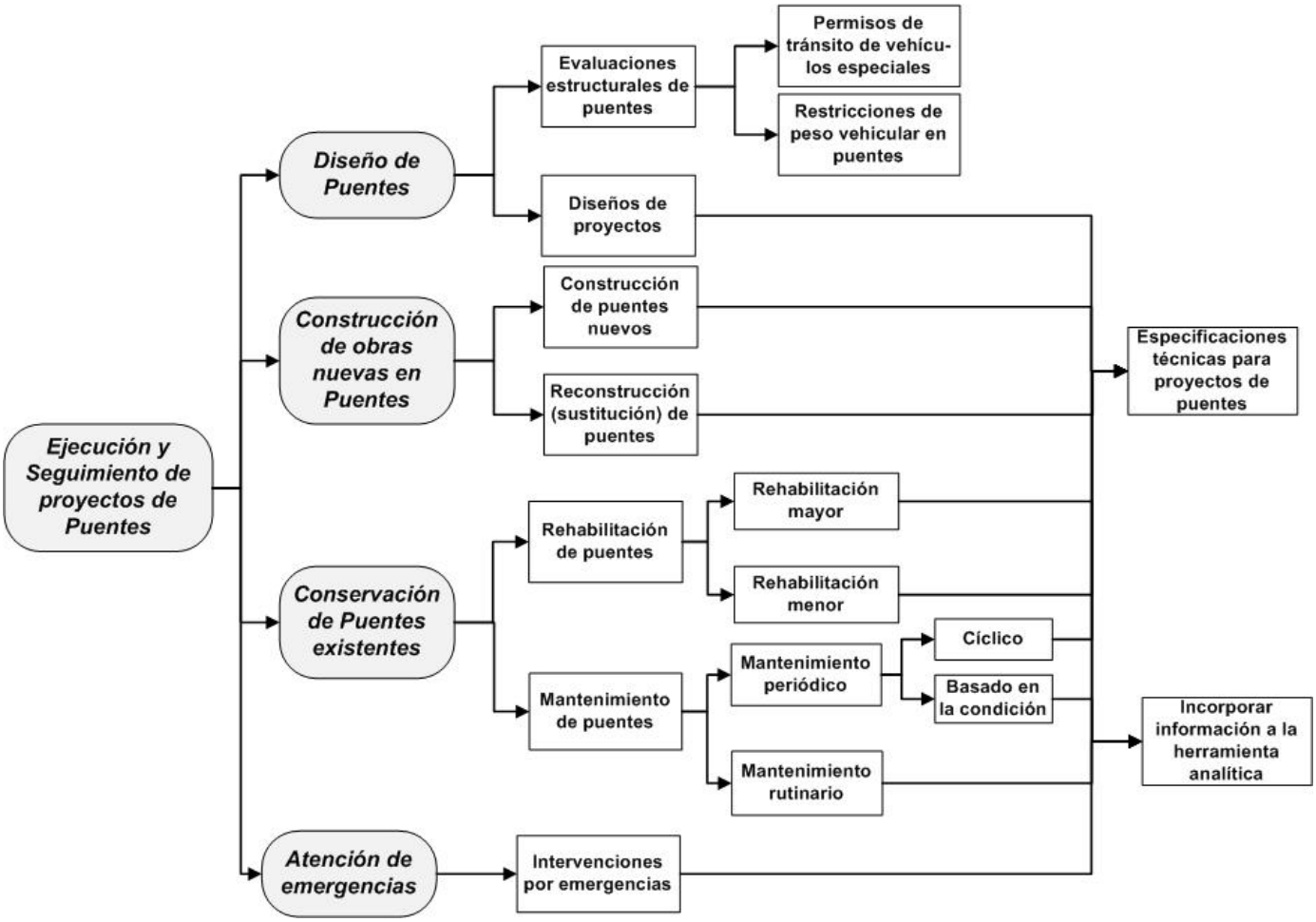


Figura 2.4. Actividades del personal relacionado con la ejecución y seguimiento de proyectos de puentes.

c. Inspección de Puentes

El personal relacionado con las actividades inspección de puentes es responsable de coordinar y ejecutar los diferentes tipos de inspección que se definen en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I, para los intervalos de inspección allí indicados. Las inspecciones son realizadas por *Organismos de inspección de puentes* (OIP) que son parte de la *Organización* o son empresas contratadas para tal propósito, pero en ambos casos deben cumplir con los requisitos que se describen en el Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I.

Las funciones del personal responsable de las inspecciones de puentes son las siguientes:

- Coordinar la ejecución de los diferentes tipos de inspección que se definen en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I, en los intervalos específicos requeridos.
- Recolectar datos de las inspecciones realizadas en los puentes, de acuerdo con los procedimientos establecidos en el Capítulo 6 y Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I.
- Incorporar en la base de datos del SGP y por medio de la herramienta analítica, los datos de las inspecciones realizadas.
- Asegurar la calidad de la información recolectada en sitio y que fue incorporada en la herramienta analítica.
- Informar al personal responsable de la planificación de intervenciones, sobre hallazgos críticos que puedan impactar la seguridad de los usuarios o comprometan la integridad estructural del puente, según se describe en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I. Es obligación de los inspectores comunicar oportunamente a los encargados de planificación de intervenciones, de acuerdo con los procedimientos establecidos en el Capítulo 6 y del Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I, para la correspondiente gestión de la atención por emergencia.

2.2.2.3 Gestión de otros activos de transporte

El personal relacionado con las actividades de gestión de otros activos viales, la cual se muestra en la Figura 2.2, es responsable de activos como: pavimentos, elementos de seguridad vial, elementos de drenaje, elementos adyacentes a la carretera, entre otros . La gestión de estos elementos está fuera del alcance de este manual, por lo cual, no se brindan detalles relacionados.

Sin embargo, la *Organización* debe velar por la gestión de todos los activos bajo su jurisdicción, la cual, debe estar relacionada e integrada con el SGP (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

2.2.2.4 Gestión de Contratos

El personal relacionado con las actividades de gestión de contratos, la cual se muestra en la Figura 2.2, es el responsable de las funciones administrativas para la contratación de proyectos relacionados con puentes y otros activos viales. Sus responsabilidades son:

- Preparar los términos de referencia de pliegos de condiciones para contratación de los proyectos, de acuerdo con las especificaciones técnicas preparadas por los encargados de las actividades de gestión de puentes y gestión de otros activos viales de la *Organización*.

- Recibir las ofertas y dar seguimiento a los procesos de contratación de proyectos de puentes y de otros activos viales.

- Analizar las ofertas de acuerdo con los términos de referencia y especificaciones técnicas de los proyectos de puentes y de otros activos viales.

- Adjudicar los proyectos a los contratistas según los criterios de selección establecidos en los términos de referencia de la contratación.

- Preparar y emitir órdenes de trabajo, órdenes de servicio y órdenes de modificación para los contratistas.

2.2.2.5 Tecnologías de información

El personal relacionado con tecnologías de información es el responsable de mantener los sistemas informáticos, y brindar soporte a las herramientas informáticas con que cuente la *Organización*. En el caso específico del SGP, posee las siguientes responsabilidades:

- Brindar soporte para el correcto funcionamiento de la herramienta analítica.

- Diseñar y desarrollar las bases de datos del SGP.

- Resolver las necesidades de almacenamiento de datos de la *Organización*.

- Administrar el acceso y el alojamiento de las bases de datos de puentes.

- Mantener la integridad de los datos al realizar actualizaciones o implementar nuevas funciones en la herramienta analítica.

- Brindar soporte para los proyectos de actualización del sistema de alojamiento y manejo de bases de datos y la herramienta analítica, propuestos por los responsables de planificación de proyectos de puentes.

2.2.3 Financiamiento para las actividades de una Organización responsable de la gestión de puentes

Las funciones de las actividades descritas anteriormente, requieren financiamiento que debe ser presupuestado por la *Organización* para una adecuada gestión de puentes y de otros activos viales. En esta sección no se incluyen las actividades de otros activos viales que requieren financiamiento, debido a que están fuera del alcance de este capítulo. Sin embargo, no se omite indicar que las actividades de gestión de otros activos viales, también requieren financiamiento que debe ser considerado por la *Organización*, y el SGP debe estar integrado con estas actividades (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

En una *Organización* se requiere como mínimo un financiamiento ordinario y financiamiento específico para realizar las labores que requiere un SGP. Estos dos tipos de financiamiento se describen a continuación:

2.2.3.1 Financiamiento Ordinario:

El financiamiento ordinario es la reserva económica anual que requiere la *Organización* para poder desempeñar las funciones administrativas y técnicas que tiene asignadas. Este financiamiento no corresponde con el necesario para la atención de proyectos específicos, sino que más bien corresponde al financiamiento necesario para mantener puestos de gestión, coordinación y seguimiento de las actividades que se requieren realizar en la *Organización.*

A continuación, se mencionan solamente las actividades específicas del SGP incluidas en el Apartado 2.2.2 del MP-2024 Tomo I y representadas esquemáticamente en la Figura 2.2:

- Todas las actividades de planificación estratégica de la alta gerencia.
- La priorización, la determinación de necesidades de atención, el planteamiento de proyectos costo-efectivos de atención de puentes, la evaluación y mejora de las actividades de gestión de las actividades de planificación de intervenciones en puentes.
- La realización de especificaciones para proyectos de puentes de diseño, construcción, rehabilitación mayor o mantenimiento de puentes.
- Las actividades de mitigación y atención de emergencias.
- La coordinación de la ejecución de las inspecciones de puentes, su aseguramiento de la calidad y el mantenimiento de la base de datos de puentes del inventario y de los demás tipos de inspecciones, según se definen en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I.
- La atención de hallazgos críticos.
- Todas las funciones relacionadas con la gestión de contratos.

2.2.3.2 Financiamiento específico

El financiamiento específico es la reserva económica destinada específicamente a proyectos planificados en un periodo de tiempo definido por la *Organización*.

Las responsabilidades específicas de un SGP mencionadas en el Apartado 2.2.2 del MP-2024 Tomo I que requieren este tipo de financiamiento, son las siguientes:

- El mantenimiento y actualización de la herramienta analítica del SGP, que está a cargo de los responsables de la planificación de intervenciones en puentes.
- Las evaluaciones estructurales de puentes (de capacidad de carga, principalmente).
- Los proyectos de diseño, construcción de obras nuevas en puentes y reconstrucción (reconstrucción (sustitución)) de puentes existentes.
- Los proyectos de mantenimiento y rehabilitación de puentes.
- La ejecución de inspecciones de puentes

2.2.4 Involucramiento y comunicación con las audiencias externas.

Como parte de las prácticas de rendición de cuentas y transparencia de la *Organización*, se deben definir las políticas y procedimientos para involucrar e informar a las diferentes audiencias o partes interesadas externas sobre las diferentes actividades del SGP (NHI, 2016b; INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

Las audiencias externas son:

- El público en general como usuarios finales del activo.
- Los medios de comunicación.
- Los líderes políticos (presidente, ministros, directores ejecutivos, alcaldes, regidores, síndicos).
- Los legisladores (diputados).
- Las entidades de control del uso de recursos (Contraloría General de la República, Defensoría de los Habitantes, Concejos Municipales, auditores externos)
- Otras entidades públicas o privadas que requieran información sobre los activos que gestiona la *Organización* (por ejemplo, universidades y centros de investigación).

La alta gerencia, específicamente en las actividades de planificación estratégica, es la responsable de aprobar los protocolos para la comunicación de la información relacionada con puentes y otros activos viales. Además, debe aprobar la información que será comunicada a las

audiencias externas, de manera que sea de fácil comprensión y se logre transmitir información relevante, con la transparencia debida hacia los usuarios.

Las siguientes son algunas estrategias para la comunicación e involucramiento con audiencias externas ("*Interested parties, public involvement, and consultation*", 2011):

- Establecer oportunidades de participación pública temprana y continua, que brinden información oportuna sobre asuntos de transporte y procesos de toma de decisiones a individuos, instituciones públicas afectadas, representantes públicos y privados de los siguientes sectores: transporte público, transporte de carga, puertos, usuarios de transporte público, personas con discapacidad, usuarios de infraestructura peatonal y ciclista. Incluir, también, otros sectores interesados.
- Proporcionar acceso público razonable a la información técnica y a las políticas utilizadas en el desarrollo de los planes de gestión del transporte a largo plazo, y los planes de mejora continua de la *Organización*.
- Proporcionar avisos oportunos de las actividades de participación pública y brindar tiempo para la revisión de los puntos claves de decisión, con el fin de recibir comentarios de los interesados. Incluir oportunidades razonables para comentar sobre de los planes de gestión de transporte a largo plazo y los planes de mejora continua de la *Organización*
- En la medida posible, asegurar que las reuniones públicas se lleven a cabo en lugares y horarios que sean convenientes y accesibles para los interesados.
- En la medida posible, utilizar técnicas de visualización para describir los planes de gestión de transporte a largo plazo propuestos por la *Organización* y los estudios que lo respaldan.
- En la medida posible, colocar información pública que esté disponible en formato y medios accesibles electrónicamente, como en Internet, para brindar una oportunidad razonable para la consideración de la información pública por los interesados.
- Demostrar que se están tomando en cuenta las opiniones, y brindar respuestas explícitas a los aportes del público y de las partes interesadas, durante el desarrollo de los planes de gestión de transporte a largo plazo y los planes de mejora continua de la *Organización*.
- Incluir un proceso para considerar y atender las necesidades de las personas que tradicionalmente han sido desatendidos por los sistemas de transporte existentes.
- Revisar periódicamente la efectividad del proceso de participación pública para garantizar que se brinde acceso total y abierto a todas las partes interesadas, según corresponda.

2.3 Políticas, objetivos, metas e indicadores de desempeño de un SGP

La definición de las políticas, las metas, los objetivos y los indicadores de desempeño de un SGP tiene una alta importancia estratégica (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020), por lo cual, a continuación, se describe con más detalle cada uno de estos aspectos.

2.3.1 Políticas del SGP

Las políticas de un SGP son el conjunto de lineamientos de acción, que establecen la dirección de las distintas actividades que se deben realizar en la *Organización* mediante un SGP (ver Sección 2.2 del MP-2024 Tomo I). Además, ayudan a definir metas y objetivos, la estructura organizacional y la elección o desarrollo de las herramientas analíticas del SGP, entre otros. Es importante, por lo tanto, establecer las políticas desde un inicio en la implementación de un SGP, pues dan el rumbo que debe seguir la *Organización* (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

Para establecer las políticas de un SGP se deben seguir los siguientes criterios:

- Las políticas deben buscar líneas estratégicas de la *Organización* para la gestión de puentes.
- Las políticas se deben plantear para cumplir con la definición de gestión de la Sección 2.1 del MP-2024 Tomo I en una *Organización responsable de la gestión de puentes*, de manera que se brinde seguridad a los usuarios y se mantenga el tránsito eficiente de bienes y servicios en las rutas bajo su jurisdicción.
- Las políticas deben buscar la atención y gestión de los puentes de la Red Vial para que sean seguros y durables, propiciando que las labores realizadas sobre ellos sean costo-efectivas independientemente de la *Organización* que los gestione o el financiamiento al que estén sujetos (California Department of Transportation [Caltrans], 2016).

2.3.2 Metas del SGP

Las metas son propósitos a largo plazo, las cuales son más específicas que las políticas, ya que pueden o no estar referidas a indicadores de desempeño de la red de puentes en general. Estas metas son más generales y menos estructuradas que los objetivos, que necesariamente deben estar referidos a indicadores de desempeño (NHI, 2016a).

Para establecer las metas de un SGP, se deben seguir los siguientes criterios (AASHTO,

2018):

- Las metas deben estar directamente relacionadas con las políticas o planes estratégicos.
- Las metas deben permitir la identificación de necesidades de financiamiento que son necesarias para alcanzar los niveles de servicio, a los que se quiere llegar con los programas de atención del SGP.

En el Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I se define la forma en la que se deben plantear las metas para el SGP, referidas específicamente a actividades de mantenimiento de puentes.

2.3.3 Objetivos del SGP

Los objetivos son acciones a corto plazo que deben ser ejecutadas para alcanzar los resultados deseados y deben estar referidos a indicadores de desempeño. Son específicos y usualmente se desglosan en pasos o acciones, que generalmente incluyen fechas límite y limitaciones de presupuesto (NHI, 2016a; INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

Para establecer los objetivos de un SGP se deben seguir los siguientes criterios (AASHTO, 2018):

- Los objetivos deben plantear un resultado futuro medible con indicadores de desempeño.
- Los objetivos deben ser específicos, alcanzables, realistas y oportunos.
- Los objetivos deben considerar restricciones de financiamiento.

Al comparar las metas y los objetivos, se deben de poder identificar brechas que, a su vez, permitan reevaluar las necesidades de asignación de recursos (AASHTO, 2018). También, esta comparación puede llevar a redefinir las metas y los propios objetivos del SGP.

En el Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I se define la forma en la que se deben plantear los objetivos para el SGP, referidos específicamente a actividades de mantenimiento de puentes.

2.3.4 Indicadores de desempeño

Los indicadores de desempeño son parámetros de medición elegidos para controlar el avance y cumplimiento de las metas, a partir de los objetivos planteados por el SGP (NHI, 2016a; INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020). Los indicadores de desempeño se deben utilizar para monitorear la condición de los puentes en la Red Vial que tiene a cargo una *Organización*, para brindar reportes a las audiencias externas, definidas en el Apartado 2.2.4 del MP-2024 Tomo I, y para administrar eficientemente los fondos de los programas de financiamiento. Estas medidas de desempeño se utilizan también para

comunicar la condición de la red de puentes gestionada por la *Organización* (AASHTO, 2018; INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

Para establecer indicadores de desempeño, las *Organizaciones* encargadas de la gestión de puentes deben seguir los siguientes criterios (AASHTO, 2018):

- Cuando se dispone de datos limitados sobre la condición histórica de los puentes por elemento, los indicadores se deben realizar con una calificación general de condición de los puentes. Estos indicadores deben ser adaptables y brindar información significativa de la condición del puente, de manera que se pueda hacer una transición cuando ya se disponga de datos de condición por elementos, para fundamentar la gestión con mejores indicadores de desempeño.

- Al nombrar los indicadores, se deben considerar aspectos que impacten en la comunicación posterior de los mismos a los diferentes usuarios del SGP, tanto a lo interno y como a lo externo de la *Organización*, considerando principalmente la comunicación al personal de la alta gerencia y al público en general.

- Los indicadores deben ser simples y cortos.

- Los indicadores deben ser confiables, transparentes y entendibles.

- Los indicadores deben dar prioridad a las medidas de mantenimiento de los puentes.

- Las unidades que se seleccionen para los indicadores de desempeño deben establecerse cuidadosamente, de manera que reflejen los procedimientos de priorización de intervenciones que utilice la *Organización.*

- Los indicadores deben estar relacionados directamente con los deterioros de los elementos y de los componentes, y, además, con las medidas de atención requeridas y realizadas en los distintos programas (mantenimiento, rehabilitación mayor, reconstrucción (sustitución) o construcción de puentes nuevos), con el propósito de que se puedan utilizar en los análisis de priorización y en análisis de costos del ciclo de vida.

2.4 Base de datos de un SGP

La base de datos de un SGP es un repositorio de datos e información procesada (datos que han sido analizados), que almacena los expedientes de cada estructura con información actualizada, pero que a la vez recopila y documenta los datos históricos. Esta información es útil para ser revisada de forma previa a cualquier tipo de inspección (ver Capítulo 3, Capítulo 6 y Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I), a las evaluaciones de capacidad de carga (ver Capítulo10 del MP-2024 Tomo I), a realizar actividades de conservación de puentes (ver Capítulo 9 del

MP-2024 Tomo I), al monitoreo de salud estructural (ver Capítulo 11 del MP-2024 Tomo I), a las pruebas de carga (ver Capítulo 12 del MP-2024 Tomo I), y a cualquier otra actividad relacionada con puentes.

La base de datos es la principal fuente para la realización de una gestión efectiva de los puentes, ya que de ella se alimenta la herramienta analítica y es a partir de estos datos que se pueden tomar decisiones costo-efectivas para la atención de puentes (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020). Normalmente, a esta base de datos se le conoce también como *archivo del puente* (ver Capítulo 3, Capítulo 4, Capítulo 5, Capítulo 6, Capítulo 7 y Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I) y está compuesta, como mínimo, por los datos que se detallan en el Apartado 2.5.4 del MP-2024 Tomo I.

2.4.1 Objetivos de una base de datos de un SGP

Una base de datos de un SGP se prepara con el objetivo principal de apoyar la gestión de puentes, proveyendo de forma eficiente la información necesaria para tomar decisiones costo-efectivas (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020). Los objetivos específicos de la base de datos de un SGP son:

a. Agrupar y almacenar todos los datos de la *Organización* en un único lugar.

b. Facilitar que se compartan los datos entre los diferentes miembros y actividades de la *Organización*.

c. Facilitar la comunicación con las audiencias internas y externas del SGP (ver Apartado 2.2.4 del MP-2024 Tomo I).

d. Evitar la repetición y mejorar la forma en que se recopila y presenta la información.

e. Almacenar y brindar acceso a datos de inventario de los puentes bajo la jurisdicción de una *Organización,* lo cual incluye: identificación, mediciones, localización, atributos estructurales y claros libres.

f. Almacenar y brindar acceso a datos generados de los resultados de las inspecciones realizadas a lo largo del tiempo en cada puente del SGP (de cualquiera de los otros tipos definidos en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I) y a los informes respectivos, para mejorar la valoración de las condiciones de cada estructura en un momento determinado.

g. Almacenar y brindar acceso a datos de trabajos realizados de mantenimiento, rehabilitación mayor y reconstrucción (sustitución) en cada puente del SGP, para mejorar la valoración de las condiciones de cada estructura en un momento determinado.

h. Almacenar y brindar acceso a documentación y datos relacionados con el puente, como reportes noticiosos, datos históricos, información sobre fenómenos naturales que han

impactado el puente, fotografías, entre otros.

i. Identificar los cambios en la condición inicial del puente y en la condición determinada por inspecciones sucesivas a lo largo del tiempo.

j. Identificar cambios realizados en los distintos elementos del puente, por trabajos de mantenimiento, rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución), incluyendo la fecha en la que fueron ejecutados y la razón.

k. Mejorar la seguridad de la información al facilitar la protección de los datos.

2.4.2 Formato de los datos del SGP.

El formato utilizado para documentar la información de los puentes en la base de datos de un SGP, puede variar de forma significativa de una *Organización* a otra. La información puede existir de forma digital o física y siempre debe estar referenciada apropiadamente a cada puente particular al que pertenece. Sin embargo, se recomienda que la información contenida en la base de datos se encuentre de forma digital para facilitar las relaciones de datos. Una forma eficiente es utilizar los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como plataforma principal.

Todos los elementos de la base de datos del SGP deben estar interrelacionados (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020). Lo anterior implica que deben existir códigos de identificación únicos para los puentes y sus componentes, de forma tal que en la base de datos se puedan relacionar entre sí por medio de estos identificadores, y los documentos se puedan relacionar con el puente o los puentes a los que hace referencia.

Los responsables de la gestión de los puentes, deben brindar el mantenimiento a la base de datos y asegurar que las relaciones entre datos se mantengan en el tiempo, de modo que no se presenten errores al realizar análisis o se obtengan resultados erróneos. Muchas de las capacidades de análisis que tenga la herramienta analítica del SGP, dependerán directamente de la estructura de la base de datos (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

2.4.3 Datos mínimos en una base de datos de un SGP.

La base de datos de un SGP debe contener como mínimo los siguientes datos:

a. Datos de Inventario de puentes:

Estos datos identifican cada estructura, su localización y sus características físicas, incluyendo, entre otros datos: configuración estructural, material, geometría, características e identificación de la carretera donde se ubica la estructura, códigos identificadores de elementos del puente, fotografías de inventario y los servicios públicos adosados a la

estructura. Los datos de inventario deben contener coordenadas geográficas, adecuadamente recabadas en el sitio, que permitan ubicar los puentes y poder relacionar los datos en un SIG. En el Capítulo 6 y en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I se describen los datos de inventario que deben ser recolectados para cada puente.

b. Datos de inspecciones rutinarias, calificación de la condición por elementos, por componentes, y para el puente globalmente:

Estos datos permiten evaluar la condición de cada elemento de los puentes, cada componente y cada estructura globalmente. La condición de cada elemento debe ser expresada en términos de la naturaleza (tipo), extensión y severidad de la deficiencia. La calificación de la estructura se puede definir partiendo de los datos de la condición de los elementos que la componen. La calificación de la condición del puente y de los elementos, puede llevar a indicadores de desempeño que son parte de los datos que se deben guardar en la herramienta analítica.

Los procedimientos para la evaluación de deficiencias y determinación de la condición de los elementos se describen en el Capítulo 6 y en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I. Los procedimientos para la calificación de las estructuras se describen en el Capítulo 8 y en el Apéndice F del MP-2024 Tomo I. La base de datos también debe almacenar datos históricos sobre la condición de los elementos, que reflejen la variación de la condición a lo largo del tiempo. Estos datos deben incluir fotografías, esquemas de deficiencias y reportes de inspección.

Además, entre los datos de inspecciones rutinarias, se debe guardar la documentación donde se registre el resultado de la evaluación del riesgo, el método (*Método 1 o Método 2* de la Sección 3.3 del MP-2024 Tomo I) y los criterios utilizados, todo lo anterior para la determinación del intervalo de inspección.

c. Datos de proyectos de mantenimiento, rehabilitación mayor y reconstrucción (sustitución) realizados en puentes:

Son los datos de los trabajos de mantenimiento, rehabilitación mayor y reconstrucción (sustitución) realizados en cada puente, los trabajos realizados por emergencia en cada puente y los costos asociados a dichas intervenciones. En estos datos se deben incluir los originales o copias de los planos del puente, documentación de la construcción, documentación original del diseño y datos de costos del proyecto. Los requerimientos de dichos documentos se detallan a continuación:

- Planos: Preferiblemente, deben ser planos finales incluyendo los cambios constructivos (“*as-built*” como se conoce en inglés). En caso de que no existan estos planos, se deben

recopilar planos de diseño y planos de taller. Esta información es utilizada como referencia durante los procesos de inspección (ver Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I) y durante su preparación (ver Capítulo 5 del MP-2024 Tomo I). Además, durante las evaluaciones de capacidad de carga del puente (ver Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I).

- Documentación de la ejecución del proyecto: Documentos que indiquen aspectos relevantes de cómo quedó construida la estructura, el proceso de control de calidad de los materiales utilizados, documentos de ensayos de verificación realizados, certificados de mate rial (certificados de molino en elementos de acero, diseños de mezcla de elementos de concreto premezclado), especificaciones técnicas especiales utilizadas para la construcción del puente, referencia a las especificaciones técnicas generales que se utilizaron en la construcción del puente, documentación de la preparación de elementos en taller o en planta (planos, esquemas, certificados de calidad, especificaciones y procedimientos constructivos).

- Documentación original de diseño del proyecto: Memorias de cálculo, documentos donde se establezcan los supuestos de diseño.

- Datos de costos del proyecto: Las memorias de cálculo de costos, los costos unitarios y costos finales del proyecto. Los datos recabados deben ser suficientes para estimar y actualizar los costos incurridos durante el ciclo de vida del puente.

Estos datos pueden ser utilizados para evaluar la eficacia de las acciones implementadas en los puentes, verificar la información sobre los beneficios supuestos e influir en la programación de trabajos futuros de acuerdo con las políticas de la *Organización*. La herramienta analítica deberá tener la capacidad de realizar los modelos para cumplir lo anterior, o estar planeada para su incorporación en una actualización futura.

Por otra parte, estos datos deben incluir lecciones aprendidas en proyectos de mantenimiento, rehabilitación mayor y reconstrucción (sustitución) de puentes, que lleven a una mejora continua en las actividades de intervención.

d. Datos de inspecciones detalladas y otros tipos de inspección:

Estos datos pueden incluir reportes, fotografías, y datos específicos de las inspecciones realizadas, que no estén contemplados en los datos de evaluación rutinaria de la condición por elementos. Estas inspecciones se describen en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I. Además, los datos de las inspecciones detalladas deben estar conforme se indica en el Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I.

Adicionalmente, entre los datos de estas inspecciones se debe guardar la documentación donde se registren los procesos realizados para determinar los intervalos de inspección, de acuerdo a como se establece en Sección 3.3 del MP-2024 Tomo I.

e. Datos de evaluación de capacidad de carga y de restricciones de peso:

En la base de datos se deben incluir los resultados del factor de evaluación de capacidad de carga, los profesionales responsables de realizar las evaluaciones y la fecha de evaluación. Se deben incluir entre los datos las memorias de cálculo donde se indique el alcance de la evaluación y los elementos que rigen la evaluación, según se indica en el Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I. Además, se deben indicar las restricciones de peso recomendadas y colocadas en los puentes. Por otra parte, si la capacidad de carga se obtiene por pruebas de carga en sitio según se indica en el Capítulo 12 del MP-2024 Tomo I, se deben incluir entre los datos del puente los reportes respectivos que fueron resultado de estas pruebas.

f. Datos de los cuerpos de agua que cruzan los puentes:

Los datos incluyen: secciones transversales, sondeos geotécnicos, perfiles del cauce, información sobre la estabilidad del cauce y evaluaciones del riesgo de socavación para la estructura. Se debe incluir cualquier actualización de la información anterior, para mantener registros históricos que permitan realizar comparaciones y determinar la extensión de la erosión, la socavación, el desplazamiento lateral, la degradación o la agradación del cauce cuando se requiera. También, se deben incluir datos históricos de eventos hidráulicos mayores, marcas de niveles de agua máximos, así como reportes de socavación en los puentes y el tipo de intervención realizada para atenderla.

g. Datos históricos, noticias y correspondencia:

Se deben recopilar datos de eventos en los que se haya visto involucrada la estructura, ya sea que estén reportados por medios oficiales de la *Organización* o por reportes noticiosos. Además, se debe recopilar toda la correspondencia que los encargados de la gestión de puentes de la *Organización* consideren relevante para la atención de la estructura.

h. Datos financieros y de costos:

Estos datos son necesarios para evaluar las acciones y estrategias alternativas con base en el presupuesto disponible. Los costos a considerar son: los costos directos de la actividad de intervención y los costos indirectos asociados con un proyecto, así como la movilización de equipos, del personal y el control temporal del tránsito. Se deben incluir datos de inflación y datos económicos al analizar la efectividad del trabajo a realizar en años futuros,

lo cual, permite aplicar restricciones económicas al análisis financiero. Otros datos que también se deben incluir son: la cantidad de fondos disponibles a corto plazo, los costos pronosticados a largo plazo, la fuente de financiamiento, intercambios de presupuesto entre proyectos de intervención ("*trade-offs*" como se conoce en inglés) y cualquier otra restricción financiera que deba incorporarse en el análisis.

i. Datos para ejecutar los modelos incorporados en la herramienta analítica:

La base de datos debe contar con los datos necesarios para ejecutar los modelos de cálculo de priorización, modelos de deterioro y modelos de costo-efectividad de las acciones, los cuales, pueden ser obtenidos directamente o por medio de cálculos y análisis de los datos mencionado en esta sección.

j. Otros datos que la Organización requiera incluir:

Entre estos datos una *Organización* puede requerir, están: los datos de peso vehicular que transita sobre el puente, los requerimientos de equipo especial para inspeccionar el puente, detalles estructurales únicos del puente que requieren inspecciones especiales, condiciones ambientales inusuales del entorno del puente, peligros naturales en el entorno del puente, entre otros datos que se consideren relevantes para la gestión de puentes.

2.5 Herramienta analítica de un SGP

En un SGP se deben implementar y utilizar herramientas analíticas (programas informáticos), con el propósito de almacenar, realizar análisis y brindar acceso a información para la toma de decisiones, a partir de la gran cantidad de datos que genera el personal de las diferentes áreas de trabajo que componen la *Organización* (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020). En la Sección 2.6 del MP-2024 Tomo I se menciona que la escogencia de la herramienta analítica por utilizar es uno de los últimos pasos en la implementación de un SGP; además, dicha herramienta debe estar acorde con las políticas, objetivos, tamaño, funcionamiento, capacidad presupuestaria y de personal de la *Organización*, al mismo tiempo que integre como mínimo las funcionalidades indicadas en este capítulo (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

El alcance de la herramienta analítica debe definirse de manera que integre los mecanismos necesarios para poder cumplir eficiente y adecuadamente las metas de un SGP (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020). Por esto, una herramienta analítica puede ser tan sencilla como un paquete de hojas de cálculo electrónicas, o puede ser tan compleja como un sistema informático programado, ya sea a la medida de la *Organización* o comercialmente disponible, para que integre los algoritmos necesarios para cumplir las metas.

Según AASHTO (1993), los SGP deben incluir como parte de su herramienta analítica una base de datos y rutinas informáticas que apoyen las siguientes labores:

a. Proveer análisis y resúmenes de los datos.

b. Utilizar modelos y algoritmos para hacer predicciones y recomendaciones.

c. Proveer los medios para considerar eficientemente políticas y programas de inversión alternativos.

d. Facilitar la recolección, el procesamiento y la actualización de los datos requeridos.

Una *Organización* puede tener varias herramientas analíticas distintas, para diferentes tareas del SGP. En este caso, la *Organización* debe garantizar que los resultados o datos de salida de las distintas herramientas se puedan relacionar con los datos de entrada de otras herramientas, de modo que exista integridad en los datos (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020). Por ejemplo, una *Organización* podría disponer de un sistema informático que permite recolectar datos de puentes, mostrarlos en diferentes formatos a los distintos usuarios del SGP y realizar algunos análisis de priorización. Posteriormente, puede exportar esos datos para realizar otros análisis mediante hojas de cálculo.

Sin embargo, es recomendable que una herramienta analítica posea todos los componentes y las capacidades de análisis unificadas, al menos de forma automática, para evitar procesos de transferencia manual de datos. Estos procesos pueden generar errores en los modelos analíticos utilizados y en los resultados obtenidos, lo cual consecuentemente puede afectar el proceso de toma de decisiones.

Finalmente, es necesario enfatizar de nuevo en que las herramientas analíticas por sí solas no conforman un SGP exitoso (NHI, 2016b).

2.5.1 Tipos de herramientas analíticas

Las herramientas analíticas se clasifican en este manual de acuerdo con la complejidad de programación, la plataforma informática, los componentes y las capacidades de análisis que tienen incorporadas. Por lo tanto, los tipos de herramienta analítica son:

- **Herramienta analítica básica:** Se refiere a las herramientas analíticas que se encuentran desarrolladas principalmente por medio de hojas de cálculo electrónicas. Generalmente son desarrolladas por personal de la misma *Organización*, con algoritmos básicos de hojas de cálculo. Los datos se transfieren normalmente de forma manual y los distintos tipos de análisis que se requieran incorporar se deben desarrollar en hojas de cálculo electrónicas o paquetes de *software* compatibles.

Este tipo de herramienta se utiliza generalmente para inventarios de menos de mil puentes.

- **Herramienta analítica intermedia:** Se refiere a herramientas analíticas desarrolladas por medio de hojas de cálculo que contienen comandos y procesos analíticos incorporados por programación, *software* específico o por medio de configuración de paquetes de *software* desarrollados para la gestión de activos. En este caso, se trata de herramientas analíticas que poseen algunos de los componentes y las capacidades de análisis descritos respectivamente en los Apartados 2.5.3 y 2.5.4 del MP-2024 Tomo I, pero, generalmente no contiene los componentes más complejos.
- **Herramienta analítica completa:** Este tipo de herramientas también son desarrolladas por medio de programación de hojas de cálculo, *software* o por medio de configuración de paquetes desarrollados para gestión de activos. Estas herramientas tienen todos los componentes y capacidades de análisis que se describen en los Apartados 2.5.3 y 2.5.4 del MP-2024 Tomo I. Tienen la posibilidad de adaptar nuevas funcionalidades por medio de programación, conexión con *software* compatibles o comandos de manejo de bases de datos.

2.5.2 Proceso de selección de herramientas analíticas

La *Organización* debe hacer un análisis racional considerando los costos de adquisición, mantenimiento y actualización del tipo de herramienta analítica que desea incorporar y los beneficios que esta herramienta traerá, principalmente relacionados con mejoras en los procesos de atención de puentes, que se pueden traducir en un mejor uso de los recursos (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020). Para esto, se debe considerar si el tamaño y las características del inventario de puentes requieren de un tipo específico de herramienta analítica o una combinación de los mismos.

La *Organización* debe evaluar constantemente la frecuencia de uso, la facilidad de implementación y la efectividad de las funciones de la herramienta analítica, así como la forma en que está impactando la toma de decisiones en puentes. Esto puede resultar en la necesidad de mejorar las herramientas analíticas, pasando de herramientas básicas a intermedias o completas (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

A las *Organizaciones* interesadas en implementar herramientas analíticas se les recomienda seguir los siguientes pasos, que están divididos en tres fases independientes del tipo de herramienta que desee utilizar (Thompson, 2020):

<u>Fase I</u>

1. Consultar a los proveedores o desarrolladores de herramientas analíticas sobre sus productos o soluciones, solicitando demostraciones detalladas que permitan resolver preguntas acerca de la mayor parte de los componentes del producto.

2. Establecer la visión de lo que se espera que realice la herramienta analítica y comunicarla a los proveedores o desarrolladores.

3. Considerar si la herramienta se encuentra disponible en idioma español.

4. Considerar si se puede brindar capacitación a los distintos niveles de usuario que tenga la herramienta analítica, y si esta capacitación puede ser específica para los usos que haga la *Organización* de la herramienta.

5. Si la herramienta tiene componentes en línea, consultar a los responsables de las actividades de la alta gerencia y a los proveedores, si es posible hospedar los datos en sistemas *web*, ya sea adquiridos por la *Organización* o provistos por los desarrolladores.

6. Establecer los datos que requiere recolectar y visualizar con la herramienta analítica, y los cálculos y análisis necesarios que requiera la *Organización* (ver Apartado 2.5.3 del MP-2024 Tomo I).

Fase II

1. Realizar una preselección de proveedores para realizar pruebas piloto de implementación de la herramienta en un subconjunto de los puentes bajo la jurisdicción de la *Organización*.

2. Realizar las pruebas piloto registrando todas las observaciones del proceso, las oportunidades de mejora, las necesidades de cambios y la factibilidad de que sea implementada a todos los puentes en la jurisdicción.

3. Discutir abiertamente con el proveedor o desarrollador las preocupaciones sobre la herramienta, solicitando que propongan mejoras.

4. Negociar con el proveedor una propuesta para una implementación con todos los puentes en la jurisdicción, y de preferencia hacer que el proveedor la realice.

Fase III

1. Después de la implementación para todos los puentes, considerar si es necesario añadir reportes o características que no se observaron durante la implementación piloto.

2. Evaluar si la implementación de la herramienta en todos los puentes fue factible.

3. Considerar adquirir por separado herramientas para análisis para toma de decisiones, preferiblemente con hojas de cálculo listas para usar o herramientas para realizar reportes a partir de los datos. Para esto, es importante tener la base de datos lista y el sistema de inspección en sitio desarrollado, lo cual, se puede aprovechar de la implementación realizada.

2.5.3 Componentes de una herramienta analítica para gestión de puentes

Los componentes de una herramienta analítica deben estar asociados a actividades específicas del SGP. A continuación, se presentan los distintos componentes que debe tener una herramienta analítica. En la Tabla 2.1 se muestran los componentes disponibles en cada tipo de herramienta analítica según el Apartado 2.5.1 del MP-2024 Tomo I.

a. Base de datos

Se requiere una base de datos que permita relacionar los datos, que sea segura y organizada de acuerdo con las necesidades de la *Organización* y que se pueda conectar con hojas de cálculo u otros sistemas para análisis de datos. Debe ser capaz de soportar los datos de entrada y de salida de los distintos análisis que se realizan en la gestión de puentes, y debe permitir la configuración de procesos que realicen reportes que a su vez puedan ser entendidos y accedidos por los diferentes actores involucrados en el SGP (AASHTO, 1993). En la Sección 2.5 del MP-2024 Tomo I se describen los datos que debería albergar una herramienta analítica de un SGP.

b. Incorporación de restricciones presupuestarias y otras restricciones

Un requerimiento básico de una herramienta analítica es la inclusión de restricciones presupuestarias, para cada periodo presupuestario de planificación. Adicionalmente, la herramienta analítica debe ser capaz de aceptar otras restricciones, por ejemplo, si pueden cerrar carriles o cerrar el puente para labores de inspección o conservación (AASHTO, 1993).

c. Incorporación de datos resultantes de las actividades de conservación

La herramienta debe tener disponible información actualizada, en formato manual o digital (preferiblemente este último), de los trabajos de conservación que se realizan en los puentes, así como su costo y fecha de culminación (AASHTO, 1993). Los datos de conservación deben haber sido ingresados en la herramienta analítica de acuerdo con los criterios indicados en el Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I.

d. Incorporación de datos resultantes de atenciones por emergencia

La herramienta debe tener disponible información actualizada de los trabajos de atención por emergencia que se han realizado en los puentes, así como su costo, fecha de culminación y el evento que generó la atención. Es importante mencionar que las intervenciones por emergencia, no se restringen únicamente a las acciones que tuvieron que realizarse como resultado a un evento generador de una emergencia, sino que pueden ser también intervenciones de hallazgos críticos identificados que debieron ser atendidos de manera inmediata (ver la Sección 3.4 y la Sección 6.5 del MP-2024 Tomo I).

e. Priorización de puentes de acuerdo con su condición y necesidades de intervención

La herramienta debe realizar análisis de priorización de la atención de los puentes utilizando los datos de inspección rutinaria y de inventario. La herramienta debe considerar para la priorización: la condición de los componentes del puente, aspectos de importancia operativa (importancia de la ruta, del puente, entre otros) y obsolescencia de los puentes (tomados de los datos de inventario) (ver Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I).

Este análisis no sustituye el análisis de costo-efectividad (costos en el ciclo de vida o costo-beneficio) para priorizar y optimizar la atención de puentes, pero puede ser un punto de partida para *Organizaciones* que no hayan implementado un SGP.

La herramienta también debe ser capaz de permitir el cambio de algunos parámetros de entrada que intervienen en la priorización como, por ejemplo: las variables de inventario y de inspecciones rutinarias consideradas y los pesos ponderados utilizados. Estos cambios se deben poder realizar para obtener resultados diferentes en las priorizaciones, de manera que se ajusten con las políticas, metas y objetivos la *Organización*. El proceso de cambio de parámetros debe ser transparente y trazable, por medio de reportes que hayan sido aprobados por el personal encargado de planificación estratégica.

En el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I se definen procedimientos de priorización que se pueden aplicar para los puentes en herramientas analíticas básicas, que no consideran análisis de económicos en el ciclo de vida entre sus componentes. Sin embargo, se recomienda que las *Organizaciones* realicen los procesos de priorización de intervenciones por medio de los análisis económicos en el ciclo de vida. Este proceso, se puede guiar con los aspectos mencionados en el Punto c del Apartado 2.5.4 del MP-2024 Tomo I.

f. Trazabilidad de las acciones ejecutadas en la herramienta

La herramienta debe ser capaz de dar seguimiento y trazabilidad a todas las acciones que realicen los usuarios del SGP, las cuales incluyen, pero no están limitadas a: ingreso al sistema, ingreso de datos, aprobación de datos, visualización de información, descarga de datos, cambio de parámetros de priorización, corrección de errores, salida del sistema.

g. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

La herramienta analítica del SGP debe tener integración con Sistemas de Información Geográfica (SIG), de forma tal que se puedan hacer análisis de datos relacionados con información geoespacial y mejorar los modelos de optimización. El SIG debe ser capaz de brindar herramientas de recolección de datos en sitio, que transfieran los datos automáticamente, análisis de datos e información, realizar aplicaciones para comunicar la información a los usuarios del SGP, realizar presentaciones y reportes, y comunicar información a las audiencias externas de preferencia por medio de visores (“*dashboards*”

como se conoce en inglés) que se accedan vía Internet (ver Apartado 2.2.4 del MP-2024 Tomo I).

h. Capacidad de visualización de datos de inventario e inspección rutinaria

La herramienta analítica debe tener capacidad de visualizar los datos de inventario e inspección rutinaria de forma interactiva. Los diferentes usuarios del SGP deben poder acceder a la herramienta analítica y buscar una estructura por nombre, ubicación o distintas características de un puente. Los resultados de esta búsqueda, debe suministrar la lista de puentes que coinciden con el criterio de búsqueda deseado, y con ello brindar al usuario la posibilidad de explorar los distintos datos del puente a los que tenga autorización para visualizar.

i. Identificación de acciones factibles

Con base en la condición de los elementos de los puentes (presente, o futura proyectada con eventuales modelos de deterioro que se desarrollen a nivel nacional), la herramienta analítica debería tener la capacidad de identificar estrategias de intervención para estos elementos, siendo consistente con las reglas de conservación que disponga la *Organización* (ver Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I). Adicionalmente, la herramienta debería identificar trabajos adicionales a los de conservación, como la aplicación de sistemas de protección para los diferentes elementos, reforzamiento, aumento de carriles, reemplazo y cierre (AASHTO, 1993).

En el Punto b del Apartado 2.5.4 se especifican mayores detalles sobre el funcionamiento ideal de este componente, en herramientas analíticas intermedias o completas. Para herramientas analíticas básicas y *Organizaciones* que no hayan implementado un SGP, se puede utilizar un alcance como el que establece el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I, para identificar las acciones factibles con base en los resultados de las inspecciones rutinarias realizadas.

j. Capacidad de hacer informes

La herramienta analítica debe ser capaz de producir una variedad de informes, para dar soporte a un amplio rango de decisiones que involucran los puentes de una red de carreteras. Los informes incluyen tablas y gráficos con el fin de presentar resultados de forma efectiva a los diferentes usuarios del SGP. Estos informes pueden ser imprimibles o interactivos a través de un sistema informático. Al igual que en otros puntos anteriores, se recomienda la automatización informática de los informes, para mejorar la eficiencia en su elaboración.

k. Modelos de deterioro

Los modelos de deterioro dan proyecciones a futuro de la condición y, como su nombre lo

indica, del proceso degenerativo en los distintos componentes o elementos del puente debido a la proliferación de las deficiencias. Considerando o sin considerar intervenciones, los modelos de deterioro deben dar proyecciones de la naturaleza (tipo), extensión y severidad de las deficiencias en cada elemento, reflejando las condiciones ambientales a las que está expuesto el puente (AASHTO, 1993). Al considerar las intervenciones, se recomienda generar a futuro modelos de efectividad de las acciones ejecutadas, los cuales permitan determinar si las acciones implementadas han mejorado o no la condición de los elementos o componentes de un puente.

En el Punto b del Apartado 2.5.4 del MP-2024 Tomo I se definen acciones para implementar modelos de deterioro en una herramienta analítica de un SGP como un instrumento adicional de análisis, y cómo iniciar la implementación en *Organizaciones* que no poseen un SGP, utilizando el criterio y juicio de los profesionales responsables de las actividades de planificación de intervenciones en puentes de la *Organización* o de un grupo de profesionales que la *Organización* debe convocar.

l. Criterios con base en niveles de servicio

Los criterios con base en niveles de servicio son claves para definir necesidades y asignación de recursos. Un nivel de servicio es un criterio para definir si un puente puede o no superar estados de condición de sus elementos debido al servicio que brinda. Lo anterior implica cuantificar y calificar puentes que dan servicio a usuarios esenciales, por ejemplo, a vehículos de atención de emergencias, transporte de estudiantes, transporte de mercancías esenciales o que son vías estratégicas de comunicación. El modelo debe ser capaz de evaluar los cambios en objetivos y las normas para capacidad de carga, ancho del tablero, distancias libres verticales u otras características de servicio de los puentes que sean consideradas de importancia (AASHTO, 1993).

m. Estimación de costos para el responsable de los puentes

La herramienta debe incluir procedimientos de cálculo de costos, desde el costo de mantenimiento de un elemento individual, hasta el costo de reemplazar todo el puente (AASHTO, 1993). En el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I se establecen procedimientos para calcular costos de intervención de puentes.

n. Estimación de costos para los usuarios

Las deficiencias estructurales y funcionales tienen influencia en el número de accidentes, tiempos de viaje y costos operativos de los vehículos. Adicionalmente, durante las intervenciones que se realizan en el puente, ya sea de mantenimiento o rehabilitación mayor, puede llegar a ser necesario realizar cierres parciales o totales que implican costos para los usuarios. La herramienta debe tener la capacidad de calcular el costo para el usuario asociado a las intervenciones o las limitaciones presentes en el puente, por ejemplo: una

capacidad de carga reducida, el ancho del tablero, las distancias libres verticales o la salida de operación del puente (AASHTO, 1993).

o. Minimizar el costo de conservación durante el ciclo de vida

La herramienta debe ser capaz de determinar el costo mínimo de conservación de elementos puntuales y de todo el puente, por un periodo de tiempo determinado a través del análisis de costos de ciclo de vida de la estructura. La herramienta debería también incluir el costo de utilizar sistemas de protección y labores de mantenimiento cíclico para los elementos, en la identificación de una estrategia de conservación que reduzca los costos de dichas labores (AASHTO, 1993). En el Apartado 2.5.4 del MP-2024 Tomo I se detallan aspectos relacionados con el análisis económico en el ciclo de vida y la optimización.

p. Procedimiento de optimización multi-período

La herramienta analítica debe brindar la capacidad de establecer proyectos prioritarios y asignar fondos optimizados entre acciones alternativas para un horizonte predefinido de planificación, tanto a corto como a largo plazo.

El procedimiento de optimización multi-periodo, se refiere a un proceso de análisis en diferentes horizontes de tiempo para la planificación. Este componente provee la capacidad de proyectar necesidades de atención de puentes considerando o no restricciones de presupuesto u operativas. El procedimiento debe dar resultados para todo o una parte del inventario de puentes, y debe considerar aspectos como: el deterioro de la estructura, el crecimiento del tránsito, los costos para el propietario y los costos para el usuario, utilizando para esto tasas de inflación, de depreciación y de costo de capital para tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Además, el procedimiento debe permitir optimizar los recursos de la *Organización* para la atención de puentes y el cumplimiento de las políticas, metas y objetivos del SGP (AASHTO, 1993).

q. Análisis de riesgos de amenazas naturales

Se obtiene cuando la herramienta analítica posee la capacidad de analizar la probabilidad de ocurrencia de eventos naturales adversos y sus consecuencias, debido a emergencias que puedan afectar el nivel de servicio esperado. En el Apartado 2.5.4 del MP-2024 Tomo I se detallan aspectos relacionados con el análisis de riesgos de amenazas naturales.

r. Capacidad de modificar parámetros y ecuaciones

La herramienta analítica debe permitir al usuario de la misma, la realización de cambios en el modelo analítico, mediante modificaciones en parámetros y en ecuaciones, permitiendo así, la revisión periódica y la actualización del modelo de deterioro y de los procedimientos de estimación de costos. Esta flexibilidad permite incorporar el criterio experto y desarrolla sensibilidad en el uso de la herramienta, ya que permite conocer cuáles parámetros son los

que más afectan los resultados. El contar con una herramienta analítica flexible promueve la realización de análisis de escenarios (AASHTO, 1993). Se debe tener claro que estas modificaciones deben ser trazables y de preferencia comunicadas a las partes interesadas.

En la Tabla 2.1 se muestran los componentes que debería tener cada tipo de herramienta analítica según el Apartado 2.5.1 del MP-2024 Tomo I.

Tabla 2.1. Componentes incluidos en cada tipo de herramienta analítica.

Componente	Herramienta analítica Básica	Herramienta analítica Intermedia	Herramienta analítica Completa
a. Base de datos	Sí	Sí	Sí
b. Incorporación de restricciones presupuestarias y otras restricciones	Sí	Sí	Sí
c. Incorporación de datos resultantes de las actividades de conservación	Sí	Sí	Sí
d. Incorporación de datos resultantes de atenciones por emergencia	Sí	Sí	Sí
e. Priorización de puentes de acuerdo con su condición y necesidades de intervención	Sí	Sí	Sí
f. Trazabilidad de las acciones ejecutadas en la herramienta	No	Sí	Sí
g. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	No	Sí	Sí
h. Capacidad de visualización de datos de inventario e inspección	Sí	Sí	Sí
i. Identificación de acciones factibles	Sí	Sí	Sí
j. Capacidad de hacer informes	Sí	Sí	Sí
k. Modelos de deterioro	No	No	Sí
l. Criterios con base en niveles de servicio	No	No	Sí

En la Tabla 2.1 se muestran los componentes que debería tener cada tipo de herramienta analítica según el Apartado 2.5.1 del MP-2024 Tomo I.

Tabla 2.1. Componentes incluidos en cada tipo de herramienta analítica.

Componente	Herramienta analítica Básica	Herramienta analítica Intermedia	Herramienta analítica Completa
m. Estimación de costos para el responsable de los puentes	No	Sí	Sí
n. Estimación de costos para el usuario	No	No	Sí
o. Minimizar el costo de conservación durante el ciclo de vida	No	No	Sí
p. Procedimiento de optimización multi-periodo	No	No	Sí
q. Análisis de riesgos de amenazas naturales	No	Sí	Sí
r. Capacidad de modificar parámetros y ecuaciones	No	No	Sí

2.5.4 Capacidad de análisis de una herramienta analítica

Como se ha mencionado anteriormente, la herramienta analítica de un SGP debe ser capaz de analizar los distintos datos de entrada para generar resultados que apoyen la toma de decisiones de atención. El análisis de datos permite identificar acciones y estrategias para optimizar el uso de recursos limitados. La decisión óptima es la que minimiza el costo y el riesgo a largo plazo, mientras se provee el nivel de servicio deseado. En una herramienta analítica completa se tendrá la capacidad de modelar el impacto en el futuro de las decisiones que se tomen en el presente, y en una herramienta analítica básica se pueden ir agregando componentes conforme las necesidades de optimizar la atención de puentes aumentan.

Los siguientes son criterios para integrar los análisis más avanzados en herramientas analíticas:

a. Integración de criterios y reglas de la *Organización*: Las decisiones determinadas por la herramienta analítica deben ser consistentes con las prácticas de la *Organización*. Para esto, deben definirse reglas para la atención de puentes en los procesos de cálculo configurados en la herramienta. Estas reglas, deben definir cuándo se aplican las distintas intervenciones, ya sean de mantenimiento, rehabilitación mayor o reconstrucción

(sustitución), de forma que permitan tomar decisiones. Dichas reglas deben de ser aplicadas a nivel de un puente individual o a nivel de red (todos los puentes), según corresponda. La definición de reglas para la atención de puentes, permite reducir el tiempo de cálculo para determinar cuáles puentes son candidatos a programas de mantenimiento, rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) (AASHTO, 2018).

En el Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I se definen algunas prácticas recomendables para desarrollar reglas de conservación de puentes, que pueden ser implementados en una herramienta analítica.

La integración de los criterios y reglas de la *Organización*, deben estar disponibles en herramientas analíticas básicas, intermedias y completas (ver Tabla 2.1).

b. Determinación de necesidades de intervención en puentes: Los datos de inventario de un puente y de la condición de sus elementos, deben ser utilizados para identificar labores requeridas de mantenimiento, rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución).

Se recomienda para su implementación a futuro, el uso de modelos de deterioro y modelos de costo-efectividad para determinar las acciones de intervención, los cuales, en conjunto permiten predecir, con ayuda de una herramienta analítica, las tasas a las cuales un puente nuevo va a requerir una intervención, y los efectos de considerar varias alternativas de intervención basados en diferentes políticas y niveles de financiamiento.

Se requiere de tiempo, información confiable, criterio y juicio experto para el desarrollo de dichos modelos cuando se implementan por primera vez en un SGP. Dichos modelos se pueden ir calibrando conforme se va adquiriendo experiencia a partir de la realización de inspección de puentes. Para mayor información sobre la implementación de modelos de deterioro y de costo-efectividad de acciones en una herramienta analítica de un SGP (AASHTO, 2018), se recomienda consultar el Volumen 1 del Reporte NCHRP 713, denominado "*Estimating Life Expectancies of Highway Assets- Volume 1: Guidebook"* (NCHRP*,* 2012*)*.

Para los tres tipos de herramientas analíticas, se deben considerar los siguientes enfoques:

- Una herramienta analítica básica, debe al menos identificar acciones por ejecutar con base en la condición de los elementos de un puente, las cuales, además deben estar de acuerdo con las reglas y criterios de la *Organización.*
- Una herramienta analítica intermedia debe implementar modelos que permitan determinar de forma objetiva y basada en juicio ingenieril, los procesos de deterioro de los elementos de puentes. Un procedimiento para implementar estos modelos de deterioro en herramientas analíticas intermedias es calcular una tasa de deterioro lineal (la cual es una aproximación o simplificación del comportamiento real), restando la

condición Satisfactoria (calificación 1) a la condición determinada en la inspección (de acuerdo con el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I) y dividirlo por los años transcurridos desde la construcción del puente. De esta forma, también se puede estimar la vida remanente como el tiempo en que se alcanza la condición última de reemplazo que acepta la *Organización* para el elemento en análisis (calificación 5 – Alarmante o calificación 6 – Falla inminente, de acuerdo con el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I), restando a esta última la condición determinada en la inspección, y dividiendo el resultado por la tasa de deterioro determinada en el paso anterior.

- Una herramienta analítica completa, debe incorporar modelos de deterioro y modelos de costo-efectividad de las acciones, que hayan sido calibrados por medio de funciones estadísticas, para predecir la condición de los puentes después de realizar una intervención o cuándo no se realiza una intervención ("*do-nothing*" como se conoce en inglés).

Cuando una *Organización* no tiene modelos de deterioro y de efectividad de las acciones, puede implementar modelos desarrollados para otros SGP a nivel nacional o internacional, para lo cual se deberá emplear tanto el buen juicio como el criterio profesional, involucrando a varios actores de experiencia en el tema, que la *Organización* considere que debe convocar. Un paso inicial es el que se propone para las herramientas analíticas intermedias. Posteriormente, conforme pasa el tiempo, periódicamente se debe ir comparando los modelos con los datos obtenidos de las inspecciones realizadas a los puentes, para evaluar su validez e ir calibrándolos a la realidad del inventario de puentes que maneja l a *Organización*.

c. Análisis económicos en el ciclo de vida: El costo directo para una *Organización* que posea un SGP no es únicamente el costo de construcción inicial de los puentes. También existen costos adicionales asociados a una inversión a largo plazo, como lo es un puente, relacionados con una serie de gastos de mantenimiento, rehabilitación mayor y reconstrucción (sustitución). Por lo tanto, un SGP debe tener una visión del ciclo de vida de un puente, dado que la *Organización* tiene una responsabilidad a largo plazo sobre el mismo. Este componente lo que busca es mejorar las medidas de intervención al implementar distintos tipos de análisis económicos durante el ciclo de vida de la estructura, lo que le permite a la herramienta no solo considerar costos iniciales sino también predecir costos operativos futuros.

Dependiendo del análisis que se quiera llevar a cabo, es posible utilizar distintas metodologías, como lo son los análisis de costos de ciclo de vida (ACCV) y los análisis costo-beneficio. Es importante mencionar que los análisis de costos de ciclo de vida se deben utilizar cuando se comparan distintas alternativas con un mismo nivel de servicio (por ejemplo, dos soluciones distintas de puentes que mantienen el mismo número de carriles),

mientras que, si se comparan alternativas o proyectos con distintos niveles de servicio (por ejemplo, un puente de un carril versus ampliarlo a dos o más carriles), debe utilizarse un análisis costo-beneficio.

La elección de las acciones de conservación debe basarse en la búsqueda del mantenimiento de una condición 1 – Satisfactoria o 2 – Aceptable de la estructura (ver Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I), el cumplimiento de los objetivos del SGP y la optimización de los costos del ciclo de vida. Las acciones de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución), deben basarse en el beneficio para los usuarios de la carretera o en dar solución a las deficiencias del puente por temas de seguridad y aseguramiento de la operación.

En una herramienta analítica completa, la *Organización* debe definir un procedimiento de análisis económico, que puede ser un análisis de costos de ciclo de vida, como parte de la capacidad de análisis de una herramienta analítica completa. Lo anterior, para que estas metodologías puedan ser utilizadas en la selección de las estrategias de mantenimiento más efectivas, que impactan los costos durante el ciclo de vida del puente.

Por otra parte, se pueden considerar análisis costo-beneficio para evaluar alternativas de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución), que a su vez tengan un componente de análisis en el ciclo de vida para considerar el costo de trabajos de conservación. Su objetivo general es evaluar una gama de beneficios y costos que van más allá de las razones inmediatas para emprender un proyecto (NCHRP, 2003). Estos análisis requieren más información y un esfuerzo mayor de cálculos. Se debe considerar los costos y beneficios económicos de diferentes alternativas de diseño, construcción y ejecución de actividades de mantenimiento en una ventana de tiempo determinada.

Ambos análisis deben incluir los costos de impacto a los usuarios por cierres parciales o totales durante las intervenciones que lo ameriten, costos debido a limitaciones de uso en los puentes (por ejemplo: restricciones de carga) y/o costos por la salida de operación de algún puente.

Para mayor información sobre la aplicación de un análisis de costos a lo largo del ciclo de vida se recomienda consultar el Reporte NCHRP 483 denominado “*Bridge Life Cycle Cost Analysis”* (NCHRP, 2003).

En una herramienta analítica intermedia, se debe implementar una forma simplificada de análisis de costos en el ciclo de vida, en donde para el caso de los costos de impacto a los usuarios se utilicen datos provenientes del MOPT para la Red Vial Nacional. Estos datos han sido recopilados por Araya-Con y Villalobos-Vega (2020), con el fin de realizar estos análisis para puentes de forma simplificada. Se recomienda el uso de estos datos con el

juicio y el criterio de profesionales con experiencia en análisis económicos en el ciclo de vida.

Una herramienta analítica básica debe, al menos, incluir datos de costos de las acciones por implementar, basado en los criterios y reglas de la *Organización*, para estimar los costos de cada intervención e ir preparando los datos que se requieren para el análisis de costos en el ciclo de vida.

d. Cuantificación del riesgo: Se obtiene cuando la herramienta analítica posee la capacidad de analizar la probabilidad de ocurrencia de eventos adversos y sus consecuencias, debido a emergencias que puedan afectar el nivel de servicio esperado. Un sistema de transporte está mejor preparado para reducir las consecuencias de un evento extremo cuando tiene redundancia (más de una ruta posible entre origen destino), robustez (capacidad de soportar los riesgos asociados con eventos adversos) y resiliencia (capacidad de recuperación rápida después de un evento generador de una emergencia). Un sistema de gestión basado en riesgo debe contribuir con estos tres atributos.

Una herramienta analítica de un SGP basado en riesgo deberá considerar la priorización de puentes no solo por su condición y características de inventario, sino también por su vulnerabilidad ante las distintas amenazas, para lo cual, se deben mejorar las prácticas de inspección y recolección de datos con el objetivo de incorporar estos aspectos de riesgo.

Para mayor información sobre cómo incorporar prácticas basadas en riesgo, en este caso para la inspección de puentes, se recomienda consultar el reporte final del proyecto denominado "*Assessing Risk for Bridge Management Final Report (NCHRP 20-07, Task 378)"* (Western, Bye, Valeo, Thompson, y Frazier, 2016).

Este componente de análisis cuantitativo del riesgo debe estar disponible para herramientas analíticas completas y puede no estar presente en herramientas analíticas intermedias o básicas. En estas últimas puede estar incluido un análisis cualitativo de riesgo ante eventos adversos. Como referencia de un análisis de riesgo por eventos extremos para el caso de un puente en Costa Rica, ver GIZ et al. (2020).

e. Priorización y optimización a nivel de red: El propósito de la priorización y optimización a nivel de red es seleccionar un grupo de proyectos de puentes, de tal forma que el beneficio derivado de la implementación de los proyectos seleccionados sea maximizado y los costos y riesgos sean minimizados.

Para esto, la herramienta analítica debe considerar escenarios con y sin restricciones presupuestarias. Cuando se considera un presupuesto ilimitado en la priorización, es posible determinar el período óptimo en el que se deben programar las alternativas seleccionadas. Cuando no se dispone de fondos suficientes para mantener un nivel de servicio deseado (restricción presupuestaria), la herramienta analítica debe calcular las

consecuencias económicas de un nivel de servicio más bajo y proporcionar alternativas para establecer prioridades de intervención de los puentes y minimizar los riesgos ("*trade-offs*" como se conoce en inglés).

Cuando un proyecto debe retrasarse, la herramienta analítica debe poder usar modelos de deterioro y modelos de costos para cuantificar los efectos en el puente y el impacto en los usuarios de la carretera, y para determinar el nuevo conjunto óptimo de acciones para ser implementadas en el puente en un período posterior. Al explorar los aplazamientos de proyectos período por período, es posible generar programas de varios años. El sistema también debe indicar el financiamiento requerido para alcanzar los objetivos de desempeño, e identificar la brecha de desempeño financiero.

El proceso de optimización y priorización también debe involucrar la toma de decisiones con varios criterios e indicadores de desempeño, que deben ser combinados de forma ponderada, como, por ejemplo: la condición del puente, los costos en el ciclo de vida, la seguridad para los usuarios, el tránsito sobre el puente y la vulnerabilidad (AASHTO, 2018). Para mayor información sobre el proceso de implementación de metodologías de priorización y optimización multi-objetivo, se recomienda consultar el Reporte NCHRP590 denominado "*Multi-Objective Optimization for Bridge Management Systems"* (NCHRP, 2007).

La optimización y priorización debe ser implementada en su totalidad en una herramienta analítica completa. En una herramienta analítica básica e intermedia, este componente debe considerar al menos criterios de priorización e indicadores de desempeño por condición de los puentes, características de tránsito y funcionalidad del puente en la Red Vial a la que pertenece, así como los costos de intervención.

2.5.5 Flujo de entrada y salida de datos en una herramienta analítica del SGP.

Como se ha indicado anteriormente, las herramientas analíticas por sí solas no conforman un Sistema de Gestión de Puentes exitoso. Por esto, el SGP requiere de la participación del personal responsable de las diferentes actividades que realiza la *Organización* encargada del SGP (ver Sección 2.2 del MP-2024 Tomo I), para ingresar datos a la herramienta analítica y dar uso a los datos de salida que se generan de los análisis, con el objetivo de planificar y ejecutar los proyectos en puentes que sean a la vez seguros y costo-efectivos.

Esta herramienta debe ser implementada de manera coordinada y concordante con la estructura organizacional, la cantidad y el tipo de datos con que cuente la *Organización*. Por esto, su implementación debe obedecer a una transición en la cual se pueda obtener la

información necesaria de manera paulatina, para satisfacer las necesidades de análisis de la *Organización* (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

En la Figura 2.5 se muestra el flujo de datos de entrada que debe existir como mínimo, desde los responsables de las diferentes actividades de la *Organización* hacia la herramienta analítica. Las actividades que realiza la *Organización* se muestran como rectángulos con bordes redondeados y sombreados, mientras que los datos de entrada que genera cada actividad se muestran como rectángulos. La herramienta analítica se representa como un rombo.

Por otra parte, en la Figura 2.6 se muestran los datos de salida, representados como rectángulos, desde la herramienta analítica hacia las distintas áreas de trabajo de la *Organización.* Las áreas de trabajo y la herramienta analítica se representan de la misma forma que en la Figura 2.5.

Al considerar conjuntamente la Figura 2.5 y la Figura 2.6 se puede observar que el flujo de datos es un ciclo. Los procesos de generación de datos se originan en las distintas actividades que realiza la *Organización* hacia la herramienta analítica. Posteriormente la herramienta procesa los datos, y los resultados son productos e información que deben ser utilizados por los responsables de actividades indicadas en la Figura 2.6. El ciclo se completa cuando las diferentes actividades que realiza la *Organización* vuelven a generar datos actualizados que deben ingresar en la herramienta analítica. Por lo tanto, el punto de enlace de estas dos figuras se da en la herramienta analítica, la cual es el eje central. Sin embargo, al mismo tiempo, sin las actividades que componen el SGP, la herramienta analítica no funciona.

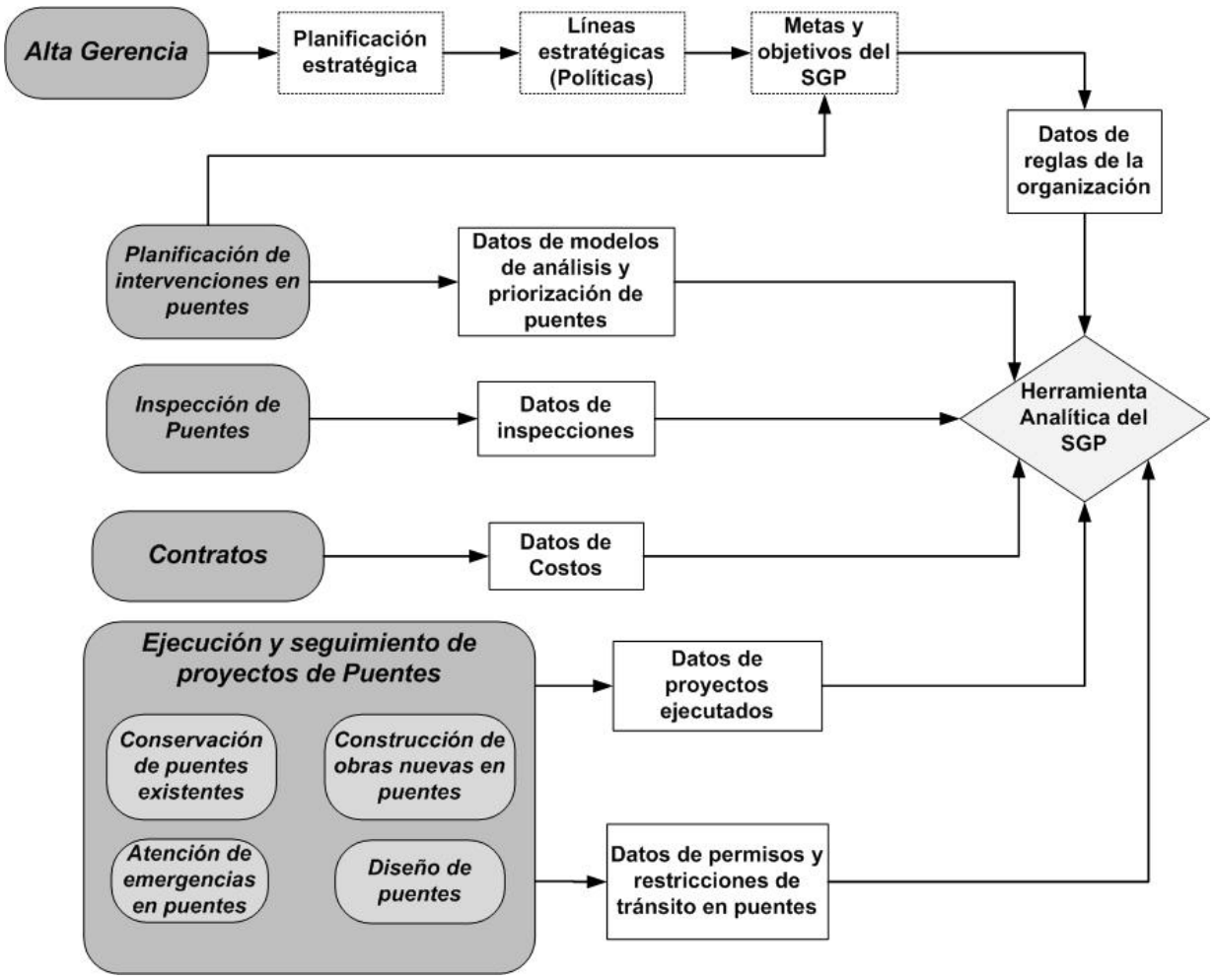


Figura 2.5. Flujo de datos de entrada que recibe la herramienta analítica de las distintas actividades que realiza la *Organización*.

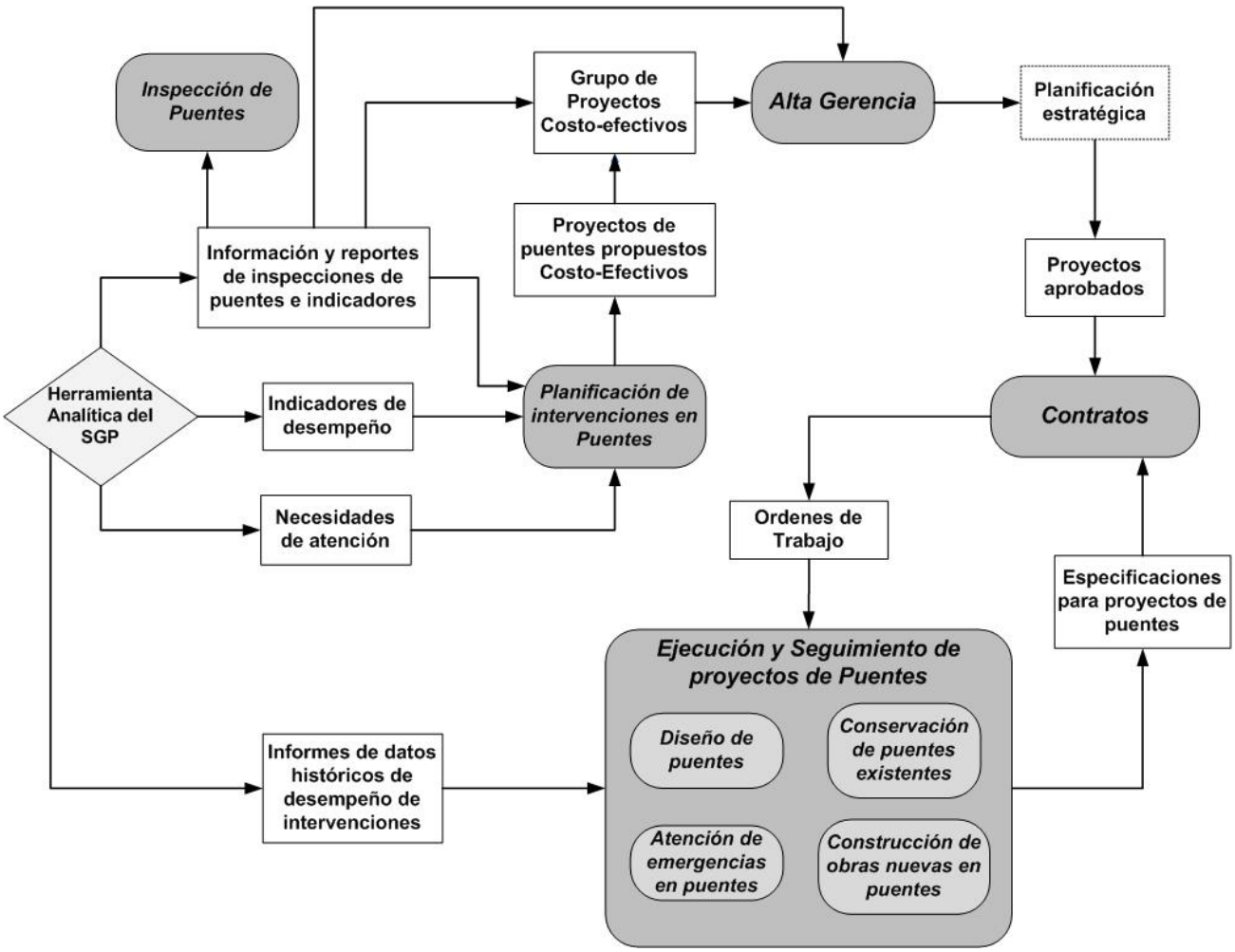


Figura 2.6. Flujo de datos de salida de la herramienta analítica hacia las diferentes actividades que realiza la *Organización*.

2.6 Pasos para la implementación de un SGP

Para lograr que las diferentes actividades que conforman un SGP, funcionen adecuadamente y lleven a la construcción de una cultura organizacional exitosa, se requiere implementar un plan de trabajo, el cual debe obedecer a un presupuesto y un cronograma. Al respecto, las referencias AASHTO (2011), INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015 e INTE/ISO 55002:2020 son una fuente valiosa para ser usada como guía en la implementación de un SGP (ver Figura 1-1 de AASHTO, 2011), especialmente en los temas de cambio organizacional y cultural (Thompson, 2020).

Es importante tener claro que para la implementación de un SGP en una *Organización* con una estructura organizacional o de jerarquías establecida, no es absolutamente necesario que

esta deba ser cambiada (Thompson, 2020). Lo importante es realizar las actividades de la Sección 2.2 del MP-2024 Tomo I y contar con el *Líder de gestión de activos* (ver Inciso 2.2.2.1 del MP-2024 Tomo I).

A continuación, se presentan los pasos generales que deben estar incluidos en el plan de implementación de un SGP definido por la *Organización* para sus características específicas (NHI, 2016b; INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020):

Paso 1 - Asegurar el apoyo de la alta gerencia. El contar con el apoyo de la alta gerencia de la *Organización* asegura los recursos (financiamiento, tiempo y personal) para la implementación del SGP. La comunicación es fundamental para obtener y mantener este apoyo, por lo cual, el personal de la alta gerencia se debe involucrar en el desarrollo del plan de implementación del SGP desde etapas iniciales. Como todo cambio de cultura organizacional, este paso es fundamental para asegurar no solo el éxito, sino también la continuidad en el largo plazo.

Paso 2 - Definir políticas, metas, objetivos e indicadores de desempeño del SGP. Las políticas y metas de un SGP establecen el rumbo a los responsables de las distintas actividades que se deben realizar en un SGP. Los objetivos de cada actividad del SGP deben ser cuantificables para determinar su cumplimiento mediante indicadores de desempeño. Es muy difícil que los recursos se utilicen eficientemente si no se tiene un rumbo claro, medible o evaluable. La misión y visión de la *Organización*, si existieran, son una buena línea base para este paso. En la Sección 2.3 del MP-2024 Tomo I se presentan recomendaciones prácticas para definir las políticas, metas, objetivos e indicadores de desempeño del SGP.

Paso 3 - Definir roles y responsabilidades. Se deben definir los roles y las responsabilidades del personal de la *Organización* para la implementación del SGP. Dependiendo de las necesidades específicas de la *Organización*, hay distintos puestos requeridos en un SGP, involucrando diversos perfiles profesionales en diferentes actividades. Las actividades y funciones que requiere un SGP se definen en la Sección 2.2 del MP-2024 Tomo I.

Paso 4 - Establecer líneas de comunicación y el formato de los informes. Se deben documentar las líneas de comunicación, y el formato de los informes necesarios para ingresar datos al SGP y comunicar información a los usuarios internos y externos del SGP. Los usuarios internos de la *Organización*, como se muestra en la Sección 2.2 del MP-2024 Tomo I, están compuestos por: el personal de la alta gerencia encargado de la planificación estratégica, el personal responsable de la gestión de los puentes, el personal responsable de la gestión de otros activos viales y el personal responsable de la gestión de contratos. Los usuarios externos, según se definió en el Apartado 2.2.4 del MP-2024 Tomo I, comprenden: el público en general, los medios de comunicación, los líderes políticos, los legisladores, las entidades de control del uso de recursos y otras organizaciones públicas o privadas que requieran información de la

Organización.

Los formatos para reportar inspecciones de puentes de inventario o rutinarias y los formatos para las actividades de conservación, se presentan en los Capítulos 6 y 9 del MP-2024 Tomo I, respectivamente.

Paso 5 - Seleccionar la herramienta analítica. Si bien es cierto la herramienta analítica es un importante componente central a través del cual circula la información y con base en la cual se toman las decisiones, sin los anteriores pasos no solo no será efectiva, sino que incluso podría no llegar a usarse del todo. Por lo tanto, la selección de la herramienta analítica es uno de los últimos pasos en la implementación de un SGP. Esta herramienta se debe adaptar a las necesidades, el presupuesto y el tamaño de la *Organización*, así como a las políticas, metas y objetivos del SGP. La herramienta analítica debe tener la capacidad de comunicar información a los distintos usuarios del SGP. Los aspectos que debe contener esta herramienta se detallan en la Sección 2.5 del MP-2024 Tomo I.

Paso 6 - Implementar la herramienta analítica. En esta etapa se debe instalar la herramienta en los sistemas informáticos de la *Organización* y vincular la herramienta con otros sistemas de información existentes. Además, se deben establecer cronogramas y procedimientos para respaldar la información.

Paso 7- Evaluar la efectividad del SGP. El plan de implementación de un SGP concluye cuando éste se encuentra operando. Sin embargo, se debe evaluar la efectividad del mismo mediante procesos de mejora continua, por ejemplo: se deben realizar planes para evaluar la efectividad de la herramienta analítica en un periodo establecido y decidir si es necesaria su actualización o reemplazo. Otro ejemplo es cuando se evalúa la forma en como el SGP apoya las metas estratégicas a corto y largo plazo, y se buscan medidas de ajuste cuando no existe un apoyo económico eficiente.

La Figura 2.7 resume de forma gráfica los pasos necesarios para implementar un SGP.



Figura 2.7. Pasos para implementar un SGP (Modificado de Agüero-Barrantes y Villalobos-Vega, 2019 y de NHI, 2016b).

2.7 Estrategias de mejora continua de un SGP

En el momento en que la *Organización* haya implementado y consolidado de forma efectiva y eficiente un SGP, es probable que empiece a requerir, tanto por factores internos como externos, de la expansión, mejora y sistematización de muchos de sus procesos. Por ejemplo, una vez que los tomadores de decisiones en los distintos niveles se sientan cómodos con el financiamiento y planeamiento de largo plazo, con la búsqueda del cumplimiento de sus políticas, metas y objetivos, que los procesos correctos tomen forma a través del SGP, y que los datos y los reportes se vuelvan familiares, es probable que empiecen a entender que se puede continuar mejorando por medio de la adopción gradual de mejores herramientas de trabajo y de análisis (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020).

Esta sección presenta algunas de estas posibles estrategias de mejora continua, que se recomienda implementen las *Organizaciones* con ese fin. Se enfatiza en que son de las principales metodologías, pero no son las únicas, y que lo mostrado es solo un resumen de su contenido, por lo que al inicio de cada apartado se presenta la bibliografía usada de referencia, la cual se invita a analizar en caso de requerir mayor detalle.

Varios de los componentes y procesos de estos enfoques de mejora continua ya están incluidos como parte del SGP, según se indica en las otras secciones del Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I. Sin embargo y como se verá en los siguientes apartados, en este siguiente paso

dichos componentes se estructuran en el SGP de forma sistemática, completa e interrelacionada, con un fuerte contenido de compromiso de los niveles más altos de la *Organización* para ello.

Aunque los enfoques de mejora continua son presentados separadamente por apartados, estos no son tópicos aislados, sino que todos se relacionan, benefician y potencian entre sí, al mismo tiempo que se pueden implementar por etapas.

Los tres enfoques de mejora continua son completamente aplicables al SGP pero no son exclusivos de puentes, sino que han sido desarrollados para ser implementados en la gestión de activos en general. Sin embargo, debido al énfasis del MP-2024 Tomo I, estos son presentados acá para ser usados exclusivamente en la gestión de puentes. En el caso de que se requiera implementar estos enfoques de mejora continua en conjunto con los otros activos que gestione la *Organización* y para los cuales se deba tomar decisiones de asignación de recursos, se recomienda revisar el Reporte NCHRP 806 denominado "*Guide to Cross-Asset Resource Allocation and the Impact on Transportation System Performance*" (NCHRP, 2015) y el uso de los análisis de decisión multi-objetivo (MODA por sus siglas en inglés para *"Multi-objective Optimization and Decision Analysis"*). También, se recomienda consultar las normas sobre gestión de activos INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015 e INTE/ISO 55002:2020.

2.7.1 Plan estructurado de un SGP

El presente apartado se basa en el documento "*Transportation Asset Management Guide: A Focus on Implementation*" (AASHTO, 2011), específicamente en su Capítulo 4, por lo que se recomienda su análisis para profundizar en el tema. Además, se recomienda consultar los aspectos contenidos en el Anexo C de la norma INTE/ISO 55002:2020 y todo lo relacionado con el plan estratégico de la gestión de activos en las normas INTE/ISO 55000:2015, INTE/ISO 55001:2015 e INTE/ISO 55002:2020.

Un elemento crítico de cualquier enfoque de gestión de activos, es desarrollar un plan de acción que sea a la vez efectivo. Un plan estructurado para la gestión de puentes (denominado de aquí en adelante como *Plan*), es una herramienta o marco de referencia esencial para implementar un compromiso hacia la gestión basada en desempeño (ver Apartado 2.7.2 del MP-2024 Tomo I), de forma que permita realizar la toma de decisiones de inversión que sustenten las políticas, metas y objetivos de la *Organización*. Este trabaja como una herramienta o plan de negocios para comunicar y rendir cuentas, por medio de explicar de forma general porqué las inversiones en puentes son necesarias y explicar también cómo ese dinero será usado. El enfoque es de largo plazo, y por lo tanto, el horizonte de análisis de un *Plan* para la asignación de fondos y prioridades, deber ser de como mínimo 10 años.

Estrictamente hablando, un *Plan* en sí es un documento de planeamiento a nivel táctico (ver Apartado 2.2.2 del MP-2024 Tomo I), pero debido a su impacto sobre la habilidad de la agencia

de llevar a cabo sus políticas, metas y objetivos, este tiene implicaciones significativas sobre todos los planes que toman lugar en la *Organización* en el tema de puentes, incluyendo las estrategias y operaciones diarias.

Aunque no es lo ideal, un *Plan* puede no necesariamente ser un único documento independiente, sino que eventualmente podría ser una colección de documentos que cumplan los mismos objetivos de hacer la gestión de puentes transparente y consistente a lo largo de la *Organización*, y en donde una manera práctica de referenciarlos por medio del *Plan*, podría ser a través de una librería virtual.

2.7.1.1 Beneficios de desarrollar un *Plan*

- Documenta el conocimiento de los puentes bajo la jurisdicción de la *Organización*, los procesos por medio de los cuales son gestionados, y los resultados de la gestión y los análisis que guían el planeamiento, la programación, la elaboración del presupuesto y la toma de decisiones.
- El primer esfuerzo de poner un *Plan* en ejecución, puede implicar trabajar con información y recursos disponibles, y haciendo esto, se pueden identificar necesidades de información adicional que puede ser recolectada y conectada con la siguiente iteración del *Plan*.
- El proceso de preparar o actualizar el *Plan* también ayuda a la agencia a incrementar su nivel de madurez, y es un ejercicio en sí para el planeamiento, tanto en el presente como en el futuro, y para comunicar información acerca de los puentes a partes interesadas y usuarios tanto internos como externos.
- Provee mecanismos para conjuntar y mejorar el proceso de toma de decisiones de diferentes partes de la *Organización*, por ejemplo, entre conservación y diseño.

2.7.1.2 Pasos para desarrollar un *Plan*

La mayoría de *Organizaciones*, incluso si no tienen un *Plan* maduro y exhaustivo implementado, ya han hecho un trabajo importante sobre algunos de sus componentes, lo cual es especialmente cierto para puentes. Para apalancar este trabajo y alcanzar los objetivos de la *Organización*, desarrollar un *Plan* es un esfuerzo colaborativo que necesita fuerte liderazgo y un compromiso de toda la *Organización*. Ahora bien, mientras que la motivación de mejorar las prácticas e implementar un *Plan* puede venir de cualquier nivel, es esencial que la decisión de aspirar a este y desarrollar e implementar un *Plan,* sea hecha en el nivel más alto apropiado de la *Organización* (alta gerencia, según el Inciso 2.2.2.1 del MP-2024 Tomo I). El periodo de implementación típicamente se enfocará en una ventana de dos a tres años durante la cual el *Plan* es robusto y relevante.

Si bien es cierto el *Plan* también incluye planes a largo plazo y pronósticos, este necesita ser revisado y actualizado regularmente con el objetivo de estar vigente, y para mantenerlo como

una herramienta activa de trabajo. Debido a este carácter cíclico, no tiene que ser perfecto al primer intento.

Los participantes en la elaboración, son: un equipo de trabajo que se deberá definir a lo interno de la *Organización* para que realice el documento, partes interesadas internas, partes interesadas externas, y los usuarios. Los participantes estarán típicamente más interesados en aquellas secciones del *Plan* que los afectan directamente o donde ellos han tenido participación, y no necesariamente en todo el documento; aun así, todas las secciones tendrán participantes que se enfocarán en su contenido, por lo que no se puede dejar ninguna a la ligera.

Los pasos generales para su implementación, son los siguientes (AASHTO, 2011):

- El proceso inicia con una autoevaluación de las políticas y prácticas con respecto a la gestión de puentes, lo cual sirve de línea base para evaluar el progreso y realizar mejoras en conexión con el *Plan*.
- Definir los objetivos del *Plan* y definir su estructura y contenido, el cual es el marco conceptual del borrador del *Plan* final.
- Redactar el contenido tomando como base documentos de la *Organización* y otras fuentes de información, incluyendo planes estratégicos, estándares de desempeño, políticas de negocios y financieras, y datos sobre el SGP.
- El borrador debe ser puesto en un proceso de revisión.
- Basándose en la revisión, el equipo de trabajo puede identificar y priorizar actualizaciones para producir un producto final para la implementación. El *Plan* final también servirá como punto de partida para el siguiente ciclo de desarrollo.

2.7.1.3 Contenido recomendado de un *Plan*

No existe una plantilla única que defina el contenido de un *Plan*, y a la vez, se debe reconocer que este necesita ser apropiado a la naturaleza y escala de la *Organización*, y a la cantidad y complejidad de puentes que gestiona. Sin embargo, este deberá aun así tener una estructura clara, y seguir un estándar que permita futuras auditorías y revisiones de procesos, así como comparación con planes de otras *Organizaciones*.

Además, se recomienda mantenerlo simple, enfocado y útil (AASHTO, 2011). Se debe buscar un equilibrio: hay beneficios en mantener el *Plan* tan simple como sea posible, pero se debe ser muy cuidadoso de que esto no resulte en un *Plan* que falle en cubrir el detalle requerido con la suficiente profundidad. Además, como un mecanismo de comunicación, entre más fácil de leer sea, mejor. Fallas comunes son: mucho detalle en las partes introductorias, muy poco detalle en el cuerpo, y confundir el propósito del *Plan* con un manual de operación.

Por lo tanto, se recomienda el siguiente enfoque basado en AASHTO (2011), “*Moving Ahead*

for Progress in the 21st Century Act" (2012) y "*Asset management plan requirements*" (2018), como contenido del *Plan*:

a. Resumen ejecutivo: Provee una visión general del *Plan*. Puede ser usado como un documento independiente, para comunicar el contenido a los oficiales electos y partes interesadas externas.

b. Introducción: Se da una descripción de las políticas, metas y objetivos de la *Organización*, así como el propósito del *Plan*, por lo que sienta las bases para el resto del documento. Tiene una descripción muy general de los puentes en cuanto a inventario y condición.

c. Indicadores de desempeño: Son los criterios usados por la agencia basándose en el establecimiento de prioridades y mandatos regulatorios relevantes (ver Sección 2.3 del MP-2024 Tomo I). Las partes interesadas son identificadas y se define un proceso para consultar con ellos los indicadores. Las capacidades existentes de la agencia para cumplir estos indicadores deben determinarse y establecer cualquier brecha de desempeño al respecto.

d. Gestión o planificación del ciclo de vida: Es muy importante tener claro que la gestión o planificación del ciclo de vida para un *Plan*, es diferente de un análisis de costos en el ciclo de vida (ACCV): El ACCV es a nivel de proyecto para comparar una o dos alternativas, incluyendo los costos de operación durante la vida útil (Araya-Con y Villalobos-Vega, 2020); la gestión o planificación del ciclo de vida en cambio, es a nivel de red, donde se determinan las necesidades de todos los puentes o un subconjunto de puentes sobre un periodo de análisis. En esta sección se describen en detalle los puentes del inventario, incluyendo su condición, desempeño, y ciclo de vida esperado. Se presentan las estrategias de ciclo de vida de todas las actividades relacionadas con puentes (mantenimiento, rehabilitación mayor, reconstrucción (sustitución), y construcción de puentes nuevos). Se deben determinar las capacidades de gestionar los puentes durante su ciclo de vida, en conjunto con los procesos para priorizar recursos cuando las intervenciones se llevan a cabo. Se recomienda revisar los documentos "*Using a Life Cycle Planning Process to Support Asset Management*" (FHWA, 2017c), "*Using an LCP (Life Cycle Planning) Process to Support Transportation Asset Management: A Handbook on Putting the Federal Guidance into Practice*" (FHWA, 2019d) y "*Life Cycle Planning – An Overview*" (FHWA, 2019b).

e. Crecimiento y demanda: Se debe evaluar el crecimiento futuro de la demanda, identificar necesidades de inversión y la capacidad de la *Organización* de responder a esta dinámica, por lo que al igual que en el Punto c., se determinan brechas de desempeño actuales y futuras.

f. Análisis de gestión del riesgo: Se identifican los riesgos que pueden afectar la condición y el desempeño de los puentes. Ver el Apartado 2.7.3 del MP-2024 Tomo I y particularmente el documento "*Incorporating Risk Management into Transportation Asset Management Plans*" (FHWA, 2017b).

g. Plan financiero: Se relaciona con las necesidades del programa y los costos identificados en el *Plan*. Documenta cómo la agencia planea alcanzar los objetivos de desempeño durante el periodo de análisis de 10 años, año por año. Utiliza pronósticos financieros de la *Organización* para dar soporte a los procesos anuales de presupuestos del nivel operativo, por lo que brinda además un enlace entre la brecha de las acciones a corto plazo con las estrategias de largo plazo. Sus componentes son: necesidades de recursos y usos, fuentes de ingresos, brechas financieras, escenarios de inversión, plan de inversión recomendado, así como otros asuntos financieros y de presupuesto que afecten la gestión de puentes. Se aconseja revisar el documento "*Developing TAMP Financial Plans*" (FHWA, 2017a), así como la serie de cinco reportes del FHWA relacionados con planes financieros para gestión de activos (2015a, 2015b, 2015c, 2015d, 2016a).

h. Prácticas de gestión de puentes: Cubre los procesos organizacionales actuales y de sistemas de información que soportan la toma de decisiones del SGP. Como una autoevaluación de las prácticas de gestión, se discuten expectativas de calidad y se identifican necesidades de datos.

i. Estrategias de inversión y plan de mejora: Es un plan de trabajo para mejorar los procesos de gestión de puentes de su estado vigente al deseado, según se indique en el *Plan*. El punto de partida es la brecha en el desempeño identificada en los puntos previos. Incluye una descripción de problemas anticipados y factores de riesgo en la ejecución del *Plan*.

j. Apéndices: Tablas, casos de estudio, documentación, y todo material que soporte el *Plan*. Información técnica detallada es a menudo presentada en esta sección.

2.7.2 SGP basado en desempeño

El presente apartado se basa en la guía "*TPM Guidebook*" (FHWA, 2016b), en el documento "*Performance-Based Planning and Programing Guidebook*" (FHWA, 2013a), y en el curso "*FHWA-NHI-130109B: Performance-Based Management of Bridges*" (NHI, 2016c), por lo que se recomienda su revisión para encontrar más detalle.

Antes que todo, es necesario dejar en claro que la gestión basada en desempeño aplicada a activos, en este caso a puentes, no es otra forma diferente de hacer gestión o que rivalice con la gestión de activos desarrollada en este Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I, sino que están

directamente relacionadas. De hecho, la Sección 2.3 del MP-2024 Tomo I trata específicamente sobre el establecimiento de las políticas, metas, objetivos e indicadores de desempeño de la *Organización*, el cual es el punto de partida de la gestión basada en desempeño.

Siguiendo con el punto anterior, y de acuerdo con el documento "*The Relationship Between Asset Management and Performance Management (NCHRP 20-24, Task 58)*" (Cambridge Systematics, Inc., 2012), la gestión de activos puede definirse en este contexto, como un enfoque estratégico basado en desempeño, que se centra en cómo las políticas y la asignación de recursos afectan aspectos como la seguridad, las operaciones y la condición de la infraestructura; es decir, la gestión de activos es vista en este caso como una aplicación de la gestión basada en desempeño. Según el documento "*Linking Performance and Asset Management*" (FHWA, 2019c), la gestión basada en desempeño es un enfoque para gestionar los resultados de desempeño del sistema de activos, y la gestión de activos es la aplicación de este enfoque a la gestión de la condición de los activos de infraestructura que proveen movilidad y seguridad al sistema de transporte; es decir, la gestión de activos es vista como el motor que impulsa el desempeño de la infraestructura.

De esta manera, la gestión de puentes basada en desempeño se puede definir como un enfoque estratégico que utiliza sistemas de información para la toma de decisiones de inversiones y estrategias, con el objetivo de alcanzar las políticas, metas y objetivos de la *Organización*. En su forma más simple, se puede ver como un enfoque sistemático manejado por datos ("*data-driven*" como se conoce en inglés), lo cual implica una necesidad constante por recolectar más datos, y una tendencia a la mejora en los inventarios y sistemas de información.

El ciclo inicia con un objetivo expresado como un indicador de desempeño. Luego existe un proceso continuo de ajuste que monitorea su desempeño, así como las acciones implementadas por la *Organización* para mejorar y alcanzar sus políticas, metas y objetivos. Este proceso permite además identificar problemas que deben ser resueltos y aprender de los éxitos y fallas.

Uno de los aspectos más importantes de la gestión de puentes basada en desempeño, es que permite mejorar los esfuerzos de la *Organización* hacia la costo-efectividad en la toma de decisiones de las intervenciones. Lo anterior es fundamental para poder migrar del enfoque de atender el peor caso primero o de atención reactiva (dirigir los recursos hacia la rehabilitación mayor o la reconstrucción (sustitución) de los puentes en peor condición), hacia la inversión en el mantenimiento de puentes en mejor condición (ver Apartado 2.1.2 del MP-2024 Tomo I). Si bien es cierto la gestión de puentes basada en desempeño no prescribe estrictamente los métodos para llevar a cabo esto, si describe los procesos que resultarán en la combinación óptima de intervenciones para cada puente en particular, en conjunto con las responsabilidades

financieras.

Por último, la gestión de puentes basada en desempeño es una herramienta muy útil para fortalecer la transparencia y la rendición de cuentas, tanto a lo interno como a lo externo de la *Organización*.

2.7.2.1 Beneficios de la gestión basada en desempeño

Algunos beneficios de implementar prácticas de gestión basada en desempeño, son (FHWA, 2016b):

- Creación de un enfoque unificado para la *Organización*.
- Priorización de inversiones basadas en necesidades de desempeño.
- Retroalimentación cíclica entre las decisiones y los resultados.
- Conexión entre las actividades individuales de los funcionarios y las políticas, metas y objetivos de la *Organización*.
- Toma de decisiones transparente.
- Establece un eslabón entre la solicitud de fondos y el desempeño del sistema.
- Permite comunicar los beneficios de las inversiones realizadas en los activos.

2.7.2.2 Componentes de la gestión basada en desempeño

En su forma más básica, la gestión basada en desempeño puede ser representada por el ciclo de la Figura 2.8, cuyos componentes se explican a continuación (NHI, 2016c). Para hacer referencia a representaciones más completas, ver la Figura Intro-2 de FHWA (2016b), la Figura ES-1 de FHWA (2013a), o la Figura 1 de Cambridge Systematics, Inc. (2012).

a. **Establecer los indicadores de desempeño:** Ver Apartado 2.3.4 del MP-2024 Tomo I.

b. **Monitorear el desempeño:** El siguiente paso es monitorear los indicadores de desempeño, y reportar a la *Organización* el avance hacia el alcance de los resultados. Se utilizan tablas y gráficos para reportar la condición de los puentes y su cambio en el tiempo. Los análisis y la información del SGP, puede ayudar a la *Organización* a entender la razón por la cual no se están alcanzando ciertos indicadores.

c. **Tomar acciones:** Las *Organizaciones* que consistentemente progresan hacia el cumplimiento de sus políticas, metas y objetivos, empiezan por entender los principales factores que afectan el desempeño. Puede requerir de tiempo el notar la relación entre una estrategia de gestión de puentes y el cumplimiento de un indicador dado; de hecho, la *Organización* podría descubrir que una sola acción no es suficiente para cumplir un objetivo

específico. Mas aún, las *Organizaciones* podrían requerir reconsiderar los factores influyentes cada cierto tiempo, en tanto las situaciones y la condición de los puentes cambien. Es importante tener claro que las acciones podrían mostrar una mejora significativa, modesta o nula, y esta además podría evidenciarse de forma rápida o lenta; por lo tanto, es esencial definir lo más exacto posible los factores primarios que influyen en los resultados, lo cual es necesario para demostrar que las acciones han alcanzado los resultados deseados.

d. Patrón de mejora continua: Si los indicadores son alcanzados, se podrían establecer nuevos. Si no son alcanzados, primero es necesario redireccionar más recursos; segundo, reconsiderar los factores que podrían influenciar los resultados; y tercero, reconsiderar el indicador de desempeño. La principal idea es, después de todo, mantener a la *Organización* motivada y trabajando hacia el logro de objetivos.

Como recomendación, una forma general de llevar a cabo este proceso durante su implementación es usar como base algunos de los lineamientos de "*National Performance Management Measures"* (2017). Según esto, es necesario aplicar simultáneamente dos estrategias, a saber: determinación de progreso significativo y revisión de la condición mínima.

- Progreso significativo: Se establece una línea base de la condición, y a partir de ahí, los indicadores de desempeño que serán el objetivo por alcanzar. Los periodos de desempeño son de 4 años, pero el monitoreo de los indicadores se realiza y reporta cada 2 años. El monitoreo interciclo (primeros 2 años), es utilizado para revisar el avance, y se permiten ajustar de forma justificada los indicadores en caso de que se obtenga mejor información de línea base o porque las condiciones cambiaron. Si en el reporte de monitoreo a los 4 años (al final del periodo de desempeño) los indicadores son alcanzados, implica el cumplimiento, y si no, se debe adicionalmente reportar las causas y establecer un plan de mejora.
- Condición mínima Se establece un indicador de condición mínima, el cual se monitorea anualmente. Si este no se cumple por 3 años consecutivos, es obligatorio utilizar recursos presupuestarios para resolver el problema.



Figura 2.8. Ciclo básico de la gestión basada en desempeño (Modificado de NHI, 2016c).

2.7.3 Gestión del riesgo en un SGP

El presente apartado se basa en el documento "*Guide for Enterprise Risk Management*" (AASHTO, 2016), por lo que se recomienda su análisis para profundizar en el tema. También se recomienda ver NCHRP (2016), la cual es una guía resumida del documento anterior. Por último, se aconseja revisar el documento "*Incorporating Risk Management into Transportation Asset Management Plans*" (FHWA, 2017b), el cual está muy relacionado con los dos mostrados previamente, la serie de seis reportes del FHWA sobre gestión de activos de transporte basada en riesgo (2012a, 2012b, 2012c, 2012d, 2013b, 2013c), y la norma INTE/ISO 31000:2018 sobre las directrices para la gestión del riesgo.

Es importante enfatizar primero, que la gestión del riesgo en un SGP y en el contexto del MP-2024 Tomo I no reemplaza ni es algo totalmente distinto o ajeno a la gestión de puentes en sí ni a la gestión basada en desempeño presentada en el apartado anterior, sino que, todo lo contrario, complementa a ambos enfoques de por sí relacionados (ver Figura 2.9). AASHTO (2016) lo explica figurativamente de la siguiente manera: si la gestión basada en desempeño y la gestión de activos son el transporte de los objetivos estratégicos (siendo la gestión de activos el motor), la gestión del riesgo es el sistema de navegación. Una importante implicación de lo anterior es que, sin un adecuado control y manejo de los riesgos, se vuelve muy difícil que la agencia pueda garantizar cumplir los niveles de desempeño propuestos.

La relación entre el riesgo y el desempeño se vuelve más profunda conforme los objetivos

de desempeño se vuelven más ambiguos, sofisticados y de largo plazo. También, basándose en el ambiente actual de inversión en transportes (disposición de fondos impredecibles, precios volátiles de los materiales y del crudo, habilidad de la propia agencia de realizar las intervenciones de gestión adecuadas), muchas *Organizaciones* podrían no llegar a tener los recursos para alcanzar sus objetivos, por lo que deberán recurrir a "*trade-offs*" que traen consigo riesgos asociados, como, por ejemplo, bajar o incluso eliminar algunos objetivos importantes.

Todas estas decisiones pueden esclarecerse cuando las políticas, metas y objetivos son vistos a través de los lentes de aquellas opciones que reducen los riesgos de las prioridades más importantes, tales como reducir el riesgo a la seguridad, gestión del desempeño, o costos futuros (FHWA, 2017b). De todas formas, de acuerdo con AASHTO (2016), si los riesgos y las incertidumbres son inevitables, fallar en prepararse para estos podría llegar a ser irresponsable.



Figura 2.9. La gestión del riesgo complementa la gestión de puentes basada en desempeño (Modificado de AASHTO, 2016).

2.7.3.1 Gestión del riesgo empresarial de puentes

Si bien es cierto la gestión del riesgo y la gestión de activos en el pasado han sido dos disciplinas profesionales distintas, cada una son sus propios datos, técnicas, jerga y métodos de gestión, la premisa acá es que la parte de gestión de riesgos puede ser incorporada dentro de la gestión de puentes, de forma tal que los riesgos concernientes puedan ser completamente incorporados y apropiadamente considerados en las decisiones sobre proyectos prioritarios, colocación de recursos, y gestión del desempeño (Western et al., 2016).

En relación con lo anterior, en el presente capítulo del MP-2024 Tomo I, específicamente el Apartado 2.2.1, el Punto q del Apartado 2.5.3. y el Punto d del Apartado 2.5.4, así como en el

Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I, se presentan disposiciones que tratan sobre análisis del riesgo en el SGP. No solo eso, se sabe que las distintas *Organizaciones* de una forma u otra realizan análisis de riesgo en muchas de sus decisiones y procesos, incluso sin contar con un SGP establecido. Este tipo de análisis se lleva a cabo en muchas ocasiones hasta el nivel de proyecto, para establecer amenazas al costo, alcance, cronograma, calidad y debido al impacto de eventos extraordinarios como lo son por ejemplo los terremotos.

A diferencia de este uso común del concepto de riesgo, acá se define más que propiamente como una amenaza, más bien como los efectos positivos o negativos de la incertidumbre o variabilidad sobre los objetivos de una *Organización* como tal (AASHTO, 2016). Lo anterior implica en primer lugar que los riesgos no siempre son negativos; segundo, no son solo a la seguridad, sino que también a la gestión del desempeño; y tercero, implica la gestión de oportunidades, lo cual significa que toda *Organización* necesita tomar riesgos informados para alcanzar sus objetivos.

La gestión de riesgo como proceso sería, por lo tanto, la aplicación consciente, estructurada y sistemática, de políticas, procedimientos, y prácticas para esta identificación y gestión de la incertidumbre o variabilidad, con el fin de lograr las políticas, metas y objetivos de la *Organización* (AASHTO, 2016).

El siguiente paso sería que dicho proceso se sistematice para toda la *Organización* a todo nivel (empresarial, programas, proyectos y actividades, en orden descendente de complejidad), y no solo en ciertas unidades. A este proceso se le conoce como gestión del riesgo empresarial o corporativo. Como es a nivel general de toda la *Organización*, incluye riesgos tales como: salud y seguridad, operacionales, políticos, regulatorios o normativos, de información, naturales, financieros, legales, fraude o malversación de fondos, entre otros.

2.7.3.2 Beneficios de la gestión del riesgo empresarial en un SGP

- Incrementa la credibilidad de la *Organización* por medio de reconocer las incertidumbres que rodean objetivos complejos, como por ejemplo el sostener en el largo plazo la condición de los puentes.
- Demuestra oportuna diligencia por medio de documentar los riesgos que la *Organización* enfrenta e ilustra los pasos tomados para mitigarlos.
- Mejora el desempeño por medio de prepararse para las incertidumbres que puedan impedir alcanzar las políticas, metas y objetivos de la *Organización*.
- Reduce las amenazas al público.
- Promueve la innovación por medio de recalcar que el manejo de riesgos se trata no sólo de situaciones negativas, sino también de capitalizar las oportunidades.

2.7.3.3 Componentes básicos e implementación de la gestión del riesgo empresarial

Previo a establecer las recomendaciones generales para su implementación, es necesario recalcar que la recomendación hacer los procesos demasiado complicados (AASHTO, 2016). Si bien es cierto las *Organizaciones* son complejas, el riesgo empresarial no debería serlo, y los que lo han implementado sostienen que no es ni caro, ni complejo, ni difícil de entender, al menos a este nivel general.

Los tres componentes básicos en la implementación de la gestión del riesgo empresarial, se explican brevemente a continuación (AASHTO, 2016):

a. **Establecer políticas de gestión del riesgo:** Es claro que la gestión del riesgo implica un cambio de cultura organizacional. Como tal, es necesario el involucramiento de los niveles más altos de la *Organización* según corresponda (ver Inciso 2.2.2.1 del MP-2024 Tomo I), y por lo tanto, un primer paso es el establecimiento de una política clara que indique de que se adoptará e integrará la gestión del riesgo dentro del planeamiento estratégico y la gestión basada en desempeño, seguido por la consignación de recursos y finalmente la asignación de responsabilidades.

b. **Crear herramientas de gestión del riesgo:** Es necesario proveer de herramientas (que no necesariamente tienen que ser informáticas ni mucho menos sofisticadas), para que los funcionarios entiendan el riesgo y sean exitosos gestionándolo. Existen varias herramientas disponibles, pero se recomienda usar como marco de referencia el enfoque cíclico de las normas sobre gestión del riesgo INTE/ISO 31000:2018 e INTE/ISO/IEC 31010:2012, cuyos pasos generales son: establecer el contexto, identificar el riesgo, analizar el riesgo, evaluar el riesgo, establecer la forma de gestionarlo (tolerarlo, tratarlo, transferirlo, terminarlo o tomar ventaja), comunicar y consultar, monitorear y revisar.

c. **Integrar la gestión del riesgo dentro de los procesos clave:** De forma tal que la gestión del riesgo se engrane tanto con los objetivos estratégicos como con las tareas diarias. Un paso particularmente útil es la revisión de los riesgos cuando se revisa el desempeño.

2.8 Capacitación en gestión de puentes

El objetivo principal de los cursos de capacitación sobre gestión de puentes es brindar sus fundamentos. La *Organización* debe encargarse de capacitar al personal responsable de las diferentes actividades señaladas en la Figura 2.2 (INTE/ISO 55000:2015; INTE/ISO 55001:2015; INTE/ISO 55002:2020). A continuación, se enlistan las temáticas que deben abarcar los cursos de capacitación relacionados con la gestión de puentes.

2.8.1 Temáticas de capacitaciones enfocadas en la gestión de puentes

a. Fundamentos de gestión de puentes

- Conceptos de gestión de puentes.
- Descripción de estructuras organizacionales típicas para gestión de puentes.
- Componentes de un SGP.
- Herramientas generales utilizadas en los SGP.
- Priorización y asignación de fondos
- Preparación de un plan para implementar un SGP en una *Organización*.
- Prácticas efectivas utilizadas en los SGP.
- Ejemplos exitosos de aplicación de un SGP en una *Organización.*

b. Gestión de puentes basado en desempeño

- Integración de un programa de atención de puentes basado en desempeño en un SGP.
- Estructura de un modelo de negocios de gestión basado en desempeño.
- Desarrollo de indicadores de desempeño.
- Métodos para determinar si las acciones por implementar son costo-efectivas.
- Consideraciones cuando se evalúa el riesgo.
- Estrategias para comunicar y reportar acciones y resultados de gestión de puentes basado en desempeño, a otras partes interesadas de la *Organización* y al público en general.

2.8.2 Temáticas de capacitaciones enfocadas en la herramienta analítica para gestión de puentes

a. Elección de herramientas analíticas para un SGP

- Uso de herramientas analíticas para dar soporte a la gestión de puentes de una *Organización*.
- Pasos necesarios para elegir una herramienta analítica para gestión de puentes.
- Relación entre las necesidades de gestión de puentes y los componentes para implementar en la herramienta analítica.

- Herramientas de comunicación para implementar en una herramienta analítica.

b. Uso de la herramienta analítica elegida por la *Organización*

- Uso de la herramienta analítica para dar soporte a la gestión de puentes de una *Organización*.
- Visualización, ingreso y edición de datos de inspecciones de puentes de inventario y rutinarias, datos históricos, datos de mantenimiento y rehabilitación mayor, datos de costos, datos de inspecciones detalladas, datos de otros tipos de inspecciones y datos de evaluación estructural de puentes.
- Desarrollo, actualización, optimización e interpretación de reglas de intervención de puentes.
- Ingreso de datos de entrada para priorización, simulaciones y análisis de la red de puentes y para otras capacidades de análisis de la herramienta.
- Creación y priorización de proyectos de atención de puentes con base en los resultados de la herramienta.
- Generación e interpretación de reportes que emite la herramienta.
- Configuración de la visualización de datos en la herramienta.
- Consultas a la base de datos desde la herramienta.

2.8.3 Temáticas de capacitaciones enfocadas en gestión de activos de transporte en general

Estas temáticas no solo abarcan puentes; sin embargo, tienen conceptos que deberían ser conocidos por los responsables de la gestión de puentes de una *Organización*.

a. Visión general de la gestión de activos de transporte

- Importancia y definición de la gestión de activos de transporte.
- Descripción de los principios y prácticas de gestión de activos de transporte utilizadas para tomar decisiones de inversión informadas.

b. Introducción a la gestión de activos de transporte

- Promoción del uso de los principios y conceptos de gestión de activos dentro de la *Organización*.
- Definición del papel del participante en el apoyo a los esfuerzos de gestión de activos de la *Organización*.

- Identificación de las fortalezas y debilidades del programa de gestión de activos de la *Organización* a la que pertenece el participante.
- Identificación de estrategias para avanzar en el uso de los principios de gestión de activos de la *Organización* a la que pertenece el participante.

c. Planificación para la gestión de activos de transporte

- Uso de planes de gestión de activos de transporte en las *Organizaciones de transporte*.
- Contenido típico de un plan de gestión de activos de transporte.
- Componentes fundamentales para la gestión de activos de transporte, incluidas las proyecciones de rendimiento y el resumen financiero.
- Ejemplos de planes de gestión de activos de transporte en varios niveles de madurez.
- Uso actual e histórico de un plan de gestión de activos de transporte en Organizaciones estatales de carreteras.
- Identificación de estrategias para incorporar el riesgo en las decisiones de inversión.
- Explicación de cómo determinar si una *Organización* está haciendo inversiones sostenibles a largo plazo en sus activos.
- Participación esperada del personal de la *Organización* en el desarrollo y actualización de los planes de gestión de activos de transporte.
- Desarrollo de un plan de gestión de activos de transporte que coincida con la cantidad de datos y la sofisticación de las herramientas de análisis disponibles.

d. Planeamiento financiero para la gestión de activos de transporte

- Descripción del propósito y los beneficios de la planificación financiera.
- Enumeración de los componentes de un plan financiero.
- Identificación de las partes interesadas que son contribuyentes esenciales para el desarrollo de un plan financiero.
- Identificación de los factores clave que influyen en las estrategias de inversión para cumplir los objetivos de condición de los activos.
- Explicar las relaciones entre el plan financiero y otros planes, programas y presupuestos de la *Organización.*

- Creación de un esquema que identifique los componentes del plan financiero y describa para cada componente: el contenido requerido factores clave que influyen en el desarrollo los actores involucrados en el desarrollo del componente y los roles y responsabilidades de cada parte interesada.
- Identificación de las brechas en las políticas, los datos y los procesos que la *Organización* debe abordar para desarrollar el plan financiero, utilizando el esquema del plan financiero.
- Recomendaciones de los próximos pasos que la *Organización* podría tomar para desarrollar el plan financiero.

e. Gestión del riesgo

- Reconocimiento de la conexión entre la gestión efectiva de riesgos y el logro de los objetivos de la *Organización*.
- Pasos del proceso de gestión de riesgos para identificar y desarrollar estrategias de riesgo.
- Aplicación del proceso de gestión de riesgos a la toma de decisiones dentro de una *Organización*.

2.8.4 Temática de capacitaciones enfocados en liderazgo, gestión y motivación de equipos de trabajo

La capacitación en temáticas de liderazgo, gestión y motivación de equipos de trabajo deben incluir:

a. Desarrollo de habilidades y competencias para crear y dirigir equipos cohesionados y efectivos.

b. Aportes que debe realizar el líder de un equipo para que su trabajo sea rentable y así se perciba por su organización y las personas bajo su responsabilidad.

c. Claves que el líder del equipo debe tener en cuenta para construir un equipo solvente, estable y eficaz.

d. Labores y roles que desarrolla un líder eficaz.

e. Criterios que tiene que desarrollar y transmitir un líder.

f. Rutinas de trabajo que distinguen a los líderes eficaces.

g. Criterios que debe seguir el líder al tomar determinadas decisiones.

h. Diferentes estilos para el ejercicio del liderazgo.

i. Gestión de los objetivos para que ayuden a dirigir los esfuerzos en las organizaciones.

j. Mejora de las habilidades de los miembros del equipo para facilitar la gestión del cambio, la adaptación a los roles, la negociación y la gestión de los conflictos.

k. Claves de la motivación de las personas.

l. Mejoras en la comunicación con el equipo.

m. Planificación de proyectos en equipo y la gestión de sus plazos de realización.

n. Cambio de inercias poco satisfactorias en los equipos ya creados.

2.9 Bibliografía

AASHTO. (1993). *Guidelines for Bridge Management Systems.* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2011). *Transportation Asset Management Guide: A Focus on Implementation.* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2016). *Guide for Enterprise Risk Management.* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2018). *The Manual for Bridge Evaluation (3° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2020). *Guide Specification for Service Life Design of Highway Bridges (1° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Agüero-Barrantes, P., y Villalobos-Vega, E. (2019). Gestión de puentes (Entrega I): Componentes básicos e implementación. *Programa de Ingeniería Estructural, Unidad de Puentes, Boletín Estructuras, 4*(1).

Araya-Con, M., y Villalobos-Vega, E. (2020). *Asesoría al CONAVI para el denominado "Programa de intervención de puentes en estado deficiente"-Parte 2: Análisis de costos de ciclo de vida (Proyecto n.° LM-PIE-UP-A01-2020_Versión n.° 2).* San José: Programa de Ingeniería Estructural, LanammeUCR.

Asset management plan requirements, 23 C.F.R. § 515.9 (2018).

Caltrans. (2016). *California Bridges and Structures Strategic Direction.* California: California Department of Transportation.

Cambridge Systematics, Inc. (2012). *The Relationship Between Asset Management and Performance Management (NCHRP 20-24, Task 58).* Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

FHWA. (2012a). *Risk-Based Transportation Asset Management Literature Review (Publication n.° FHWA-HIF-12-036).* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2012b). *Risk-Based Transportation Asset Management Report 1: Evaluating Threats, Capitalizing on Opportunities (Publication n.° FHWA-HIF-12-035).* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2012c). *Risk-Based Transportation Asset Management Report 2: Examining Risk-Based Approaches to Transportation Asset Management (Publication n.° FHWA-HIF-12-050).* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2012d). *Risk-Based Transportation Asset Management Report 3: Achieving Policy Objectives by Managing Risks (Publication n.° FHWA-HIF-12-054).* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2013a). *Performance-Based Planning and Programming Guidebook (Publication n.° FHWA-HEP-13-041).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

FHWA. (2013b). *Risk-Based Transportation Asset Management Report 4: Managing Risks to Networks, Corridors, and Critical Structures (Publication n.° FHWA-HIF-13-017).* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2013c). *Risk-Based Transportation Asset Management Report 5: Building Resilience into Transportation Assets (Publication n.° FHWA-HIF-13-018).* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2015a). *Asset Management Financial Report Series Report 1: An Overview (Publication n.° FHWA-HIF-15-008).* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2015b). *Asset Management Financial Report Series Report 2: Components of a Financial Plan (Publication n.° FHWA-HIF-15-017).* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2015c). *Asset Management Financial Report Series Report 3: Managing Risks and Using Metrics in Transportation Asset Management Financial Plans (Publication n.° FHWA-HIF-15-020).* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2015d). *Asset Management Financial Report Series Report 4: Integrating Financial Plans into the Planning, Programming, and Budgeting Processes (Publication n.° FHWA-HIF-16-001).* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2016a). *Asset Management Financial Report Series Report 5: Incorporating Asset Valuation into Transportation Asset Management Financial Plans (Publication n.° FHWA-HIF-16-009).* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2016b). *TPM Guidebook.* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

FHWA. (2017a). *Developing TAMP Financial Plans.* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2017b). *Incorporating Risk Management into Transportation Asset Management Plans.* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2017c). *Using a Life Cycle Planning Process to Support Asset Management.* Washington, D.C: Office of Asset Management, Federal Highway Administration.

FHWA. (2018). *Bridge Preservation Guide-Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility (Publication n.° FHWA-HIF-18-022).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

FHWA. (2019a). *Bridge Bundling Guidebook-An Efficient and Effective Method for Maintaining and Improving Bridge Assets (Publication n.° FHWA-HIF-19-057).* Federal Highway Administration: Washington, D.C.

FHWA. (2019b). *Life Cycle Planning-An Overview.* Washington, D.C: Transportation Asset Management Expert Task Group, Federal Highway Administration.

FHWA. (2019c). *Linking Performance and Asset Management (Publication n.° FHWA-HIF-19-073).* Washington, D.C: Transportation Asset Management Expert Task Group, Federal Highway Administration.

FHWA. (2019d). *Using an LCP (Life Cycle Planning) Process to Support Transportation Asset Management: A Handbook on Putting the Federal Guidance into Practice (Publication n.° FHWA-HIF-19-006).* Washington, D.C: Office of Infrastructure, Federal Highway Administration.

GIZ, CFIA, CNE, CONAVI, DCC, Egineers Canada,…MOPT. (2020). *Evaluación de riesgo de la infraestructura ante el cambio climático-Puente sobre el Río Tempisque, Ruta 21, Liberia, Guanacaste.* San José, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

INTECO. (2012). *Gestión del riesgo. Técnicas de valoración del riesgo* (INTE/ISO/IEC 31010:2012). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2015a). *Gestión de activos. Aspectos generales, principios y terminología. Requisitos* (INTE/ISO 55000:2015). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2015b). *Gestión de activos. Sistemas de gestión. Requisitos* (INTE/ISO 55001:2015). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2018). *Gestión del riesgo - Directrices* (INTE/ISO 31000:2018). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2020). *Gestión de activos. Sistemas de gestión. Directrices para la aplicación de la INTE ISO 55001* (INTE/ISO 55002:2020). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

Interested parties, public involvement, and consultation, 23 C.F.R. § 450.210 (2011).

Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act of 2012, 23 U.S.C. § 101 (2012).

National Performance Management Measures, 23 C.F.R. § 490 (2017).

NCHRP. (1987). *NCHRP Report 300: Bridge Management Systems.* Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board .

NCHRP. (2003). *NCHRP Report 483: Bridge Life Cycle Cost Analysis.* Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

NCHRP. (2007). *NCHRP Report 590: Multi-Objective Optimization for Bridge Management Systems.* Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

NCHRP. (2012). *NCHRP Report 713: Estimating Life Expectancies of Highway Assets-Volume 1: Guidebook.* Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

NCHRP. (2015). *NCHRP Report 806: Guide to Cross-Asset Resource Allocation and the Impact on Transportation System Performance.* Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

NCHRP. (2016). *Managing Risk Across the Enterprise: Final Quick Guide for State Departments of Transportation (NCHRP 08-93).* Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

NHI. (2016a). *FHWA-NHI-130106B: Establishing a Bridge Preservation Program*. Curso en línea. National Highway Institute, Federal Highway Administration, Washington, D.C, Estados Unidos de América.

NHI. (2016b). *FHWA-NHI-130109A: Bridge Management Fundamentals*. Curso en línea. National Highway Institute, Federal Highway Administration, Washington, D.C, Estados Unidos de América.

NHI. (2016c). *FHWA-NHI-130109B: Performance-Based Management of Bridges*. Curso en línea. National Highway Institute, Federal Highway Administration, Washington, D.C, Estados Unidos de América.

Thompson, P. (2020). *Bridge Management Systems*. Curso de capacitación. LanammeUCR, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Western, J., Bye, P., Valeo, M., Thompson, P. D., y Frazier, E. (2016). *Assessing Risk for Bridge Management Final Report (NCHRP 20-07, Task 378).* Washinghton, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

3

Tipos e intervalo de inspección

3.1 Inspección de puentes..... 3/2

3.2 Tipos de inspección..... 3/2

3.3 Intervalo de inspecciones..... 3/7

3.4 Hallazgos críticos..... 3/14

3.5 Bibliografía..... 3/15

3.1 Inspección de puentes

La inspección de puentes es la acción de reconocer o evaluar una estructura tipo puente y los elementos conexos. De acuerdo con lo anterior, a cada tipo de inspección de puentes se le pueden asociar al menos dos e incluso simultáneamente todos los siguientes objetivos:

- Determinar la condición global del puente, de sus componentes y elementos (ver Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I).
- Identificar deficiencias (lo cual incluye daños y deterioros).
- Inventariar la estructura.
- Documentar los resultados en un reporte de inspección.

La información obtenida por el *Organismo de inspección de puentes* (OIP) (ver Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I) durante las inspecciones, se utiliza para mantener segura y en condiciones óptimas de servicio a los diversos puentes que se encuentran bajo la jurisdicción de una misma *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como *Organización*) (ver Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I), a través de la determinación de las necesidades de atención y toma de decisiones informadas a nivel de gestión, ya sean de mantenimiento, rehabilitación menor (que no implica mejoras en la capacidad de carga u operativa del puente), rehabilitación mayor (que implica mejoras en la capacidad de carga u operativa del puente) o reconstrucción (sustitución) (ver Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I).

La información que se presenta en las siguientes secciones del capítulo, corresponde a requerimientos generales para la Administración, los cuales podrá ser ajustados según las condiciones particulares de cada puente y con la debida justificación. Estos requisitos están basados y modificados de los siguientes documentos:

- The Manual for Bridge Evaluation_MBE; 3° ed. (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2018).
- FHWA National Bridge Inspection Standards_ NBIS; 23 C.F.R. § 650.C (2004).
- FHWA National Bridge Inspection Standards; 84 Fed.Reg 61494 (propuesta en nov. 12, 2019) (para ser codificada en 23 C.F.R. pt. 650).

3.2 Tipos de inspección

Según el alcance y objetivo de las inspecciones, se pueden clasificar distintos tipos de inspección. A continuación, se presenta una descripción de cada uno de ellos. Los tipos de

inspectores *Nivel I*, *II* y *III*, que se mencionan en las descripciones, se detallan en el Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I.

i. Inspección de inventario

Es una inspección programada que tiene como propósito obtener un registro de las características de gestión básicas del puente, tales como las dimensiones y características de los elementos de la superestructura, subestructura, los accesos y accesorios, las características funcionales, el registro fotográfico, los planos y otros aspectos que se detallan en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I. El inspector(a) puede usar como ayuda para completar la inspección, los planos constructivos del puente o los planos finales con las condiciones de entrega ("*as-built*" como se conoce en inglés), si están disponibles. La *Inspección de inventario* se debe realizar de acuerdo con los procedimientos indicados en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I, y la información obtenida debe adjuntarse y guardarse en el archivo de información del puente o base de datos del puente (ver la Sección 2.4 del MP-2024 Tomo I). La *Inspección de inventario* es realizada por un equipo de inspección conformado por un(a) *Inspector(a) Nivel III* que lidera la inspección, y otro(a) ya sea *Inspector(a) Nivel I*, *Inspector(a) Nivel II* o *Inspector(a) Nivel III* que se desempeña como inspector(a) de apoyo. Esta inspección puede realizarse junto con la primera *Inspección rutinaria*, de esta manera se hace un uso más eficiente de los recursos destinados a las inspecciones.

ii. Inspección rutinaria

Es una inspección programada, que consiste en realizar observaciones y mediciones para determinar la condición estructural y funcional del puente, para identificar cualquier cambio con respecto a la condición inicial del puente inmediatamente después de construido o con respecto a la condición registrada en inspecciones anteriores, y para determinar si la estructura satisface los requisitos vigentes de servicio y que cumple con los objetivos de gestión que se ha planteado la *Organización*. Se inspeccionan de forma visual elementos estructurales y no estructurales, accesorios, aspectos hidrológicos-hidráulicos, aspectos de seguridad vial, aspectos geotécnicos, aspectos sísmicos, accesos, entre otros. Esta inspección es realizada por un equipo de inspección conformado por un(a) *Inspector(a) Nivel III* que lidera la inspección, y otro(a) ya sea *Inspector(a) Nivel I*, *Inspector(a) Nivel II* o *Inspector(a) Nivel III* que se desempeña como inspector(a) de apoyo. Las inspecciones rutinarias, permiten determinar las necesidades de mantenimiento, rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) para los distintos componentes del puente según se explica en el Capítulo 2 y Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I. El procedimiento para la *Inspección rutinaria* se describe en el Capítulo 6 del MP-2024

Tomo I.

iii. Inspección detallada

Es una inspección programada, que se realiza a profundidad ("*close-up*" como se conoce en inglés) y al alcance de la mano de un inspector (*"hands on"* como se conoce en inglés), de alguno o de la totalidad de los elementos del puente, que tiene como objetivo identificar cualquier deficiencia no detectable a través de los procedimientos de *Inspección rutinaria* o donde se necesite ahondar más en detalle en lo observado. Se realiza en puentes donde uno o mas elementos críticos de los enumerados en la tablas del Apéndice B, son calificados con un nivel de severidad de deficiencia de 3 o 4 (de acuerdo con el Apéndice B del MP-2024 Tomo I) y sea necesario recabar más información para la toma de decisiones. Se requiere de técnicas, equipo, métodos de acceso y análisis especializados para asegurar o profundizar en la existencia, el tipo, la extensión, la severidad o la causa de las deficiencias. En una *Inspección detallada* está presente un(a) *Inspector(a) Nivel III* y la persona experta encargada de implementar el método o de operar el equipo especializado. Se amplía con mayor detalle sobre algunas técnicas de *Inspección detallada* en el Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I.

iv. Inspección de elementos críticos por fractura

Es una inspección programada que se realiza a un elemento crítico por fractura (FCM por sus siglas en inglés para "*Fracture Critical Members"*) o a componentes de un elemento crítico por fractura, el cual se encuentra al alcance de la mano de un inspector. En referencias en inglés, este tipo de inspección también puede conocerse como *Inspección de elementos de acero a tensión no redundantes* ("*Nonredundant Steel Tension Member Inspection"*). Este tipo de inspección incluye inspección visual y ensayos no destructivos, y podría requerirse de ensayos parcialmente destructivos. Se entiende por elemento crítico aquel cuyo fallo podría representar un fallo total del puente, o que ponga en riesgo la operación segura de uno o más tramos de la superestructura, o una o más subestructuras del puente. Entre los elementos considerados como críticos se incluyen pero no se limitan a los siguientes: cables principales de puentes colgantes y atirantados, péndolas de puentes colgantes, conexiones al bloque de anclaje de puentes colgantes, superestructuras tipo viga I o viga cajón de acero de hasta dos vigas principales, vigas cabezal de acero soldadas de pilas, vigas transversales de acero soldadas de piso, superestructuras tipo cercha de hasta dos cerchas principales, superestructuras tipo arco con elementos atirantados soldados, superestructura tipo viga de acero con conexiones pin o gozne (vigas Gerber) de hasta tres vigas principales. En una *Inspección de elementos críticos por fractura* está presente un(a) *Inspector(a) Nivel III* y la persona experta encargada de implementar el método o de operar el equipo especializado.

Un elemento identificado como FCM, que se demuestre por medio de los

procedimientos indicados en la guía "*Guide Specifications for Analysis and Identification of Fracture Critical Members and System Redundant Members"* de AASHTO (2018a), que puede ser reasignado como un elemento de un sistema redundante (o SRM por sus siglas en inglés para "*System Redundant Members"*), no necesita seguir los protocolos de *Inspección de elementos críticos por fractura* según se describen en este punto y en el Punto iv de la Sección 3.3 del MP-2024 Tomo I, lo cual es consistente con lo indicado al respecto en "*AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*" (AASHTO, 2020) denominado de aquí en adelante como AASHTO LRFD 2020. Dicho análisis y su aprobación debe quedar documentado y disponible en el archivo del puente.

En el caso específico de que un elemento de acero construido por medio de uniones mecánicas identificado como FCM, cumpla los requisitos de la guía "*Guide Specification for Internal Redundancy of Mechanically-Fastened Built-Up Steel Members"* de AASHTO (2018b), este puede ser reclasificado de FCM a miembro con redundancia interna (o IRM por sus siglas en inglés para "*Internally Redundant Members"*), por lo que, en lugar de seguir los protocolos de *Inspección de elementos críticos por fractura* según se describen en este punto y en el Punto iv de la Sección 3.3 del MP-2024 Tomo I, en ese elemento se pueden realizar *Inspecciones especiales* de acuerdo con lo que establece el Punto vi de la Sección 3.2 del MP-2024 Tomo I y la guía AASHTO (2018b), con los intervalos de inspección especificados en la Sección 3 de la guía AASHTO (2018b). Dicho análisis y su aprobación debe quedar documentado y disponible en el archivo del puente.

v. Inspección bajo agua

Es una inspección programada que se realiza a la parte sumergida de la subestructura del puente (bastión y pila), o para conocer la conformación hidráulica del lecho sumergido, cuando estas actividades no pueden ser llevadas a cabo al nivel del agua visualmente o por sondeo; se realiza con la ayuda de buzos o equipo especializado. En algunas ocasiones resultan ser necesarias para completar la determinación de la condición global del puente; en esos casos, la justificación de su implementación debe quedar en el archivo del puente. En estas se documentan deterioros o daños de los elementos inspeccionados, condiciones del lecho, de la corriente y sus efectos tales como turbulencia y/o umbrales, profundidad del agua, además de identificar la necesidad de realización de labores de limpieza de elementos bajo agua por escombros o bioincrustación. En la *Inspección bajo agua* está presente un(a) *Inspector(a) Nivel III* (no necesariamente sumergido en el agua) que se encarga de guiar al buzo para que la inspección cumpla su cometido. En los casos en los que el buzo cumple los requisitos de *Inspector(a) Nivel III*, está presente otro(a) ya sea *Inspector(a) Nivel I*, *Inspector(a) Nivel II* o *Inspector(a) Nivel III,* (no necesariamente sumergido(a) en el agua) que brinda soporte y por motivos de

seguridad.

vi. Inspección especial

Es una inspección no programada que se realiza a discreción de la *Organización*, para monitorear deficiencias conocidas, confirmar sospechas o notificaciones de daños, o para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente tiene defectos. En algunas ocasiones se realiza porque personas ajenas a la *Organización*, notifican sobre alguna irregularidad observada en la estructura de puente. La *Inspección especial* es realizada por un(a) *Inspector(a) Nivel III* junto con otro(a) ya sea *Inspector(a) Nivel I*, *Inspector(a) Nivel II* o *Inspector(a) Nivel III,* o un(a) experto(a) en el uso de algún equipo o método en particular.

vii. Inspección por eventos extremos

Tiene como fin evaluar el daño estructural resultado de amenazas naturales como fenómenos hidrometereológicos o terremotos, o acciones humanas como la colisión de un camión o una afectación debido a un incendio. La *Inspección por eventos extremos* se subdivide en dos, denominadas *Inspección por eventos extremos 1* e *Inspección por eventos extremos 2*. La *Inspección por eventos extremos 1* es una inspección exploratoria, no programada, realizada debido a la ocurrencia de daños específicos por causa de eventos extraordinarios, se realiza inmediatamente después de la ocurrencia del evento, y puede ser ejecutada por personal de diferentes entidades como, por ejemplo, el o la encargado(a) técnico(a) del comité de emergencias de la localidad, por el o la experto(a) técnico(a) de la municipalidad más próxima, voluntarios ingenieros civiles o ingenieros en construcción, o *Inspectores Nivel I*, *Inspectores Nivel II* o *Inspectores Nivel III*. Los puntos para evaluar en esta inspección post-evento, así como las competencias y la capacitación requerida para los inspectores, son establecidos en el protocolo que debe definir la *Organización*, ya que se busca determinar si la estructura puede seguir operando o si se debe recomendar a las autoridades respectivas la suspensión del tránsito; además, la información recopilada se utiliza para priorizar las siguientes inspecciones. Después de la *Inspección por eventos extremos 1*, se realiza una *Inspección por eventos extremos 2* que evalúa los mismos elementos que la inspección rutinaria, por lo que se deben seguir los mismos procedimientos establecidos al respecto en este manual. La *Inspección por eventos extremos 2* es ejecutada por un(a) *Inspector(a) Nivel III* junto con un(a) *Inspector(a) Nivel I*, *Inspector(a) Nivel II* o *Inspector(a) Nivel III*.

viii. Inspección básica

Es una inspección programada que consiste en una revisión rápida de la condición del puente. Se realiza cuando el intervalo de *Inspección rutinaria* de un puente, según se define en el Punto ii de la Sección 3.3 del MP-2024 Tomo I, es mayor de dos años, con el fin de corroborar la buena condición de la estructura. Se presta

especial atención a aquellos elementos susceptibles a daño o deterioro en periodos menores a dos años como lo son, pero no limitado a, elementos de seguridad vial, elementos susceptibles a golpes por colisiones, así como evidencia de socavación en la cimentación de los bastiones o pilas. Se verifica además de forma general, que la condición global del puente no haya variado significativamente. Se estima que la duración de esta inspección puede ser de 15 a 20 minutos.

3.3 Intervalo de inspecciones

En esta sección se presentan los intervalos para cada tipo de inspección. En el caso de las inspecciones rutinarias, bajo agua o de elementos críticos por fractura, se permiten dos métodos para la determinación del intervalo de inspección. Al final de esta sección se presenta la Tabla 3.1 que muestra un resumen del intervalo de inspección para cada tipo de inspección.

i. Inspección de inventario

Se realiza en un plazo no mayor a 3 meses a partir del momento en que se completa la construcción, la rehabilitación (menor o mayor) o la reconstrucción (sustitución) de un puente y este se abre al tráfico vehicular. La *Inspección de inventario* se realiza una vez y se repite únicamente si el puente es rehabilitado o sustituido, en cuyos casos la información anterior del puente debe permanecer en su archivo de datos históricos. Además, esta inspección debe realizarse en puentes donde el inventario de la estructura esté incompleto de acuerdo con la información solicitada en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I, así como en todo puente en servicio no incluido en el inventario de puentes de la red vial.

ii. Inspección rutinaria

Para determinar el intervalo de *Inspección rutinaria* se permite utilizar cualquiera de los siguientes dos métodos. El *Método 1* es una metodología de evaluación del riesgo simplificada, en la que se asigna el intervalo de inspección de acuerdo con criterios establecidos. El *Método 2* es una metodología de evaluación del riesgo más rigurosa, en donde se determina el intervalo para cada puente según sea la necesidad de esa estructura.

El OIP deberá documentar el resultado de la evaluación del riesgo, el método (*Método 1 o Método 2*) y los criterios utilizados, así como los resultados, y deberá someter a aprobación a la *Organización* dichos intervalos por escrito previo a su implementación. En caso de aprobarse el cambio, la *Organización* deberá guardar la documentación del proceso en el archivo del puente y hacer el resultado inequívocamente accesible para todas las partes involucradas el intervalo vigente.

Método 1:

a. Se realiza en intervalos de hasta 2 años. Este es el intervalo estándar de

Inspección rutinaria, por lo que inicialmente se asume que todos los puentes lo requieren, y se debe justificar, según se presenta en los siguientes puntos, su modificación.

b. La *Organización* podrá modificar el intervalo de inspección hasta 4 años, mientras que el puente o puentes en cuestión no cumplan con alguna de las siguientes características:

- Puentes con algún elemento con calificación de la condición 4 según se describe en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I.
- Condición global alarmante según los criterios presentados en el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I.
- Puentes de acero con grietas por fatiga que no han sido intervenidas, elementos con detalles E y E' de la especificación AASHTO LRFD 2020, elementos con detalles que tengan antecedentes de agrietamiento por fatiga, o elementos con detalles que sean propensos a fractura.
- Puentes cuyo resultado del factor de capacidad de carga viva (RF) sea menor que 1 para el nivel de evaluación de cargas de diseño de operación, según los criterios del Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I.
- Puentes diseñados siguiendo normas de diseño anteriores a AASTHO 1977, puentes con tramos de superestructura simple con un sesgo mayor a 40°, o puentes con superestructuras continuas con un sesgo mayor a 20°. Esta restricción es por consideraciones de vulnerabilidad sísmica.
- Puentes con longitud o longitudes de tramos mayores a 30 m.
- Estructuras no redundantes en donde la estabilidad estructural depende de uno o pocos elementos, cuya falla no permita la redistribución de esfuerzos a otros elementos estructurales.
- Estructuras expuestas y susceptibles a daño por impacto de vehículos o embarcaciones, como puede ser el caso en puentes tipo cercha y pasos a desnivel con altura libre vertical menor a 5,50 m en rutas nacionales primarias y secundarias, o 4,80 m en rutas nacionales terciarias y cantonales.
- Puentes con tipologías diferentes a tipo losa o vigas múltiples.

En el caso de puentes nuevos o recientemente rehabilitados o mejorados, para poder verificar los puntos anteriores se requiere de la *Inspección de inventario* y la primera *Inspección rutinaria*, lo cual quiere decir que sin esas inspecciones, no existe posibilidad de que se pueda ampliar el intervalo de inspección.

Si se extiende el intervalo de *Inspección rutinaria* entre 3 y 4 años, se deberá realizar una *Inspección básica* entre inspecciones (a la mitad del intervalo de *Inspección rutinaria*), para asegurar la adecuada conservación del puente, con los siguientes propósitos: confirmar que la condición general del puente no ha cambiado significativamente; monitorear daños no reportados de vehículos a la estructura; evaluar la seguridad vial del puente y sus accesos. Los resultados de dichas visitas deberán ser parte del archivo del puente.

c. La *Organización* podrá definir algunos puentes para los que el intervalo de inspección debe ser menor a 2 años debido a condiciones de riesgo; se debe de considerar factores como edad, características de tránsito y deficiencias conocidas. La justificación de la disminución del intervalo para cada uno de los puentes debe documentarse en su respectivo archivo. Además, a los puentes que cumplen las siguientes características, se les deberá reducir el intervalo de inspección, de manera que no sea mayor a 1 año:
   - Puentes en condición alarmante o falla inminente.
   - Donde se ha identificado socavación grado 3 o 4.
   - Cargas, condiciones, o hallazgos en las inspecciones que se conocen que afectan el desempeño del puente o sus elementos en el período de los 24 meses.

El intervalo de una *Inspección rutinaria* debe ser evaluado y de ser necesario, ajustado, después de cada inspección.

Método 2:

Consiste en realizar un análisis de riesgo riguroso que permita determinar el intervalo de inspección para cada puente, según sea la necesidad de cada estructura. En este manual no se definen criterios o procedimientos para realizar un análisis basado en riesgo; sin embargo, en caso de implementarse, la *Organización* deberá utilizar metodologías basadas en riesgo ampliamente aceptadas y comprobadas, con el fin de hacer un uso más eficiente de los recursos y una definición más adecuada del riesgo. Para lo anterior, se puede revisar como guía el Reporte NCHRP 782 denominado "*Proposed Guideline for Reliability-Based Bridge Inspection Practices*" (National Cooperative Highway Research Program [NCHRP], 2014). Se debe de tomar en cuenta que no se puede realizar este método sin que antes se haya realizado la *Inspección de inventario* y la primera *Inspección rutinaria*. Los niveles de riesgo tienen intervalos de inspección máximos asociados que no deben exceder 1, 2 o 4 años.

iii. Inspección detallada

La indicación de que se debe realizar una inspeccion detallada se debe mencionar y

justificar en el informe de *Inspección rutinaria*, *Inspección de inventario o Inspección especial*, y se debe ejecutar en un plazo no mayor a 3 meses desde la emisión del informe. Este tipo de inspección también puede realizase a petición de la *Organización*, en donde deberá quedar documentado en el archivo del puente la justificación, el alcance y el intervalo de dicha inspección.

iv. Inspección de elementos críticos por fractura

Para determinar el intervalo de *Inspección de elementos críticos por fractura* se permite utilizar cualquiera de los siguientes dos métodos. El *Método 1* es una metodología de evaluación del riesgo simplificada, en la que se asigna el intervalo de inspección de acuerdo con criterios establecidos. El *Método 2* es una metodología de evaluación del riesgo más rigurosa, en donde se determina el intervalo para cada puente según sea la necesidad de esa estructura.

El OIP deberá documentar el resultado de la evaluación del riesgo, el método (*Método 1 o Método 2*) y los criterios utilizados, así como los resultados, y deberá someter a aprobación a la *Organización* dichos intervalos por escrito previo a su implementación. En caso de aprobarse el cambio, la *Organización* deberá guardar la documentación del proceso en el archivo del puente y hacer inequívocamente accesible para todas las partes involucradas el intervalo vigente.

Método 1:

Se debe realizar en intervalos que no excedan los 2 años.

Método 2:

Consiste en realizar un análisis de riesgo riguroso que permita determinar el intervalo de inspección para cada puente, según sea la necesidad de cada estructura. En este manual no se definen criterios o procedimientos para realizar un análisis basado en riesgo; sin embargo, en caso de implementarse, la *Organización* deberá utilizar metodologías basadas en riesgo ampliamente aceptadas y comprobadas, con el fin de hacer un uso más eficiente de los recursos y una definición más adecuada del riesgo. Para lo anterior, se puede revisar como guía el documento Reporte NCHRP 782 (2014). Si se considera necesario, se puede revisar el documento "*Proposed Method for Determining the Interval for Hands-on Inspection of Steel Bridges with Fracture Critical Members*" de Parr, Connor, y Bowman (2010). Los niveles de riesgo tienen intervalos de inspección máximos asociados que no deben exceder 1, 2 o 4 años.

v. Inspección bajo agua

Para determinar el intervalo de *Inspección bajo agua* se permite utilizar cualquiera de los siguientes dos métodos. El *Método 1* es una metodología de evaluación del riesgo simplificada, en la que se asigna el intervalo de inspección de acuerdo con

criterios establecidos. El *Método 2* es una metodología de evaluación del riesgo más rigurosa, en donde se determina el intervalo para cada puente según sea la necesidad de esa estructura.

El OIP deberá documentar el resultado de la evaluación del riesgo, el método (*Método 1 o Método 2*) y los criterios utilizados, así como los resultados, y deberá someter a aprobación a la *Organización* dichos intervalos por escrito previo a su implementación. En caso de aprobarse el cambio, la *Organización* deberá guardar la documentación del proceso en el archivo del puente y hacer inequívocamente accesible para todas las partes involucradas el intervalo vigente.

Método 1:

a. Se debe realizar en intervalos que no excedan los 5 años.
b. La *Organización* podrá definir algunos puentes para los que el intervalo de inspección debe ser menor a 3 años, debido a condiciones de riesgo como indicios de que las subestructuras bajo agua están en malas condiciones, inestabilidad hidráulica, y cuando existe algún nivel de deficiencia grado 4. La justificación de la disminución del intervalo para cada uno de los puentes debe documentarse en su respectivo archivo.

El intervalo de una *Inspección bajo agua* debe ser evaluado y de ser necesario, ajustado, después de cada inspección.

Método 2:

Consiste en realizar un análisis de riesgo riguroso que permita determinar el intervalo de inspección para cada puente, según sea la necesidad de cada estructura. En este manual no se definen criterios o procedimientos para realizar un análisis basado en riesgo; sin embargo, en caso de implementarse, la *Organización* deberá utilizar metodologías basadas en riesgo ampliamente aceptadas y comprobadas, con el fin de hacer un uso más eficiente de los recursos y una definición más adecuada del riesgo. Para lo anterior, se puede revisar como guía el documento Reporte NCHRP 782 (2014). El puente debe ser clasificado dentro de tres niveles generales de riesgo, con intervalos de inspección que no deben exceder los 3, 5 o 6 años.

vi. Inspección especial

Se realiza a discreción de la *Organización* o cuando:

- Un informe de *Inspección rutinaria*, *Inspección detallada* o *Inspección de elementos críticos por fractura* indique que debe realizarse un monitoreo de todo el puente.
- Un informe de *Inspección rutinaria*, *Inspección detallada* o *Inspección de elementos críticos por fractura* indique que debe realizarse un monitoreo de un daño o deterioro puntual.
- Para la evaluación de la efectividad de una reparación efectuada.
- Atendiendo a una notificación de daño.

Si durante una *Inspección especial* se determina que las evidencias de daño encontradas no alcanzan un nivel de la calificación de la condición de 4 (según los niveles especificados en el Capítulo 8 y Apéndice F del MP-2024 Tomo I) y que no representan una amenaza para la seguridad estructural y funcional del puente, pero se justifica un monitoreo del elemento inspeccionado, este se realizará durante las inspecciones rutinarias, sin que se exceda la frecuencia de 2 años entre inspecciones rutinarias sucesivas. En caso contrario, si durante una *Inspección especial* se determina que las evidencias de defectos encontrados conllevan a un nivel de la calificación de 4 o superior (según los niveles especificados en el Capítulo 8 y Apéndice F del MP-2024 Tomo I) y que representan una amenaza para la seguridad estructural y funcional del puente, se deberá indicar en el informe la necesidad urgente de intervención, cuyos plazos de ejecución, ya sea de trabajos temporales por seguridad o de trabajos permanentes que siempre se deberán programar, deberán ser definidos por la *Organización*, pero siempre deberán ser menores a 1 año. Si por alguna razón la atención del daño se posterga por más de 1 año o por un tiempo mayor al intervalo definido por la *Organización*, se debe dar un seguimiento con inspecciones especiales en un período menor a 1 año o menor al intervalo específico definido, según indique la *Organización*. Cualquiera que sea el intervalo de *Inspección especial* que se justifique utilizar, este deberá quedar documentado en el archivo del puente.

vii. Inspección por eventos extremos

La *Inspección por eventos extremos 1* se deberá realizar en un plazo no mayor a 7 días naturales posterior al evento desencadenante de posibles daños. Adicionalmente, deberá realizarse una *Inspección por eventos extremos 2* en un plazo no mayor a un mes después de que se dio el evento, en los casos en los que la estructura no haya colapsado o sufrido daños más allá de los límites de seguridad estructural que determine la *Organización*.

viii. Inspección básica

Se realiza cuando el intervalo de inspección se amplía a intervalos mayores a 2 años, por lo que se establece una inspección de este tipo en el medio de ese intervalo. Por ejemplo, si se decide que para un puente específico es posible aumentar el intervalo de inspección cada 4 años, 2 años después de cada *Inspección rutinaria* se realiza una *Inspección básica*.

En la Tabla 3.1 se resumen los intervalos para cada tipo de inspección.

Tabla 3.1. Intervalos de inspección para cada tipo de inspección.

Tipo de inspección			Intervalo de inspección
Inspección de inventario			En un plazo no mayor a 3 meses a partir del momento en que se completa la construcción, rehabilitación o reconstrucción (sustitución) de un puente y se abre al tráfico vehicular.
Inspección rutinaria	*Método 1*	a.	Máximo cada dos años.
		b.	Se puede ampliar hasta cada 4 años si cumple con las condiciones presentadas.
		c.	A criterio de la *Organización*, pero menor a 2 años debido a la presencia de condiciones de riesgo.
	Método 2		Asociado a cada nivel de riesgo sin exceder 1, 2 o 4 años.
Inspección detallada			En un plazo no mayor a 3 meses desde la emisión del informe donde se recomiende esta inspección.
Inspección de elementos críticos por fractura	*Método 1*		Máximo cada dos años.
	Método 2		Asociado a cada nivel de riesgo sin exceder 1, 2 o 4 años.
Inspección bajo agua	*Método 1*	a.	Máximo cada 5 años.
		b.	A criterio de la *Organización*, pero menor a 2 años debido a la presencia de condiciones de riesgo.
	Método 2		Asociado a cada nivel de riesgo sin exceder 3, 5 o 6 años.
Inspección especial			A discreción de la *Organización* o atendiendo a las situaciones presentadas en el respectivo inciso.
Inspección por eventos extremos	Tipo 1		En un plazo no mayor a 7 días naturales posterior al evento extraordinario.
	Tipo 2		En un plazo no mayor a un mes después del evento extraordinario.
Inspección básica			Entre inspecciones rutinarias, cuando el intervalo de *Inspección rutinaria* es mayor a 2 años.

3.4 Hallazgos críticos

Los hallazgos críticos son deficiencias del puente que afectan o pueden afectar negativamente la seguridad de los usuarios en el corto plazo y por ello, deben atenderse lo más pronto posible. Deberán ser definidos considerando la magnitud, localización y consecuencia de la deficiencia. Esas deficiencias pueden ser estructurales o de seguridad vial, y podrían incluir, pero no se limitan a, socavación, impacto, corrosión, pérdida de sección, asentamiento, agrietamiento, pérdida de asiento, e invalidación o ausencia de la señal de restricción de carga, u otros daños estructurales que conlleven a una calificación de la condición de 6 (falla inminente), según como se define en el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I. Ante esto, se deben seguir las siguientes recomendaciones, algunas de las cuales son presentadas en "*The Manual for Bridge Evaluation"* (AASHTO, 2018c), y se debe establecer, por parte de la *Organización*, los procedimientos documentales necesarios para atender los hallazgos críticos de una manera oportuna.

- El *Inspector Nivel III* encargado de liderar la inspección, debe comunicar al *Líder del equipo* (ver Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I) oportunamente sobre los hallazgos críticos relacionados con deficiencias en la seguridad del puente para los usuarios, que surjan del proceso de inspección. Este reporte inicial debe incluir como mínimo, pero no limitado a, responsable del puente, la tipología estructural, la fecha del hallazgo, la descripción, fotografías claras y específicas del hallazgo, así como recomendaciones en caso de que se considere necesario.
- El *Líder del equipo* debe comunicarse con el *Encargado de coordinación de las inspecciones de puentes* (ver Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I), para que esta persona se comunique con la *Organización* en la mayor brevedad. Ciertos hallazgos críticos, como los que requieran el cierre parcial o total del puente, o de elementos críticos por fractura no redundantes en condición 4, deben ser reportados dentro de las 24 horas posteriores al hallazgo. Independientemente del hallazgo, deben ser comunicados en un tiempo máximo de 7 días naturales.
- La *Organización* realizará notificaciones respectivas a la Dirección General de Ingeniería de Tránsito si fuese necesario implementar control de tráfico por emergencia.
- La *Organización* puede implementar acciones correctivas o de protección, incluyendo restricciones de carga si fuera necesario.
- La *Organización* puede implementar un sistema de reporte y seguimiento de acciones, de preferencia con un intervalo mensual.
- La *Organización* puede evaluar la necesidad de identificar otros puentes con detalles estructurales similares, con el fin de prevenir situaciones similares.

3.5 Bibliografía

AASHTO. (2018a). *Guide Specifications for Analysis and Identification of Fracture Critical Members and System Redundant Members.* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2018b). *Guide Specifications for Internal Redundancy of Mechanically-Fastened Built-Up Steel Members.* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2018c). *The Manual for Bridge Evaluation (3° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

FHWA National Bridge Inspection Standards, 23 C.F.R. § 650.C (2004).

FHWA National Bridge Inspection Standards, 84 Fed.Reg 61494 (propuesta en nov. 12, 2019) (para ser codificada en 23 C.F.R. pt. 650).

NCHRP. (2014). *NCHRP Report 782: Proposed Guideline for Reliability-Based Bridge Inspection Practices.* Washington, DC: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

Parr, M. J., Connor, R. J., y Bowman, M. (2010). Proposed Method for Determining the Interval for Hands-on Inspection of Steel Bridges with Fracture Critical Members. *ASCE Journal of Bridge Engineering, 15*(4), 352-363.

Página intencionalmente en blanco.

4

Programa de inspectores de puentes

4.1 Estructura y funcionamiento organizacional....4/2

4.2 Tipos de inspectores....4/4

4.2.1 Inspector Nivel I....4/5

4.2.2 Inspector Nivel II....4/6

4.2.3 Inspector Nivel III....4/7

4.2.4 Líder del equipo....4/9

4.2.5 Encargado de la coordinación de las inspecciones de puentes....4/11

4.3 Control y aseguramiento de la calidad de las inspecciones....4/11

4.3.1 Definiciones....4/11

4.3.2 Generalidades....4/12

4.3.3 Documentación del programa de control de calidad y aseguramiento de la calidad 4/13

4.3.4 Procedimientos de control de calidad....4/13

4.3.5 Procedimientos de aseguramiento de la calidad....4/14

4.4 Capacitación....4/16

4.4.1 Cursos obligatorios....4/16

4.4.2 Capacitaciones complementarias para profesionales....4/17

4.5 Bibliografía....4/18

4.1 Estructura y funcionamiento organizacional

A continuación, se describen los elementos y funciones referentes a la inspección de puentes como una actividad de un sistema de gestión, y no se debe interpretar explícitamente como un organigrama de personal o una estructura organizacional.

La actividad de inspección de puentes le corresponde a la *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como *Organización*). Su objetivo principal es coordinar, ejecutar, reportar y asegurar la calidad de las inspecciones de los puentes que tenga bajo jurisdicción la *Organización*. En la Figura 4.1 se presenta un extracto de la Figura 2.2 del Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I, con el fin de ubicar las actividades relacionadas con la inspección de puentes en ese esquema. Las actividades de inspección de puentes se resaltan con color celeste. Cabe rescatar que todas las actividades mencionadas en la imagen son responsabilidad de la *Organización* y las no relacionadas con la labor de inspección de puentes (en cuadros blancos) se detallan en el Capítulo 2 y en el Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I.

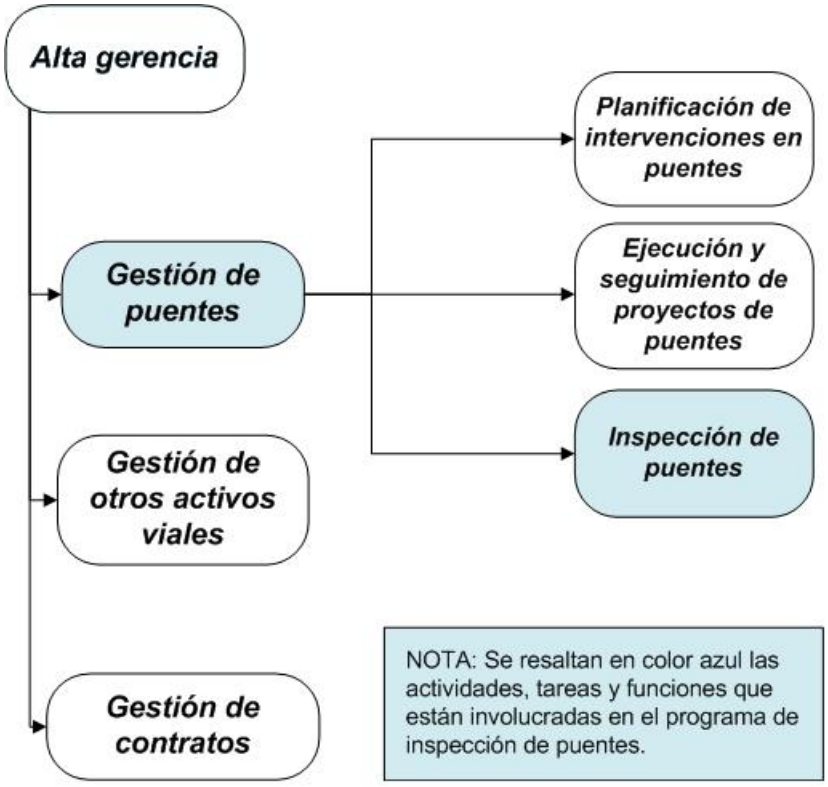


Figura 4.1. Las actividades relacionadas con la gestión de puentes dentro del esquema de la administración de puentes.

La ejecución y el reporte de las inspecciones puede ser realizada por *Organismos de inspección de puentes* (OIP) que realizan actividades de inspección de puentes, en ese caso llamados organismos internos, o por OIP contratados, en ese caso llamados organismos externos. Si las inspecciones fueron realizadas por un organismo interno, se debe asignar un encargado del aseguramiento de la calidad que sea independiente del OIP*,* o asignar la labor a un agente externo (consultor) (ver Figura 4.2). Si un OIP es un organismo externo, será responsable del control de calidad de sus procesos (ver Sección 4.3 del MP-2024 Tomo I).

Como se muestra en la Figura 4.2, las actividades de inspección de puentes deben tener un *Encargado de la coordinación de las inspecciones de puentes,* que tenga entre sus funciones asignarle labores de inspección de puentes al OIP y coordinar con el *Encargado del aseguramiento de la calidad* (que se requiere solo si el OIP es interno y, por ende, debe haber un grupo independiente encargado del aseguramiento de la calidad), para que las recomendaciones de sus análisis sean acatadas. El OIP está compuesto (como mínimo) por el *Líder del equipo*, un(a) *Inspector(a) Nivel III* y al menos otro *Inspector(a) Nivel I*, *Inspector(a) Nivel II* o *Inspector(a) Nivel III*. Como se verá en la Sección 4.2 del MP-2024 Tomo I, siempre que se cumplan los requisitos ahí indicados, una misma persona puede desempeñar varias de estas funciones. Además, puede haber inspecciones detalladas, especiales, de elementos críticos por fractura o bajo agua, en las que sea necesario contar con un contratista o consultor experto en el uso de un equipo, en la aplicación de alguna técnica o en un método de acceso.

El principal responsable de las actividades de inspección de puentes de la *Organización* se denomina *Encargado de la coordinación de las inspecciones de puentes*. La comunicación con los *Organismos de inspección* de *puentes* debe ser a través de este *Encargado de la coordinación* y el *Líder del equipo* de cada OIP.

Específicamente, el OIP se encarga de:

- Preparar y mantener el inventario de todos los puentes bajo su responsabilidad legal o contractual, considerando los intervalos de inspección presentados en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I.
- Ejecutar inspecciones que cumplan con los requisitos de calidad establecidos.
- Realizar los respectivos reportes o informes de inspección.
- Mantener actualizada la base de datos con la información de las inspecciones.
- En caso de requerirse o de ser solicitado, recomendar sobre los trabajos de intervención necesarios en el puente, según se determine durante los diferentes tipos de inspección.
- Remitir los informes al *Encargado de la coordinación de las inspecciones de puentes*.

- Informarle al *Encargado de la coordinación de las inspecciones de puentes* sobre hallazgos críticos.

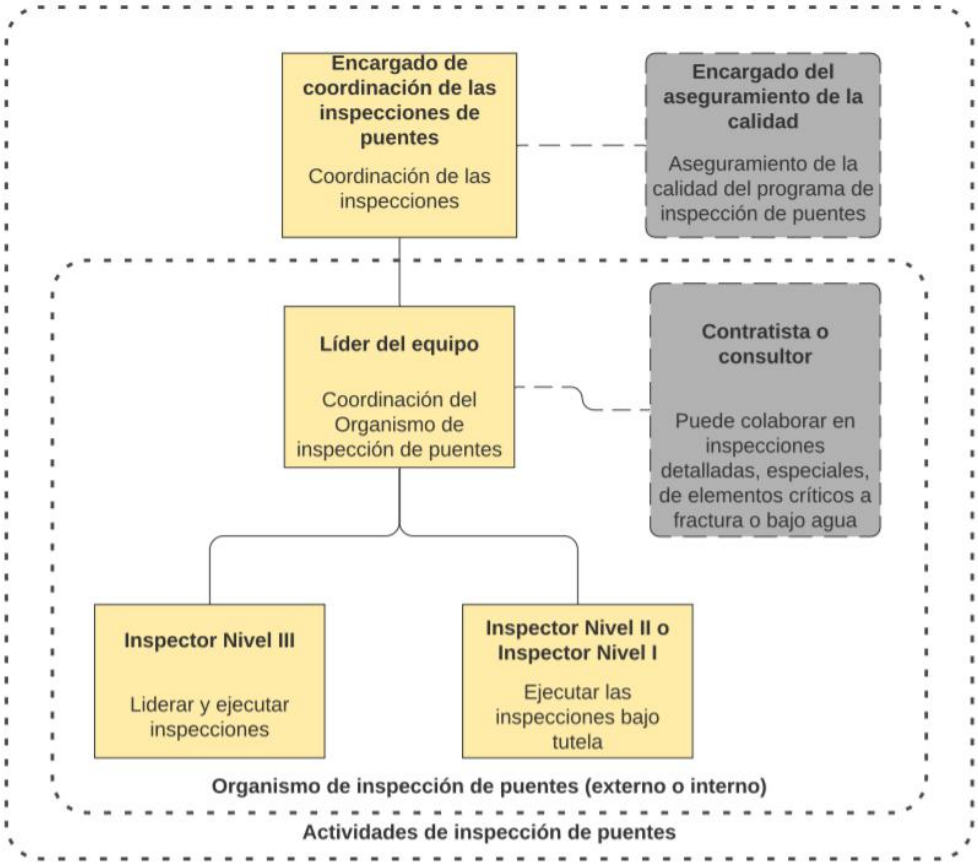


Figura 4.2. Funcionamiento organizacional de las actividades de inspección de puentes. Las cajas con líneas punteadas largas y fondo gris significan que las actividades pueden ser contratadas, mientras que las cajas con líneas sólidas y fondo amarillo deben necesariamente estar definidas dentro de las actividades de inspección de puentes. Se encierran con líneas punteadas cortas el funcionamiento del OIP (cuadro más pequeño), y el de las actividades de inspección de puentes (cuadro más grande).

4.2 Tipos de inspectores

Esta sección establece cualificaciones mínimas recomendadas para los integrantes del OIP y del *Encargado de la coordinación de las inspecciones de puentes*. La información suministrada por el OIP tiene un impacto directo en la toma de decisiones y efectividad de la ejecución de las acciones del Sistema de Gestión de Puentes, por lo que, para tener garantía de la calidad de la información, se requiere que estos cumplan las competencias,

responsabilidades y potestades a cabalidad, así como cualquier otro requisito que la Administración solicite, como cartas de recomendación, certificaciones de obras realizadas, entre otros.

4.2.1 Inspector Nivel I

Son inspectores que están iniciando su proceso de formación dentro del OIP y brindan apoyo al (los) *Inspector(es) Nivel II*, *Inspector(es) Nivel III* y al *Líder del equipo*.

i. Responsabilidades y autoridad

- Capacitarse en la norma INTE/ISO/IEC 17020:2012.
- Dar soporte al *Inspector(es) Nivel II* o *Inspector(es) Nivel III*.
- Colaborar en la preparación de la información para la inspección.
- Colaborar en la planificación de la logística de las giras de inspección.
- Seguir los procedimientos de control de calidad y aseguramiento de la calidad.
- Ejecutar las inspecciones de puentes de acuerdo con los procedimientos establecidos, bajo la tutela de un *Inspector(a) Nivel III*.
- Colaborar con el *Inspector(a) Nivel III* en la planificación de la logística de las giras de inspección.
- Colaborar con el *Inspector(a) Nivel III* en la preparación de los informes de inspección.
- Llevar un registro de los requisitos referentes al *Inspector(a) Nivel I* cumplidos y de la participación en capacitaciones relacionadas con la labor, mantenerlo actualizado y disponible al *Líder del equipo*.
- Llevar un registro de labores en donde se haga referencia a los informes e inspecciones en donde se participó, mantenerlo actualizado y disponible al *Líder del equipo*.

ii. Competencias

- Haber aprobado el curso de capacitación “Introducción a la inspección de puentes en servicio” avalado por la *Organización*.
- Demostrar competencias informáticas mínimas, como dominio básico de *software* de procesamiento de texto, *software* de procesamiento de datos, uso de correo electrónico, uso de internet.

- Cumplir con alguno de los siguientes puntos:
  - Estudiante de la carrera de ingeniería civil o de construcción de una universidad con la carrera acreditada, con 75 % o más de los cursos aprobados.
  - Técnico en construcción o inspector vial con el respectivo certificado avalado por la *Organización*.
  - Maestro de obras con el certificado respectivo avalado por la *Organización*.
  - Ingeniero civil o en construcción incorporado al Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA).

4.2.2 Inspector Nivel II

Son inspectores que han ganado experiencia en el OIP y continúan en el proceso de formación.

i. Responsabilidades y autoridad

- Dar soporte al *Inspector(a) Nivel III* en lo referente al programa de inspección de puentes.
- Planificar o colaborar en la planificación de la logística de las giras de inspección.
- Preparar y ejecutar las inspecciones de puentes de acuerdo con los procedimientos establecidos en este manual y bajo tutela de un *Inspector(a) Nivel III*.
- Preparar, revisar y remitir los informes de inspección de puentes en los que haya participado de la inspección. Los informes realizados por el *Inspector(a) Nivel II* deben ser revisados y aprobados por el *Inspector(a) Nivel III*.
- Colaborar en la actualización de la base de datos del puente con los resultados de las inspecciones.
- Colaborar para que los procedimientos de control y aseguramiento de la calidad se ejecuten siguiendo lo establecido en este manual y en normativa adicional de OIP.
- Velar por el cumplimiento de las normas de seguridad durante las inspecciones de puentes.
- Llevar un registro de los requisitos cumplidos referentes al *Inspector(a) Nivel II* y de la participación en capacitaciones relacionadas con la labor, mantenerlo

actualizado y disponible al *Líder del equipo*.

- Llevar un registro de labores en donde se haga referencia a los informes y a las inspecciones realizadas, mantenerlo actualizado y disponible al *Líder del equipo*.

ii. Competencias

- Haber cumplido las responsabilidades del *Inspector(a) Nivel I*.
- Haber aprobado el curso de capacitación “Inspección de puentes en servicio” avalado por la *Organización*.
- Demostrar competencias informáticas mínimas tales como dominio medio de *software* de procesamiento de texto, *software* de procesamiento de datos, uso de correo electrónico, uso de internet.
- Cumplir alguno de los siguientes requerimientos:
  - Ingeniero civil o en construcción, incorporado al CFIA con 4 años de experiencia en diseño, inspección y/o construcción de puentes y haber realizado bajo tutela 5 inspecciones de puentes mientras fungía como *Inspector(a) Nivel I*, en no más de 1 año atrás.
  - Ingeniero civil o en construcción, incorporado al CFIA y haber realizado bajo tutela 20 inspecciones de puentes mientras fungía como *Inspector(a) Nivel I*, en no más de 2 años atrás.
  - Técnico en construcción, inspector vial o maestro de obra; haber realizado bajo tutela 25 inspecciones de puentes mientras fungía como *Inspector(a) Nivel I*, en no más de 4 años atrás.

4.2.3 Inspector Nivel III

La labor principal del *Inspector(a) Nivel III* es liderar los equipos de inspección de puentes, y por lo tanto es el responsable por la planeación, preparación, ejecución y reporte de la inspección en sitio.

i. Responsabilidades y autoridad

- Dar soporte al *Líder del equipo* en lo referente al programa de inspección de puentes.
- Planificar la logística de las giras de inspección o revisar la planificación realizada por *Inspector(es) Nivel I* o *Inspector(es) Nivel II*.
- Preparar y ejecutar las inspecciones de puentes de acuerdo con los

procedimientos establecidos en este manual.

- Dirigir o coordinar la inspección de un puente.
- Revisar y remitir los informes o reportes de inspección de puentes en los que haya participado de la inspección.
- Comunicar al *Líder del equipo* oportunamente sobre los hallazgos críticos que surjan del proceso de inspección, para que este se comunique con el *Encargado de coordinación de las inspecciones de puentes*, que a su vez se comunica inmediatamente con los responsables de las actividades de planificación de intervenciones y ejecución de proyectos de la *Organización* (ver Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I).
- Actualizar la base de datos del puente o en caso de que el *Inspector(a) Nivel II* colabore en esto, asegurar que será actualizada con los resultados de las inspecciones realizadas.
- Colaborar para que los procedimientos de control y aseguramiento de la calidad se ejecuten siguiendo lo establecido en este manual y en normativa adicional de OIP.
- Al menos un *Inspector(a) Nivel III* debe estar presente en las inspecciones de inventario, rutinarias, detalladas, de elementos críticos por fractura y bajo agua. En el caso de las inspecciones detalladas, de elementos críticos por fractura y bajo agua, no necesariamente tiene que ejecutar la inspección, pero sí debe coordinar las labores y estar presente.
- Velar por el cumplimiento de las normas de seguridad durante las inspecciones de puentes, incluyendo, pero no limitado a, el uso del equipo de protección personal, manejo del tránsito, métodos de acceso y condiciones extraordinarias.
- Llevar un registro de los requisitos cumplidos referentes al *Inspector(a) Nivel III* y de la participación en capacitaciones relacionadas con la labor, mantenerlo actualizado y disponible al *Líder del equipo*.
- Llevar un registro de labores en donde se haga referencia a los informes y a las inspecciones realizadas, mantenerlo actualizado y disponible al *Líder del equipo*.

ii. Competencias

- Haber cumplido las responsabilidades del *Inspector(a) Nivel II*.
- Haber aprobado el examen del curso “Refrescamiento de inspección de puentes en servicio” avalado por la *Organización*, como prueba de refrescamiento.

- Capacitación sobre administración de personal, gerencia, administración de proyectos o gestión de calidad, en una institución autorizada por el Ministerio de Educación Pública.
- Haber tomado capacitación complementaria sobre: ensayos no destructivos e hidráulica e hidrología de puentes, en los últimos 2 años, avalados por la *Organización*.
- Cumplir alguno de los siguientes requerimientos:
    - Ingeniero civil o en construcción, incorporado al CFIA con 5 años de experiencia en diseño, inspección y/o construcción de puentes, que puede ser comprobada mediante cartas de clientes cuya veracidad deberá ser verificada, y haber realizado 5 informes de inspección de puentes como redactor principal (ver Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I), mientras fungía como *Inspector(a) Nivel II*, en no más de 1 año atrás.
    - Ingeniero civil o en construcción, incorporado al CFIA y haber realizado 16 informes de inspección de puentes como redactor principal (ver Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I), mientras fungía como *Inspector(a) Nivel II*, en no más de 2 años atrás.

4.2.4 Líder del equipo

El *Líder del equipo* es el responsable de las labores de inspección de puentes asignadas al OIP. Entre sus funciones está gestionar la labor de los otros inspectores y definir el plan de trabajo del OIP. Se relaciona más estrechamente con la *Organización* a través del *Encargado de la coordinación de las inspecciones de puentes*, con el cual define los planes de trabajo para las inspecciones.

i. Responsabilidades y autoridad

- Definir el plan de trabajo del OIP junto con el *Encargado de la coordinación de las inspecciones de puentes* de la *Organización*.
- Gestionar oportunamente al personal que conforma el OIP y proveer de guía.
- Establecer un sistema de control de calidad de todo el proceso de inspección y reporte de inspecciones según la Sección 4.3 del MP-2024 Tomo I, y revisar su cumplimiento de forma periódica.
- Asegurar que todos los integrantes del equipo de inspección cuenten con los requisitos correspondientes y que los documentos probatorios estén documentados.

- Velar por que los inspectores tengan capacitación continua en temas relacionados con inspección de puentes (ver temáticas de cursos sugeridos en la Sección 4.4 del MP-2024 Tomo I) y normas de gestión de la calidad INTE/ISO/IEC 17020:2012. Al menos un curso al año.
- Gestionar que el equipo de inspección realice las inspecciones y el reporte de estas en los tiempos establecidos en este manual y según lo requiera la *Organización*.
- Ser responsable de la inspección, informe e inventario de puentes, y de que los datos han sido actualizados en el archivo del puente.
- Comunicar oportunamente al *Encargado de la coordinación de las inspecciones de puentes,* los hallazgos críticos que surjan del proceso de inspección.
- Revisar y aprobar informes o reportes de inspección oportunamente.
- Suministrar al equipo de inspección las herramientas necesarias para el correcto cumplimiento de las normas de seguridad durante las inspecciones de puentes.
- Suministrar al equipo de inspección de las herramientas, métodos de acceso, equipos, y en general todo lo necesario para poder llevar a cabo inspecciones con un nivel de calidad adecuado.

ii. Competencias

- Haber cumplido los requisitos y responsabilidades del *Inspector(a) Nivel III*.
- Haber realizado como inspector principal o participado como segundo inspector, en 60 inspecciones de puentes en los últimos 5 años, que puede ser comprobada mediante cartas de clientes cuya veracidad deberá ser verificada.
- Estudios o cursos formales en administración o gerencia de proyectos, de una institución autorizada por el Ministerio de Educación Pública en estas áreas.
- 4 años de experiencia en diseño, construcción, conservación o inspección estructural. Esta puede ser comprobada mediante cartas de clientes cuya veracidad deberá ser verificada.

El *Líder del equipo* puede actuar como *Inspector(a) Nivel III* si cumple también con las competencias requeridas para el *Inspector(a) Nivel III*.

4.2.5 Encargado de la coordinación de las inspecciones de puentes

El *Encargado de la coordinación de las inspecciones de puentes* es el principal responsable de las actividades de inspección de puentes de la *Organización*. Entre sus funciones relacionadas con la inspección de puentes están las que se mencionan a continuación.

i. Responsabilidades y autoridad

- Asignar las labores a los *Organismos de inspección de puentes*.
- Dar seguimiento a los controles de calidad según lo indicado en la Sección 4.3 del MP-2024 Tomo I. Así como revisar y aprobar el programa de control de la calidad de cada OIP.
- Velar porque cada OIP atienda las recomendaciones del programa de aseguramiento de la calidad.
- Transmitir la necesidad de atención de hallazgos críticos a los responsables de las actividades de planificación de intervenciones y ejecución de proyectos de la *Organización* (ver Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I).

ii. Competencias

- Estudios o cursos formales en administración o gerencia de proyectos, de una institución autorizada por el Ministerio de Educación Pública en estas áreas.
- 5 años de experiencia en labores relacionadas con infraestructura como conservación, diseño estructural, construcción y/o inspección. Esta puede ser comprobada mediante cartas de clientes cuya veracidad deberá ser verificada.

El *Encargado de la coordinación de las inspecciones de puentes* puede actuar también como *Líder del equipo*, o como *Líder del equipo* e *Inspector(a) Nivel III* simultáneamente, si cumple también con las competencias requeridas descritas en este manual para cada uno de los puestos. De presentarse esto, el programa de aseguramiento de la calidad debe ser externo.

4.3 Control y aseguramiento de la calidad de las inspecciones

Esta sección se basa en la regulación "*Recommended Framework for a Bridge Inspection QC/QA Program*" (Federal Highway Administration [FHWA], 2017).

4.3.1 Definiciones

Calidad: El diccionario de la Real Academia Española (2019) define calidad como "una propiedad o un conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor". La

norma INTE/ISO 9000:2015 define el término como “grado en el que un conjunto de características cumple con los requisitos”, donde las características indican el alcance y los requisitos los criterios.

Sistema de gestión de calidad: La norma INTE/ISO 9000:2015 menciona que la gestión de la calidad puede incluir el establecimiento de políticas y objetivos de la calidad, así como de los procesos para lograr esos objetivos a través de la planificación, el aseguramiento, control y mejora de la calidad. Por lo tanto, un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) se encarga de documentar y sistematizar procedimientos o controles, de manera que se utilicen como guía de acción para determinadas actividades o procesos. Un SGC permite la mejora continua, la excelencia, competitividad y satisfacción del usuario.

Control de calidad: El control de la calidad es el establecimiento y reforzamiento de procedimientos con el fin del cumplimiento de los requisitos de la calidad. Se enfoca en detectar las fallas durante la inspección, redacción de informes, reportes o actualización de bases de datos.

Aseguramiento de la calidad: El aseguramiento de la calidad hace uso del muestreo u otras medidas para revisar el trabajo de control de calidad; se trata de un sistema de prevención de fallas que brinda confianza de que se cumplirán los requisitos de la calidad. A diferencia del control de calidad, el aseguramiento de la calidad está orientado al proceso y no al producto.

4.3.2 Generalidades

La calidad de las inspecciones y reportes recae primeramente en el trabajo del equipo de inspección y *Líder del equipo*, para el desarrollo y logro de un producto de calidad. El programa de control y aseguramiento de la calidad garantiza que se realicen inspecciones periódicas e independientes, así como revisiones y evaluaciones que provean retroalimentación en relación con la calidad y la uniformidad del OIP, sea este interno o externo. La retroalimentación deberá ser luego utilizada como entrada por los responsables de las inspecciones de puentes en la *Organización*, de manera que logren mejorar los procesos, los procedimientos, el entrenamiento y la calidad de los informes de inspección, así como proveer y mantener un alto grado de precisión y consistencia en los datos generados. Lo anterior es vital, pues no solo afecta los programas y la asignación de fondos, sino también la seguridad de los usuarios.

Se recomienda utilizar como base, el marco de requerimientos mínimos para el programa control de calidad y aseguramiento de la calidad que se presenta en los Apartados 4.3.3 y 4.3.4 del MP-2024 Tomo I. De manera alternativa, el SGC puede estar certificado bajo la norma INTE/ISO/IEC 17020:2012, que también exige al OIP estos requisitos y otros complementarios.

4.3.3 Documentación del programa de control de calidad y aseguramiento de la calidad

a. Documentar los procedimientos de control de calidad y aseguramiento de la calidad.

b. Elaborar un propósito y misión para el programa de control de calidad y aseguramiento de la calidad.

c. Proveer una lista de definiciones apropiadas.

4.3.4 Procedimientos de control de calidad

a. Definir y documentar roles y responsabilidades en el control de calidad.

b. Documentar las competencias requeridas para *Líder del equipo* de inspección de puentes e *Inspector(a) Nivel I*, *Inspector(a) Nivel II* e *Inspector(a) Nivel III* del organismo de inspección externo o interno a la *Organización*, que como mínimo deberán ser las establecidas en este manual. Se recomienda ir incorporando en los archivos del OIP, cada comprobante de requisito cumplido, curso en el que se ha participado y demás documentos, para facilitar la trazabilidad y evitar pérdida de comprobantes.

c. Documentar los procesos para trazar la manera en que las calificaciones fueron adquiridas, incluyendo:

   i. Años y tipo de experiencia.

   ii. Entrenamiento completado.

   iii. Certificaciones y registros.

d. Documentar los requisitos de entrenamiento de refrescamiento, incluyendo:

   i. Cursos de entrenamiento, cursos especializados.

   ii. Definir el contenido de los cursos de refrescamiento, la frecuencia y el método del desarrollo.

e. Documentar competencias especiales, entrenamientos y necesidad de herramientas, dispositivos y equipos específicos para los distintos tipos de inspectores.

f. Documentar procedimientos para revisión y aprobación de informes de inspección.

g. Documentar procedimientos para identificar y resolver errores de datos, omisiones y/o cambios.

h. Documentar procedimientos para asegurar la imparcialidad del OIP, incluyendo la matriz de riesgo a la imparcialidad.

i. Documentar que el equipo de medición cumple con lo siguiente:

   i. Código o identificación para evitar confundirlo con otros similares.

   ii. Al menos comprobado antes de su puesta en uso y/o cuando exista la sospecha de que el equipo presenta daño o un funcionamiento atípico. Para ello se debe utilizar equipo de referencia debidamente calibrado. La calibración del equipo de referencia debe estar acreditada bajo la norma INTE/ISO/IEC 17025:2005, salvo aquellos casos en que el país no tenga la capacidad para realizarla con la debida justificación técnica. El equipo de referencia puede ser un patrón o equipo un similar al que se comprueba. El equipo de referencia solo se debe de utilizar para realizar las comprobaciones y debe ser conservado en condiciones de resguardo y almacenamiento adecuados para prevenir daño o deterioro. Dependiendo de la naturaleza del equipo de referencia, se debe calibrar a intervalos adecuados.

   iii. Evidencia de las comprobaciones realizadas, con sus correspondientes parámetros de aceptación.

4.3.5 Procedimientos de aseguramiento de la calidad

a. Definir y documentar roles y responsabilidades para el aseguramiento de la calidad.

b. Documentar los procedimientos para realizar revisiones de control de calidad en oficina y campo, incluyendo:

   i. Procedimientos para mantener, documentar y compartir resultados de revisiones, incluyendo reportes anuales.

   ii. Establecer parámetros de frecuencia de revisión. Los parámetros pueden incluir:

      – Frecuencia de revisión recomendada o establecer un número de unidades para ser revisadas anualmente.

      – Recomendar el número de puentes a ser revisados.

   iii. Procedimientos para el muestreo de parámetros de selección de puentes para revisión. El procedimiento puede considerar:

      – Si el puente tiene un archivo de datos o no.

      – Deficiencia en la condición del puente.

- Si el puente está programado para ser rehabilitado o reemplazado.
- Si el puente ha tenido hallazgos críticos.
- Puentes con cambios inusuales en la condición estructural.
- Puentes que requieren inspecciones especiales.
- Ubicación del puente.

iv. Procedimientos para revisar reportes de inspección, archivo de información del puente y capacidad de carga.

v. Definir en la condición estructural, lo que está fuera de la tolerancia de la capacidad de carga, por ejemplo: capacidades de carga que difieren por más del 15% (ver detalle del proceso y los casos en los que es posible obtener la capacidad de carga en el Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I). Definir criterios de resultados fuera de límites de tolerancia que se deben establecer, tanto para la determinación de la condición (ver Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I), como para los resultados del análisis de capacidad y restricción de carga (ver Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I). A modo de ejemplo, para la determinación de la condición, la tolerancia podría ser un nivel por encima o por debajo del establecido, y para el caso de la capacidad de carga, una diferencia de más del 15 %.

vi. Lista de chequeo que cubra ítems típicos para ser revisados como parte de los procedimientos de aseguramiento de la calidad.

- Archivo de información del puente.
- Inspección en campo.
- Análisis de capacidad de carga.

vii. Otros

c. Documentar procedimientos de descalificaciones para líderes de equipos y OIP externos, de los que se tiene evidencia de un desempeño que no cumple con los mínimos establecidos por la *Organización*.

d. Documentar procedimientos de re-calificaciones para los líderes de equipo y organismos de inspección externos anteriormente descalificados que demuestren desempeño aceptable.

e. Documentar procedimientos para conducir inspecciones en un “puente control”.

f. Documentar procedimientos para validar los procedimientos de control de calidad.

Con el fin de validar la calidad de los procesos que se siguen, el OIP debe presentar sus procedimientos de control de calidad y aseguramiento de la calidad al *Encargado de la coordinación de las inspecciones de puentes* o al *Encargado del aseguramiento de la calidad* para su revisión y aprobación.

Se debe de considerar que, si el OIP es interno, es decir, pertenece a la misma entidad encargada de las actividades de puentes, el aseguramiento de la calidad debe estar a cargo de una entidad externa (contratada). Si el OIP es externo, el aseguramiento de la calidad puede realizarse por un departamento que es parte de los responsables de las actividades de inspección de puentes que no esté relacionado con ninguna labor de inspección (ver Figura 4.1).

4.4 Capacitación

Se deben establecer cursos de capacitación cuyo objetivo principal es formar inspectores, que estos vayan avanzando de nivel, y que además mantengan o mejoren sus capacidades una vez alcanzado cierto nivel, así como homogenizar criterios entre los integrantes de un OIP, para que la información generada a través de las inspecciones de puentes sea consistente, y que esto sirva a la *Organización* como insumo para la toma correcta de decisiones. Los cursos de capacitación incluyen los cursos obligatorios que se mencionan en el Apartado 4.4.1 del MP-2024 Tomo I y capacitaciones complementarias, cuyas temáticas (es decir, el contenido base de la capacitación) se plantean en el Apartado 4.4.2 del MP-2024 Tomo I. Otras temáticas para capacitaciones complementarias podrán ser definidas por la *Organización*. Por otra parte, esta también deberá aprobar el formato del curso, por ejemplo, si podrán ser presenciales o vía remota.

La *Organización* se encarga de valorar y establecer las entidades que cuentan con cursos que pueden considerarse como parte de la capacitación continua de los inspectores según se define en esta sección.

4.4.1 Cursos obligatorios

a. Introducción a la inspección de puentes.

   Curso para nuevos inspectores (*Inspector(a) Nivel I* según Sección 4.2 del MP-2024 Tomo I). Es pre-requisito del curso de “Inspección de puentes en servicio”. Deberá presentar conceptos ingenieriles generales, procedimientos de inspección e información acerca de los tipos de puentes, elementos y materiales.

b. Inspección de puentes en servicio.

   Curso para personas que van a realizar inspecciones de puentes (*Inspectores(as)*

Nivel II según Sección 4.2 del MP-2024 Tomo I). Deberá hacer énfasis en la ejecución de la inspección y los procedimientos. Tendrá como objetivo enseñar cómo codificar y asignar una calificación al puente inspeccionado, así como presentar daños comunes en diferentes tipologías de puentes. Se incluyen temas sobre cómo identificar la necesidad de otro tipo de inspecciones (elementos críticos por fractura, bajo agua, ensayos no destructivos y otras inspecciones detalladas.) y cómo se ejecutan (de forma general). Además, discutir acerca de la ejecución de inspecciones en puentes especiales.

c. Refrescamiento inspección de puentes en servicio.

El(la) inspector(a) está obligado a realizar el curso para ser *Inspector(a) Nivel III*. Además, los *Inspectores(as) Nivel III* deben realizarlo cada 2 años para mantener su estatus. Si el inspector lo decide, puede solo realizar el examen para comprobar sus conocimientos. Tiene como fin actualizar al inspector en los cambios en manuales e implementación de nuevas tecnologías.

4.4.2 Capacitaciones complementarias para profesionales

a. Elementos críticos por fractura.

Se estudian conceptos de elementos críticos por fractura, identificación de mecanismos de falla, fatiga en metales y generalidades sobre ensayos no destructivos. Además, se deben incluir demostraciones de los ensayos no destructivos que pueden implementarse en la inspección de puentes metálicos.

b. Estabilidad del flujo, erosión y socavación en la ubicación de los puentes.

Se estudia la clasificación de la estabilidad del flujo y el análisis cualitativo de la respuesta del flujo, así como estimaciones de socavaciones y erosiones.

c. Ensayos no destructivos.

Se establecen herramientas y sistemas para ejecutar ensayos no destructivos que son de uso comercial en puentes. Se busca mostrar la eficiencia y efectividad de las inspecciones con estas técnicas. Algunos de los ensayos a estudiar son: ultrasonido, corriente Eddy, termografía infrarroja, impacto eco, ondas ultrasónicas, impulso-respuesta, radar de penetración, emisión acústica, partículas magnéticas, líquidos penetrantes, radiografía, velocidad del pulso, pulso eco, pachómetro, métodos de sonido físico, métodos eléctricos.

d. Inspección de puentes bajo agua.

Se abarcan los siguientes temas: métodos de inspección bajo agua, mecanismos de

deterioro de materiales bajo agua y las respectivas técnicas de inspección, técnicas de inspección de erosión y socavación, calificación de elementos bajo agua.

e. Introducción de datos o uso con fines de gestión de la herramienta analítica del Sistema de Gestión de Puentes.

   Se presenta una guía para introducir datos a la base de datos de puentes de la *Organización*.

   Se exploran todas las capacidades de la herramienta para que sea utilizada como ayuda para la correcta toma de decisiones. Ver en el Apartado 2.8.2 del MP-2024 Tomo I, las temáticas de algunos cursos enfocados en la elección y uso de la herramienta analítica elegida por la *Organización*.

f. Otros.

   Quedan abiertas otras temáticas orientadas a puentes, como: sistema de gestión de puentes, diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación mayor, estimación del costo de ciclo de vida, seguridad vial, hidrología e hidráulica, aspectos geotécnicos, aspectos topográficos, sistemas de información geográfica, entre otros.

4.5 Bibliografía

FHWA. (2017). *Recommended Framework for a Bridge Inspection QC/QA Program.* Federal Highway Administration. Obtenido de https://www.fhwa.dot.gov/bridge/nbis/nbisframework.cfm

INTECO. (2005). *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración* (INTE/ISO/IEC 17025:2005). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2012). *Evaluación de la conformidad. Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección* (INTE/ISO/IEC 17020:2012). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario* (INTE/ISO 9000:2015). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

Real Academia Española. (2019). *Diccionario de la lengua española.* Real Academia Española. Obtenido de https://dle.rae.es/

5

Medidas de seguridad y procedimientos previos a las inspecciones

5.1 Seguridad ocupacional 5/2

5.1.1 Buenas prácticas de seguridad ocupacional 5/3

5.1.2 Vestimenta y equipo de protección personal 5/4

5.1.3 Medidas de seguridad para inspecciones en alturas 5/12

5.1.4 Medidas de seguridad para inspecciones en espacios confinados 5/12

5.1.5 Manejo del tránsito 5/13

5.2 Equipos de inspección 5/13

5.3 Preparativos de la inspección 5/19

5.4 Equipos y vehículos de acceso para inspección 5/23

5.4.1 Equipos de acceso 5/24

5.4.2 Vehículos de acceso 5/32

5.5 Bibliografía 5/35

La información contenida en el presente capítulo se basa en el *Manual de Inspección de Puentes* (Ministerio de Obras Públicas y Transportes [MOPT] y Agencia de Cooperación Internacional Japonesa [JICA], 2007) y en el "*Bridge Inspector's Reference Manual_BIRM"* (Federal Highway Administration [FHWA], 2012).

5.1 Seguridad ocupacional

Las situaciones de peligro son inherentes a las labores de inspección de un puente, por lo que el proceso de inspección requiere de vigilancia continua y del conocimiento de las medidas de seguridad que deben ser seguidas por cada miembro del *Organismo de inspección de puentes* (OIP). Desde este punto de vista, la seguridad ocupacional juega un papel clave durante la inspección, ya que garantiza la seguridad e integridad de los inspectores, los transeúntes y vehículos, durante todo el desarrollo de la inspección.

Las personas que laboren en un OIP deben tener un estado completo de bienestar físico y mental. Para el desarrollo de una inspección en sitio se recomienda que las personas involucradas no presenten padecimientos como vértigo, acrofobia, trastornos neuromotores (como Parkinson, disfunción piramidal, paraparesia, cuadriparesia), epilepsia, depresión mayor y trastorno bipolar; tampoco se recomienda en personas con sistema inmunológico comprometido por enfermedades como cáncer, VIH, enfermedades reumatológicas y otros, que ameriten tratamiento inmunosupresor; en caso de embarazo, se debe consultar con el médico si es posible ejecutar la actividad acorde con la evolución de este.

Como se menciona en el Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I, un equipo de inspectores de puentes debe estar conformado por un mínimo de dos personas inspectoras, con el fin de que haya al menos una persona disponible para atender una eventualidad que puede estar sufriendo la otra persona.

A continuación, se describen prácticas de seguridad generales que deben ser de conocimiento y cumplimiento por parte de todos los miembros del OIP. Será responsabilidad del *Inspector(a) Nivel III* encargado de coordinar la inspección, evaluar si se deben tomar medidas de seguridad adicionales a las presentadas en los siguientes apartados, según las características propias de la inspección a realizar y de acuerdo con la normativa de seguridad ocupacional vigente.

Se recomienda tomar las acciones progresivas para desarrollar en el OIP una cultura de seguridad ocupacional, más que simplemente ejecutar directrices tendientes a cumplir con requisitos normativos o contractuales, de forma que garantice no solo la continuidad de las medidas en el largo plazo, sino además su efectividad.

5.1.1 Buenas prácticas de seguridad ocupacional

Las situaciones que se pueden presentar durante la inspección de un puente son diversas, por lo que es responsabilidad de los integrantes del equipo de inspección permanecer atentos al entorno y estar listos para reaccionar de manera oportuna, priorizando siempre la seguridad propia, la del resto del equipo de inspección y la de los usuarios del puente. A continuación, se presenta una lista de buenas prácticas a considerar durante la inspección. La lista no es exhaustiva y es responsabilidad del OIP asegurar que se tengan las previsiones necesarias para cada inspección que se realice.

a) Realizar un reconocimiento del lugar de trabajo, identificando posibles riesgos de forma previa al traslado al sitio y a la realización de los trabajos de inspección.
b) Utilizar mascarilla para no respirar el polvo proveniente de las excreciones de animales (murciélagos, por ejemplo).
c) Atar a sí mismo todas las herramientas y cuadernos, especialmente cuando se trabaja junto al tránsito vehicular.
d) No utilizar equipo defectuoso como peldaños de escaleras dañadas, cuerdas gastadas, cables deshilachados, entre otros.
e) Seguir el plan de seguridad en todo momento.
f) Utilizar la vestimenta, el calzado y el equipo de protección personal (EPP) adecuado, utilizando ropa laboral ajustada a la talla de cada inspector, que se encuentre en buen estado, y zapatos de trabajo con suela antideslizante con poco o nulo desgaste.
g) En caso de detectar personas en el equipo de trabajo que podrían estar intoxicados o utilizando drogas que impidan el buen juicio, reflejos o coordinación, reportarlo para hacer cambios en el equipo.
h) Seguir las recomendaciones de los fabricantes del EPP, en cuanto a las condiciones o intervalos de tiempo de reemplazo de este.
i) Evitar el uso de medicamentos que puedan causar somnolencia o mareos.
j) Usar el sentido común y el buen juicio.
k) Enfocarse en la labor dejando de lado cualquier distracción, descuido o preocupación acerca de asuntos personales.
l) Reconocer limitaciones personales como falta de conocimiento, habilidades o capacidades físicas para realizar el trabajo, para que otro(a) inspector(a) con experiencia pueda asesorarlo a realizar el trabajo o para que lo sustituya.
m) Reconocer la presencia de líneas de servicio como cables eléctricos, y alejarse de esas zonas.
n) Disminuir al mínimo el tiempo de exposición directa al sol, protegerse mediante el uso de bloqueadores con niveles de protección adecuados, utilizar prendas de vestir que protejan la piel de los rayos ultravioleta y evitar la deshidratación manteniendo un

consumo constante de líquido.

o) Llevar meriendas para disminuir los efectos de la fatiga, cansancio y hambre.

Uno de los objetivos de un OIP debe ser el compromiso constante con la seguridad ocupacional de sus colaboradores, y por eso las medidas enlistadas anteriormente son aspectos mínimos por incluir en un plan de seguridad general asociado a las actividades de inspección, el cual debe ser aprobado por el *Encargado de coordinación de las inspecciones de puentes*, y que se debe revisar antes de cada inspección, y en caso de ser necesario, ajustar de acuerdo con las necesidades propias de ese tipo de inspección (ver Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I). Se recomienda consultar el capítulo de seguridad ocupacional incluido en la publicación "*Bridge Inspection Pre-Activity Safety Plan"* (Washington State Department of Transportation [WSDOT], 2019), en donde se presenta un plan que relaciona las actividades de inspección con los riesgos y las medidas de control, que puede servir como modelo para el desarrollo de un plan de seguridad del OIP.

Como anteriormente se mencionó, la labor de la inspección de un puente tiene riesgos asociados, por lo que se recomienda encarecidamente que los inspectores de puentes hayan llevado capacitaciones en primeros auxilios para que puedan atender situaciones que se presentan, de manera correcta y oportuna.

5.1.2 Vestimenta y equipo de protección personal

De acuerdo con los incisos b) y ch) del Artículo 284 de la Ley n.º 2 de la República de Costa Rica correspondiente al *Código de Trabajo* (1943), el OIP está en la obligación de proveer el EPP y seguridad en el trabajo a sus inspectores, así como asegurar su uso correcto y adecuado funcionamiento. Además, el OIP debe programar capacitaciones teóricas y prácticas dirigidas a los inspectores, para la utilización de los equipos de protección personal y seguridad necesarios para las inspecciones. En el Inciso 5.1.2.1 del MP-2024 Tomo I se enlista el equipo de protección mínimo con el que debe contar toda persona inspectora, y en el Inciso 5.1.2.2 del MP-2024 Tomo I se menciona otro equipo que podría necesitarse ante situaciones especiales que se describen en el mismo inciso. Además, en la Figura 5.1, la Figura 5.2 y la Figura 5.3 se presentan fotografías representativas del equipo de protección personal descrito en esos incisos.

5.1.2.1 Vestimenta y equipo de protección personal mínimo

El equipo mínimo de protección personal y seguridad que debe tener y utilizar un inspector de puentes es:

a) Casco de seguridad que cumpla con la norma INTE T5:2016 o su versión vigente. El casco debe estar sin fracturas, hundimientos o perforaciones, y contar con suspensión mínima de 4 puntos y estructura de soporte entera. Además, se recomienda que cuente con barbiquejo o cinta para sujeción del casco con la barbilla.
b) Zapatos de seguridad con suela que produzca tracción, que cumplan con la norma INTE/ISO 20345:2015 o INTE/ISO 20346:2015 o su versión vigente. No se permiten zapatos de protección con cortaduras, rotos o con desgaste importante en la suela que comprometan la seguridad y salud de las personas trabajadoras.
c) Prendas de alta visibilidad retrorreflectivas como overoles, chaquetas, chalecos, camisas, capas, pantalones u otras prendas impermeables, las cuales pueden tener retrorreflectividad en toda la prenda o tener franjas reflectivas, y deben cumplir con la norma INTE W67:2018 o su versión vigente.
d) Botiquín de primeros auxilios con suplementos.
e) Equipo de comunicación (como radio comunicadores o celulares) para informar sobre situaciones que se puedan o se están presentando en el sitio de inspección. Se debe verificar que el alcance del comunicador no sea menor del requerido en campo.

5.1.2.2 Vestimenta y equipo de protección personal necesario ante diversas circunstancias

En algunas ocasiones puede requerirse equipo adicional por las condiciones particulares de la inspección. En la Tabla 5.1 se muestra un listado de equipos de seguridad necesarios para las condiciones específicas que se mencionan en la primera columna, y las normas o requisitos que deben cumplir. Será responsabilidad del OIP evaluar, de acuerdo con los requisitos específicos de la de la inspección, el uso de otros equipos adicionales a los indicados en esta tabla.

Tabla 5.1. Equipo de seguridad para condiciones específicas y normas que deben cumplir.

Tipo de trabajo	Equipo de seguridad	Norma o requisitos que deben cumplir
Donde se requiera protección para los ojos como en puentes con alta incidencia de residuos sobre calzada que puedan convertirse en objetos volantes.	Gafas y/o monogafas. Si se requiere por prescripción médica, con corrección visual, o para ser usados sobre los lentes de corrección visual	INTE T5:2016 o su versión vigente
En botes sobre cuerpos de agua.	Chalecos salvavidas	Deben tener materiales retrorreflectivos que cumplan con la norma INTE W67:2018 o su versión vigente
Dentro de cuerpos de agua poco profundos (donde la profundidad no es mayor a 0,4 m).	Botas impermeables	Deben cubrir hasta la rodilla
En zonas con alta probabilidad de presencia de serpientes.	Opción 1: botas contra mordeduras de serpientes	Se debe contar con la ficha técnica del fabricante que indique su función de protección
	Opción 2: polainas contra mordeduras de serpientes	
Donde se requiera protección respiratoria por presencia de polvo, excreciones de animales o por remoción de materiales de los elementos del puente como de pintura en vigas, o por recomendación médica en personas inspectoras asmáticas o con alguna enfermedad pulmonar obstructiva crónica.	Equipos de protección respiratoria y/o respiradores según se requiera para cada condición	INTE T6:2016 e INTE T40:2016 o sus versiones vigentes

Tabla 5.1. Equipo de seguridad para condiciones específicas y normas que deben cumplir.

Tipo de trabajo	Equipo de seguridad	Norma o requisitos que deben cumplir
Espacios confinados (ver Apartado 5.1.4 del MP-2024 Tomo I)	Equipos de protección respiratoria y/o respiradores con el respectivo suministro de oxigeno	INTE T6:2016 e INTE T40:2016 o sus versiones vigentes
	Equipo para monitoreo de gases peligrosos	Los equipos deben estar dentro de un programa de calibración y contar con el certificado al día de acuerdo con lo indicado por el fabricante.
Donde haya necesidad de contacto con materiales	Guantes de protección	Se debe contar con la ficha técnica del fabricante que indique los usos recomendados para el cual fueron fabricados y esto debe coincidir con la labor a realizar.
Donde se requiera protección auditiva	Protectores auditivos	INTE T93:2019 o su versión vigente
Donde se requiera mejorar la iluminación	Linterna	Se debe asegurar que la luminosidad o tamaño de la linterna sea el necesario para la tarea que se quiere realizar. La linterna debe ser impermeable y de preferencia que se acople al casco. Se recomienda consultar el *Reglamento General de Seguridad en Construcciones* (2017).
Donde se realicen labores de inspección en altura (ver Apartado 5.1.3 del MP-2024 Tomo I)	Anclajes	Deben ser independientes de cualquier otro tipo de anclaje y capaz de soportar, al menos, 22250 N (2268 kg) por persona trabajadora o dos veces la fuerza máxima que debe detener (lo que significa utilizar un factor de seguridad de dos en el diseño).
	Soporte para el cuerpo (arnés de seguridad)	INTE T38:2016 o su versión vigente. Además, las cintas o

Tabla 5.1. Equipo de seguridad para condiciones específicas y normas que deben cumplir.

Tipo de trabajo	Equipo de seguridad	Norma o requisitos que deben cumplir
		fajas, hebillas o cierres, argollas y ganchos deben tener un mínimo de resistencia por tensión de 22250 N (2268 kg).
	Líneas de vida	INTE T38:2016 o su versión vigente. Además, las líneas de vida que posean dispositivo de absorción, deben tener su punto de anclaje a una altura basada en el cálculo de la distancia total de caída que considere la longitud de la eslinga, la distancia de desaceleración, la altura de la persona trabajadora suspendida y un factor de seguridad recomendado por el fabricante.
	Conectores	INTE T38:2016 o su versión vigente. Además, deben ser de acero forjado, prensado o fundido, o hechos de un material equivalente (que pueda ser comprobado mediante documentos como fichas técnicas) y las conexiones entre conectores deben tener una resistencia mínima de tensión de 22250 N (2268 kg). Los ganchos deben tener traba para evitar que se abran accidentalmente.
Donde se realicen labores de inspección en altura (ver Apartado 5.1.3 del MP-2024 Tomo I) (*continuación*)	Escaleras	Artículo 84 del Decreto Ejecutivo n.º 40790-S-MTSS: Reglamento General de Seguridad en Construcciones INTE T26:2016 o su versión vigente
	Andamios	Artículos 85 al 95 del Decreto Ejecutivo n.º 40790-S-MTSS: Reglamento General de Seguridad

Tabla 5.1. Equipo de seguridad para condiciones específicas y normas que deben cumplir.

Tipo de trabajo	Equipo de seguridad	Norma o requisitos que deben cumplir
		en Construcciones INTE T24:2016 o su versión vigente
Donde haya necesidad de alertar a los conductores de la presencia de los inspectores (ver Apartado 5.1.5 del MP-2024 Tomo I)	Dispositivos de seguridad como conos de alta visibilidad y señales retrorreflectivas	Decreto Ejecutivo n.º 38799-MOPT: Reglamento de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías
Cuando sea necesario verificar que las condiciones atmosféricas no son riesgosas para realizar la labor de inspección	Dispositivos para medición de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento	El instrumento debe estar calibrado y certificado

Fuente: Tomado de INTECO (2016a, 2016f, 2019); INTECO (2016a, 2016d, 2016f, 2018); INTECO (2016c); INTECO (2016b, 2016e), *Reglamento General de Seguridad en Construcciones* (2017) y *Reglamento de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías* (2015).



Figura 5.1. Vestimenta y equipo de protección personal: 1) Chaleco de alta visibilidad retroreflectivo; 2) Dispositivo para medición de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento; 3) Cuerda de descenso y ascenso en pendientes; 4) Casco de seguridad con barbiquejo para sujeción; 5) Equipo de protección respiratoria; 6) Equipo para monitoreo de gases peligrosos; 7) Botiquín de primeros auxilios; 8) Crema de protección solar con SPF 50; 9) Guantes de protección; 10) Arnés de seguridad y líneas de vida.
Fuente: LanammeUCR, 2020.



Figura 5.2. Vestimenta y equipo de protección personal: 1) Botas impermeables de seguridad con puntera de acero y suela que produce tracción; 2) Zapatos de seguridad con puntera de acero y suela que produce tracción.
Fuente: LanammeUCR, 2020.

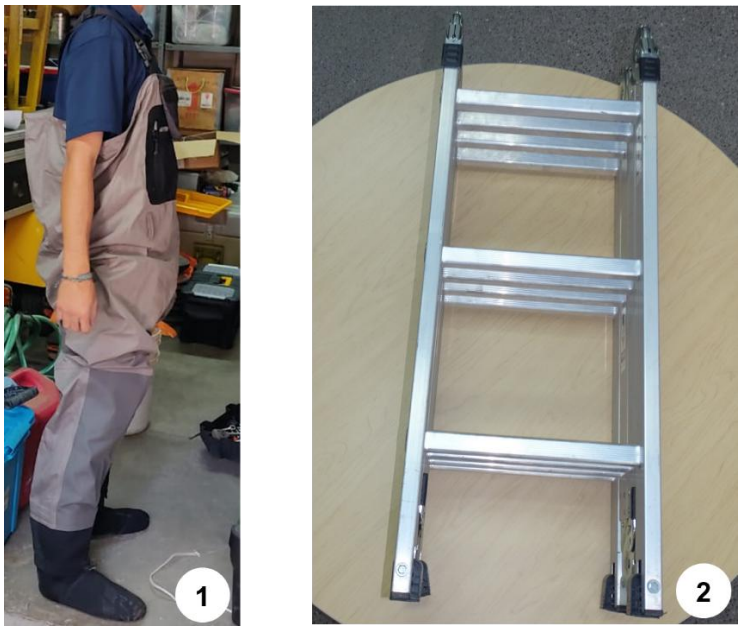


Figura 5.3. Vestimenta de protección personal y equipo de acceso: 1) Traje impermeable para inspección en cuerpos de agua; 2) Escalera compacta y plegable para transporte en vehículo.
Fuente: LanammeUCR, 2020.

5.1.3 Medidas de seguridad para inspecciones en alturas

Se consideran trabajos en altura, todas aquellas actividades que involucren riesgo de caída de personas u objetos a una altura superior a 1,5 m. Los sistemas de protección contra caídas por trabajos en alturas deben satisfacer los requerimientos de las normas INTE T38:2016, INTE T26:2016 o INTE T24:2016 (como se menciona en la Tabla 5.1).

También se recomienda acatar las disposiciones al respecto, de las normas de la Administración de la Seguridad y Salud Laboral (OSHA por sus siglas en inglés para "*Occupational Safety and Health Administration*"), principalmente la norma 1926 Subparte M denominada *Protección contra caídas* (OSHA, 2020).

Es importante mencionar que el uso de equipos de inspección en altura debe ser realizado por inspectores o personal capacitado (y certificado en caso de ser requerido por el tipo de trabajo), por entes autorizados para ese fin.

5.1.4 Medidas de seguridad para inspecciones en espacios confinados

Se consideran espacios confinados, aquellos en los que se detecte concentraciones de oxígeno menores a 19,5% o mayores a 23,5%, o aire con vapores inflamables o con alta concentración de combustibles o toxinas (OSHA, 2011). En estos casos, se deben tomar medidas de seguridad adicionales, que dicta el *Reglamento General de Seguridad en Construcciones* (2017) que se enlistan a continuación:

1. Contar con un plan de inspección de espacios confinados el cual debe estar aprobado por la *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como *Organización*) y ser fácilmente accesible a todas las partes involucradas. Además, contar con un permiso de ingreso (en caso de que la *Organización* así lo sugiera) y un plan de rescate en caso de emergencia.
2. Señalar el área de ingreso para indicar y recordar de forma clara, que se están llevando a cabo trabajos.
3. El grupo de inspección debe demostrar por escrito que está capacitado para realizar trabajos en espacios confinados, por medio de certificaciones emitidas por entes autorizados para ese fin.
4. Estar provistos de los equipos de protección personal requeridos (ver Apartado 5.1.2 del MP-2024 Tomo I) y equipo para su rescate.
5. Designar una persona capacitada que permanezca externa al espacio confinado para que vele por la seguridad de las personas trabajadoras que se encuentran dentro de dicho espacio. Debe mantenerse comunicación continua con el personal.
6. Monitorear la atmósfera del espacio confinado antes y durante la ejecución del trabajo para descartar como mínimo, la presencia de los componentes H2S, LEL y CO2 (ver

Tabla 5.1).

7. Controlar de forma continua que el porcentaje de oxígeno en el espacio confinado se encuentre entre 19,5% y 23,5 % (ver Tabla 5.1).
8. Dotar a las personas trabajadoras del equipo especial para el suministro de aire, solamente si el porcentaje de oxígeno es menor al permisible (19,5%).
9. Asegurar que existe iluminación para realizar los trabajos de manera eficiente y segura (ver Tabla 5.1).

Para condiciones que requieran tomar medidas adicionales según las condiciones propias de cada puente, se recomienda consultar las normas OSHA, principalmente la norma 1910 Subparte J denominada *Controles ambientales generales* (OSHA, 2013).

5.1.5 Manejo del tránsito

El objetivo del manejo del tránsito es guiar el tránsito a través del puente de forma que la vía sea segura y eficiente, tanto para las personas, ciclistas y usuarias de vehículos automotores, como para los inspectores. El manejo del tránsito en el país está a cargo de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito (DGIT) del MOPT, quien es la única instancia facultada por ley, para otorgar permisos de instalación de señales, avisos y dispositivos de control temporal del tránsito, para prevenir a los usuarios sobre la ejecución de trabajos dentro del derecho de vía.

Según se establece en el *Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos en las Vías* (MOPT, 2015), publicado a través del Decreto del Poder Ejecutivo de Costa Rica n.º 38799-MOPT, toda persona física o jurídica, pública o privada que requiera efectuar trabajos en las vías públicas y sus zonas adyacentes, deberá presentar previamente una solicitud por escrito a la DGIT, y no se podrán efectuar los trabajos hasta que dicha entidad emita la respectiva autorización escrita y se efectúe la señalización indicada en el respectivo plan de control temporal de tránsito.

5.2 Equipos de inspección

Varios factores inciden en la selección de los equipos de inspección, entre ellos el tipo de inspección, la tipología del puente y su entorno. La selección de los equipos de inspección es una tarea indispensable de los preparativos previos a la inspección de puentes (ver Sección 5.3 del MP-2024 Tomo I). Es importante que el inspector revise, antes de salir al campo, la información contenida en el archivo del puente, principalmente informes de inspección previos, planos del puente y cualquier otra información relacionada con las necesidades o requisitos específicos expresados por la *Organización*. Invertir tiempo en su selección, evita desaprovechar horas en el campo por la falta de equipos, o evita el tener que costear una inspección adicional porque no se pudo recabar información por ausencia de estos.

El equipo de inspección básico está compuesto por el EPP (ver Apartado 5.1.2 del MP-2024 Tomo I) y el equipo para actividades de limpieza, medición, observación, trabajo y registro. En la Tabla 5.2 se presenta una lista estándar de herramientas necesaria para realizar una *Inspección rutinaria* o *Inspección de inventario* (ver Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I). Sin embargo, para las *Inspecciones detalladas, Inspección de elementos críticos por fractura, Inspección bajo agua, Inspecciones especiales*, monitoreo de la salud estructural y pruebas de carga (ver Capítulos 3, 7, 11 y 12 del MP-2024 Tomo I), se requerirán equipos especiales no incluidos en la Tabla 5.2. Será responsabilidad del OIP evaluar, de acuerdo con los requisitos específicos de la inspección y considerando la información del Capítulo 7, Capítulo 11 y Capítulo 12 del MP-2024 Tomo I, el uso de otros equipos adicionales a los mostrados en la Tabla 5.2.

Los equipos de medición que se consideren críticos para el tipo de inspección respectivo, es decir, aquellos cuya medición tiene un impacto en un orden de magnitud importante en la determinación de la condición del elemento y por ende en los resultados de la inspección, o que son esenciales para la seguridad de los inspectores durante su labor, deben ser considerados para una verificación y revisión periódica a través de un programa de calibración de equipos.

De la Figura 5.4 a la Figura 5.9 se presentan fotografías representativas de los equipos de inspección descritos en la Tabla 5.2.



Figura 5.4. Equipo de inspección para la actividad de limpieza: 1) Limpiones; 2) Cepillo de acero; 3) Espátula; 4) Machete y funda de protección; 5) Brocha; 6) Cucharón.
Fuente: LanammeUCR, 2020.

Tabla 5.2. Lista estándar de herramientas de inspección de puentes.

Actividad	Herramientas
Limpieza (ver Figura 5.4)	○ Escoba pequeña, brocha y limpiones para quitar polvo y escombros. ○ Cepillo de acero para remover la pintura y la corrosión del acero, los desprendimientos del concreto, y en general los sedimentos acumulados. ○ Espátulas o cucharones para remover la corrosión de la superficie de un elemento, o acumulación de sedimento, vegetación y moho. ○ Desatornillador plano para la limpieza general y la investigación de zonas específicas. ○ Pala para remover suciedad y escombros. ○ Machete para cortar maleza alta o abrir camino entre la misma.
Medición* (ver Figura 5.5)	○ Cinta de medición de bolsillo. ○ Cinta de medición larga (se recomienda 50 m) para las dimensiones más grandes. ○ Distanciómetro electrónico, de preferencia con pantalla objetivo, para medir dimensiones de difícil acceso. ○ Odómetro para mediciones de longitudes de tramos y ancho del puente. ○ Calibrador (vernier) para medir el grosor de elementos de acero. ○ Medidor de inspección óptica para la medición del ancho de las grietas. ○ Medidor de inclinación, de preferencia digital o complementado con un transportador, para determinar la inclinación del elemento. ○ Nivel para medir o evidenciar las pendientes (por ejemplo, del puente y sus accesos) y medir además los hundimientos.
Observación (ver Figura 5.7)	○ Binoculares para examinar a distancia. Se recomienda que los binoculares tengan, como mínimo, aumento 10x y diámetro objetivo de la lente de 42 mm (10x42). ○ Foco para examinar lugares oscuros. ○ Lupa ligera para examinar de cerca las grietas. ○ Espejos de inspección o boroscopio para inspeccionar áreas de difícil acceso.
Herramientas de trabajo (ver Figura 5.8)	○ Cuchilla para tareas generales. ○ Cincel para examinar la superficie de los elementos de madera. ○ Calador para examinar internamente los elementos de madera. ○ Cincelador para examinar la superficie del concreto. ○ Martillo para examinar si el concreto evidencia delaminación o el acero grietas. ○ Plomada para medir la alineación vertical.

Tabla 5.2. Lista estándar de herramientas de inspección de puentes.

Actividad	Herramientas
	○ Cinturón de herramientas con bolsa de herramientas para sostener las pequeñas. ○ Salveque o mochila de hombros para transporte del equipo necesario durante la inspección. En caso de usar tableta, se recomienda que posea compartimiento de almacenamiento y protección para la misma.
Registro (ver Figura 5.9)	○ Formulario de inspección, en físico o en digital por medio de tableta o celular. En caso de que el formulario sea físico, se recomienda el uso de portapapeles y se sugiere la utilización de hojas que pueden ser usadas en condiciones húmedas. En el caso del uso de tabletas o celulares, se recomienda el uso de cobertores protectores contra impactos y condiciones ambientales, así como el uso de accesorios ergonómicos que ayuden a su uso durante la inspección. ○ Lapicero. Se sugiere el uso de lapiceros que pueden ser usados en condiciones húmedas. ○ Cuaderno de campo. Se sugiere el uso de cuadernos de campo que pueden ser usados en condiciones húmedas. ○ Cámara fotográfica o dispositivo que cumpla esta función, con una capacidad de memoria y de tiempo de uso acorde con lo requerido para el tipo de inspección. ○ Tiza o marcadores para identificación de elementos en las fotografías. Evitar hasta donde sea posible el uso de aerosoles permanentes. ○ GPS. ○ Como herramienta de apoyo se puede considerar el uso de un dron para fotografiar estructuras de difícil acceso o grabar videos, piloteado por una persona o institución capacitada, con su licenciamiento, seguros y certificado de operación al día según lo estipulado por la Dirección General de Aviación Civil del Gobierno de Costa Rica. Previamente a su uso, se deben establecer los límites aproximados en el alcance de los deterioros que se pueden identificar con la herramienta.

*Se recomienda comprobar los equipos de medición, contra patrones de medición específicos que estén bajo control metrológico.

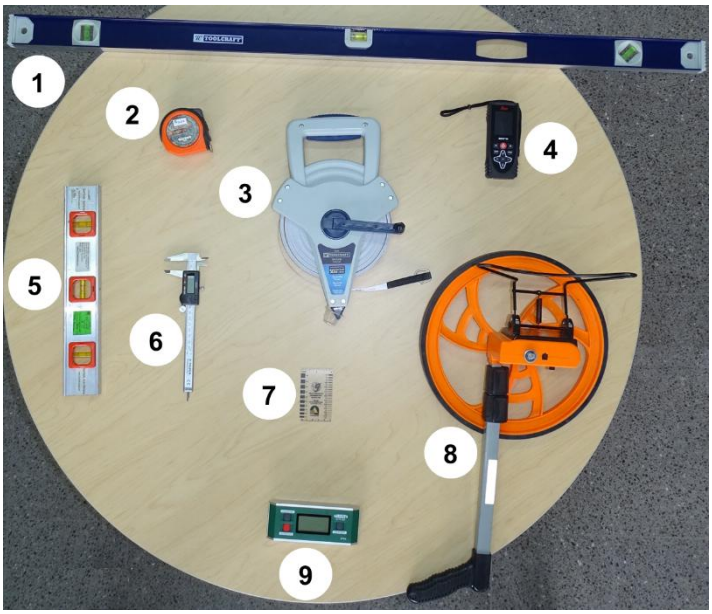


Figura 5.5. Equipo de inspección para la actividad de medición: 1) Nivel de burbuja largo; 2) Cinta de medición de bolsillo; 3) Cinta de medición larga (50 m); 4) Distanciómetro electrónico con pantalla objetivo (150 m); 5) Nivel de burbuja corto; 6) Calibrador (vernier); 7) Medidor de inspección óptica para la medición del ancho de las grietas (ver Figura 5.6); 8) Odómetro; 9) Medidor de inclinación digital.
Fuente: LanammeUCR, 2020.



Figura 5.6. Equipo de inspección para la actividad de medición: Uso del medidor de inspección óptica para la medición del ancho de las grietas. Caso del puente sobre el río Tibasito, Ruta Nacional n.º 112.
Fuente: LanammeUCR, 2019.

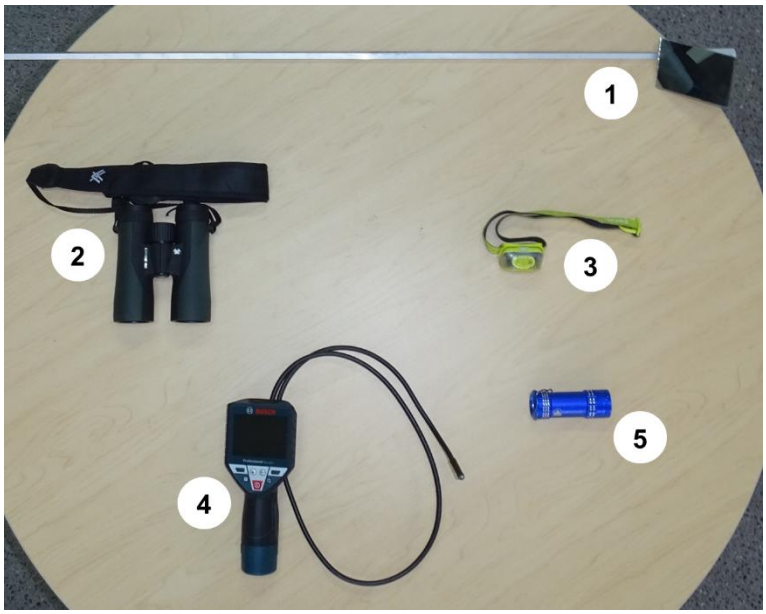


Figura 5.7. Equipo de inspección para la actividad de observación: 1) Espejo de inspección (para acceder áreas de difícil acceso); 2) Binoculares (10x42); 3) Foco para colocar en el casco de seguridad (ver Figura 5.1); 4) Boroscopio (para acceder áreas de difícil acceso); 5) Foco.
Fuente: LanammeUCR, 2020.



Figura 5.8. Equipo de inspección para la actividad de herramientas de trabajo: 1) Salveque o mochila de hombros para transporte del equipo y con compartimento para transporte de tableta; 2) Martillo; 3) Desatornillador de cabeza plana; 4) Navaja tipo multipropósito.
Fuente: LanammeUCR, 2020.

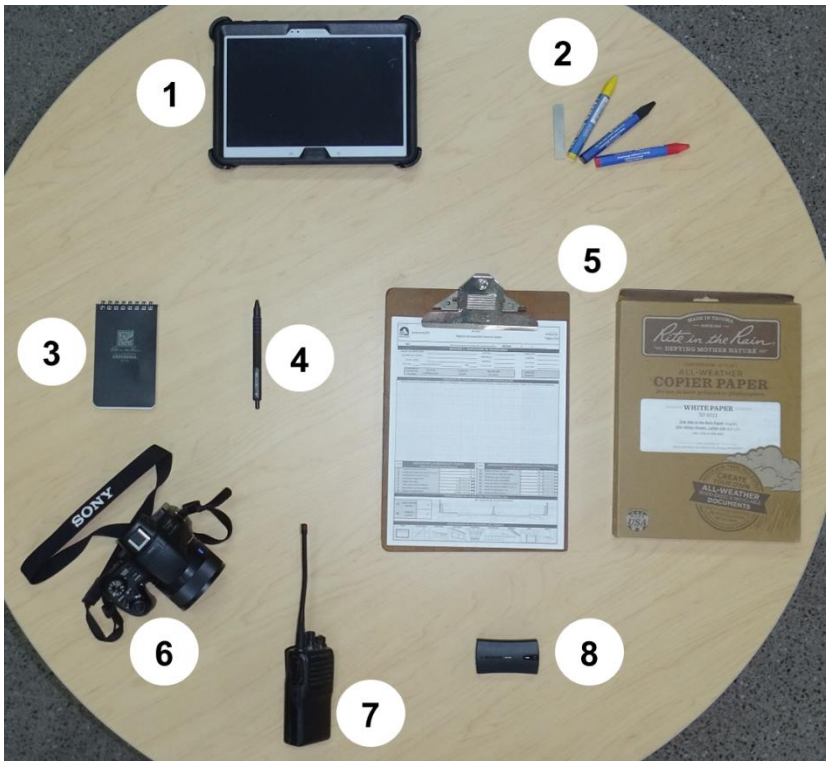


Figura 5.9. Equipo de inspección para la actividad de registro: 1) Tableta para formulario de inspección digital, con cobertor protector contra impactos y condiciones ambientales; 2) Tiza y crayones de colores; 3) Cuaderno de campo que puede ser usado en condiciones húmedas; 4) Lapicero que puede ser usado en condiciones húmedas; 5) Formulario de inspección en físico, utilizando portapapeles y hojas que pueden ser usadas en condiciones húmedas; 6) Cámara fotográfica; 7) Transmisor-receptor portátil ("*walkie-talkie*") para cuando las parejas o grupos de inspección se separan (equipo de comunicación); 8) GPS que envía la información a dispositivos electrónicos como tabletas y celulares.
Fuente: LanammeUCR, 2020.

5.3 Preparativos de la inspección

Previo a la ejecución en sitio de cualquier tipo de inspección de puentes, debe llevarse a cabo la programación, planificación y preparación de la misma. A través de esta fase previa, debe asegurarse que los distintos procesos requeridos durante la inspección, sean realizados de manera eficiente y con los equipos y herramientas adecuadas.

A continuación, se presenta un listado de los aspectos mínimos que deben ser contemplados en la fase de preparativos, para poder programar y planificar una inspección.

a. Definir cuáles inspectores realizarán las labores. Se debe definir un inspector que lidere

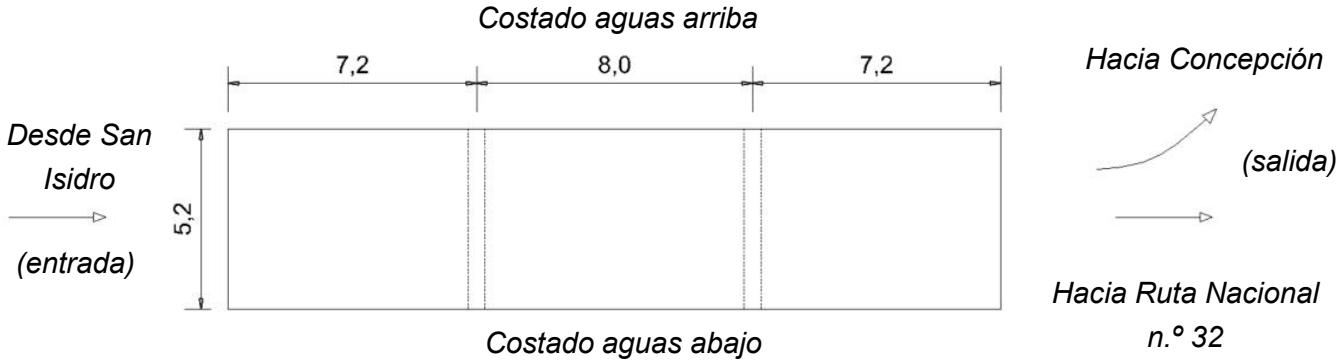
la inspección, y además quién será el encargado de realizar el informe, el cual puede ser la misma persona (ver las responsabilidades y competencias de los integrantes del OIP en el Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I).

b. Revisar el archivo de información del puente (base de datos del puente).
   A continuación, se enlistan los documentos que, en caso de estar disponibles, se deben revisar. La descripción de cada uno de estos se encuentra en la Sección 2.4 del MP-2024 Tomo I.
   - Planos constructivos, planos *"as-built"*, dibujos y esquemas del puente.
   - Especificaciones técnicas.
   - Correspondencia.
   - Fotografías.
   - Análisis de capacidad de carga.
   - Documentación relacionada con los materiales y ensayos, incluidas certificaciones de materiales y datos de ensayos de materiales.
   - Historia de reparaciones y labores de mantenimiento y rehabilitación.
   - Historia de revestimientos (sistemas de protección de pintura).
   - Reportes de accidentes.
   - Restricciones de carga.
   - Datos sobre inundaciones, socavación y erosión.
   - Datos de tránsito.
   - Historial de inspección.
   - Requisitos de inspección.
   - Hojas de inventario y evaluación de la condición de los elementos de la estructura.
   - Información de inspecciones.
   - Registros de calificaciones de la condición.
   - Otra información registrada en la base de datos del puente.
c. Determinar el tipo de inspección
   Según las necesidades y los requerimientos identificados para el puente, se debe determinar el tipo de inspección que debe ser llevado a cabo, estableciendo los objetivos de la inspección y el alcance de esta (ver Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I).
d. Revisar el intervalo de inspección correspondiente.
e. Identificar los componentes y elementos del puente, siguiendo el procedimiento que se muestra a continuación y que se explica con más detalle en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I, el cual muestra cómo debe realizarse la numeración de las superestructuras y subestructuras. Para establecer el sistema de identificación de componentes y elementos del puente, debe realizarse lo siguiente:
   - En una vista superior de cada superestructura, definir la dirección de la vía y la dirección del flujo del cuerpo de agua (en caso de que la estructura cruce sobre uno)

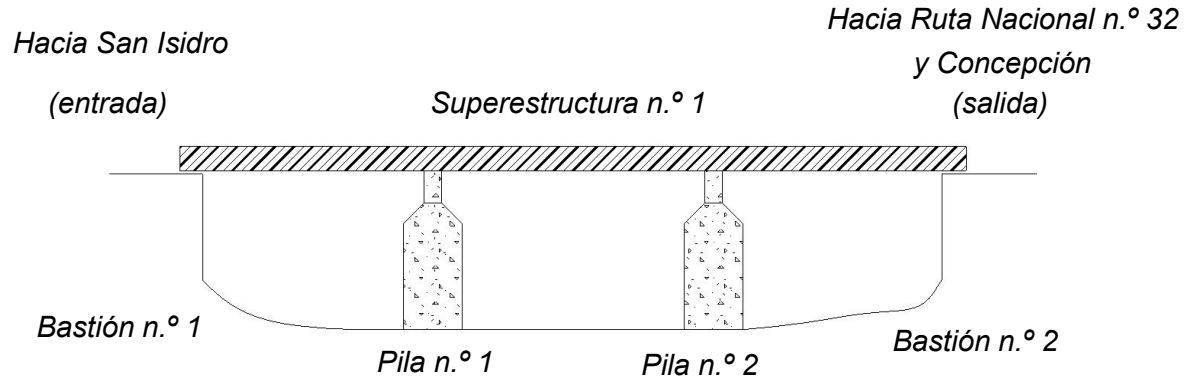
(ver Figura 5.10 (a)).

- En una vista en elevación del puente, definir la numeración de cada superestructura y numeración de cada subestructura (ver Figura 5.10 (b)).
- En el caso de inspecciones detalladas, de elementos críticos por fractura, bajo agua o especiales, se debe indicar la zona inspeccionada.

Cuando se preparan nuevos informes de puentes que han sido evaluados previamente, se permite el uso de la misma identificación de componentes y elementos utilizada en los informes de inspección previos, siempre y cuando la identificación se adapte al sistema descrito en este manual; de lo contrario se deberá cambiar.



(a) Vista superior (cotas en metros).



(b) Elevación.

Figura 5.10. Ejemplo de esquema básico e identificación. Caso del puente sobre el río Tibasito, Ruta Nacional n.º 112.
Fuente: LanammeUCR, 2019.

f. Desarrollar una secuencia de inspección

Lo primero que debe prevalecer cuando se desarrolla una secuencia de inspección, es establecer un orden lógico, secuencial y sistemático. Adicionalmente, se debe de considerar el tipo de inspección a realizar.

Para *Inspecciones rutinarias* e *Inspecciones de inventario* (ver Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I), se recomienda utilizar un orden de inspección consistente con la información presentada en el Capítulo 6 y en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I, que de manera general se enumera a continuación:

1. Accesorios.
2. Accesos.
3. Seguridad vial.
4. Superestructura (tablero). Se recomienda inspeccionarlo en su superficie superior e inferior, tanto desde aguas arriba como desde aguas abajo.
5. Superestructura (vigas, losa, arco, cajón, cercha, colgante o atirantado).
6. Subestructura.
7. Sistema de protección contra amenazas naturales.
8. Río.

Para otro tipo de inspecciones como la *Inspección detallada*, *Inspección de elementos críticos por fractura*, *Inspección especial*, *Inspección bajo agua* e *Inspección por eventos extremos* (ver Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I), se deben considerar otros factores para definir la secuencia de inspección, como lo son los siguientes:

- Tipología del puente.
- Condición de los componentes del puente.
- Condición general de la estructura.
- Requerimientos de la inspección dados por la *Organización*.
- Tamaño y complejidad del puente.
- Condiciones de tránsito.
- Condiciones de acceso.
- Consideraciones especiales.

g. Preparar los formularios de recolección de información

Los formularios de recolección de información, ya sea impresos o digitales, permiten reducir el trabajo en campo. Un ejemplo de éstos son los que se presentan en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I para la *Inspección de inventario*. Se deben crear copias digitales o impresas de los esquemas o figuras que se han presentado en informes anteriores, con el fin de corroborar los datos o para actualizarlos. Si los esquemas (por ejemplo, esquemas generales o de daño) previos no existen, entonces deben ser preparados. Es recomendable llenar de previo aquella información que puede ser recolectada en la oficina, para su comprobación en sitio.

h. Planear el sitio para la descarga de equipos y para el estacionamiento de vehículos,

verificar la necesidad de preparar todos los dispositivos de seguridad necesarios para la implementación del plan de manejo de tránsito (en caso de ser requerido), según se describe en el Apartado 5.1.5 del MP-2024 Tomo I.

i. Establecer las medidas de seguridad ocupacional (ver Apartado 5.1.1 del MP-2024 Tomo I). Se debe preparar un plan de medidas de seguridad asociado a las actividades de inspección que se realizan en el sitio.
j. Preparar la vestimenta y equipos de protección personal (ver Apartado 5.1.2 del MP-2024 Tomo I).
k. Preparar los equipos de inspección (ver Sección 5.2 del MP-2024 Tomo I).
l. Determinar los métodos de acceso (ver Sección 5.4 del MP-2024 Tomo I).
m. Identificar la ruta de acceso o salida rápida a un centro médico más cercano desde el sitio de inspección, e identificar dónde acudir en caso de accidentes, mordeduras de animales u otra situación que haya afectado la salud del inspector. En caso de peligro de mordeduras de serpientes, es necesario identificar los centros de salud dónde haya personal médico capacitado y que cuenten con los sueros antiofídicos necesarios.
n. Consideraciones especiales

   El inspector debe tomar en cuenta los siguientes aspectos, con el fin de buscar que la labor de inspección se pueda realizar de manera segura, eficiente, ágil y que a su vez se cumpla con los requisitos para el aseguramiento de la calidad.

   - Tiempo requerido para la preparación en la oficina.
   - Tiempo de viaje (contemplar las horas pico de las rutas que se utilizan para llegar al puente).
   - Tiempo para instalación de equipos.
   - Tiempo para establecer el cierre parcial con todos los dispositivos de seguridad vial según el plan de manejo de tránsito (si corresponde).
   - El tiempo en campo, dependiendo del tipo de inspección, tipología del puente, estado de deterioro del mismo, entre otros.
   - Condiciones atmosféricas pronosticadas.
   - Permisos especiales indicados por la *Organización*.
   - Actividades especiales subcontratadas.
   - Tiempo de preparación y entrega del informe.

5.4 Equipos y vehículos de acceso para inspección

Dos formas de acceder a todas las áreas de un puente es mediante equipos o vehículos de acceso. Sin importar cuál sea el equipo o el vehículo de acceso que se utilice, el equipo de inspección debe familiarizarse con la ubicación y el entorno del puente antes de partir al sitio, determinar las necesidades de control de tránsito, definir la persona que utilizará el equipo o vehículo, y verificar que los equipos y vehículos a utilizar se encuentran en condiciones óptimas

para su uso.

Cuando la *Organización* lo considere necesario, el operario del equipo o vehículo de acceso ya sea un(a) inspector(a) o especialista contratado(a), debe contar con certificaciones en trabajos en altura, protección ante caídas, en uso de cuerdas y/o en el uso del equipo o vehículo de acceso según sea el fin específico, impartidas por entes certificados para realizar entrenamiento, por ejemplo, certificados por la OSHA.

Algunos equipos de acceso comunes son: escaleras portátiles, andamios, equipo para colgar. Por otro lado, algunos de los vehículos de acceso de uso común son: elevadores de personal, camiones con elevadores y vehículos para la inspección inferior del puente. Estos equipos se utilizan para que el inspector pueda acercarse lo suficiente a los distintos componentes o elementos del puente, y hacer una inspección que permita tocar los elementos por inspeccionar. En las siguientes dos secciones se realizará una descripción de los equipos y vehículos de acceso, adaptada de la información del "*Bridge Inspector's Reference Manual_BIRM"* (FHWA, 2012).

5.4.1 Equipos de acceso

Se enlistan a continuación factores que se deben considerar con el fin de tomar la decisión correcta en cuanto a la selección del equipo de acceso:

- Necesidad de acercarse o no a los o el componente del puente para que la inspección sea exitosa, y sí fuera necesario, qué tanto se necesita acercar.
- Capacidad del suelo, pavimento o el puente, con el fin de poder asegurar que pueda soportar el equipo de acceso.
- Necesidad o no de un operador independiente y capacitado.
- Capacidad de inspección desde una configuración del equipo de acceso (cuanta área se puede inspeccionar desde esa configuración).
- Tiempo que se dura inspeccionando desde una configuración.
- Tiempo que se dura en cambiar de una configuración a otra.
- Consideraciones sobre control de tránsito que se deben tener con base en el equipo de acceso que se planea utilizar, y la ubicación del componente o elemento por inspeccionar.
- Impacto de las consideraciones sobre control de tránsito para las personas, ciclistas y usuarios de vehículos automotores.

Se describen a continuación los equipos de acceso más comunes a utilizar para alcanzar áreas de difícil acceso de un puente. Se debe de considerar que, junto al equipo de acceso, puede ser necesario el uso de equipos de seguridad especiales, como en el caso de que se realicen trabajos en altura (consultar la Tabla 5.1 y el Apartado 5.1.3 del MP-2024 Tomo I).

Tanto los equipos mostrados a continuación, como aquellos adicionales o alternativos que sean aprobados para su utilización, deben ser certificados o diseñados para que cumplan su función de forma segura.

i. Escaleras portátiles

- Las escaleras portátiles (ver Figura 5.3) se utilizan de dos maneras:
  - Para inspeccionar la parte inferior de la superestructura, la parte superior de la superestructura (en el caso de una cercha, por ejemplo) o para inspeccionar los elementos de la subestructura. En cuanto al posicionamiento apropiado de una escalera, este es determinado considerando una razón de 4 veces la vertical contra 1 vez la horizontal, pero de igual forma existen otra serie de procedimientos se seguridad que deben seguirse según la normativa. En este caso, solo se pueden utilizar en las porciones del puente a las que se puede acceder de manera segura.
  - Apoyándola desde la superestructura del puente para acceder a las partes inferiores. En este caso, se debe tener una línea de vida independiente a la escalera.
- Se deben cumplir las disposiciones del Artículo 84 del Decreto Ejecutivo n.º 40790-S-MTSS correspondiente al *Reglamento General de Seguridad en Construcciones* (2017) y la norma técnica INTE T26:2016.

ii. Equipos para colgar

- Los equipos de colgar consisten en estructuras compuestas por cables y plataformas que son suspendidas del puente (ver Figura 5.11 y Figura 5.12).
- Se utilizan cuando:
  - Se requiera acceder a elementos estructurales donde el acceso por otros medios no es posible.
  - Donde se requieren procedimientos de *Inspección especial, Inspección de elementos críticos por fractura* o *Inspección detallada*, como, por ejemplo, para la realización de ensayos no destructivos.
  - En puentes que no tienen la capacidad para soportar un vehículo de acceso.
  - En puentes que comunican una vía donde la *Organización* no permita la obstrucción del tránsito.



Figura 5.11. Equipo para colgar para inspección de subestructura.
Fuente: FHWA, 2012.

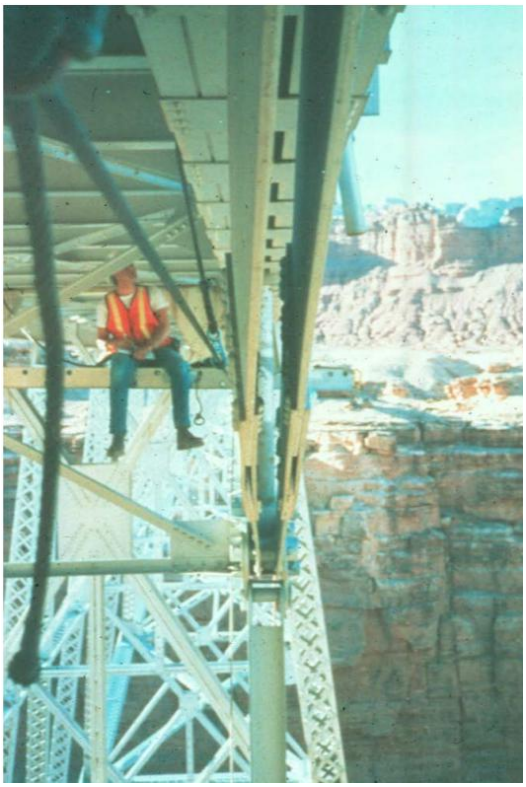


Figura 5.12. Equipo para colgar para inspección de superestructura.
Fuente: FHWA, 2012.

iii. Andamios

- Los andamios se utilizan cuando:
  - El puente por inspeccionar tiene una altura menor a 12,20 m.
  - El terreno bajo el puente es llano; por ejemplo, en el caso de pasos a desnivel.
- En caso de emplearse, se debe acatar lo establecido en los Artículos 85 a 95 del Decreto Ejecutivo n.º 40790-S-MTSS correspondiente al *Reglamento General de Seguridad en Construcciones* (2017) y en la norma INTE T24:2016.
- Durante la selección de los equipos de acceso para la inspección, se debe considerar que los andamios tienen la desventaja que toman más tiempo para instalarse, por lo que la inspección del puente puede extenderse.

iv. Botes o barcazas

- Los botes y barcazas (ver Figura 5.13) pueden ser utilizados para acercar al inspector a elementos de difícil acceso, navegando sobre cuerpos de agua.
- También sirven para proveer acceso a ciertas áreas para la toma de fotografías.
- En el caso de *Inspecciones detalladas*, pueden ser usados para la toma de mediciones en el lecho.

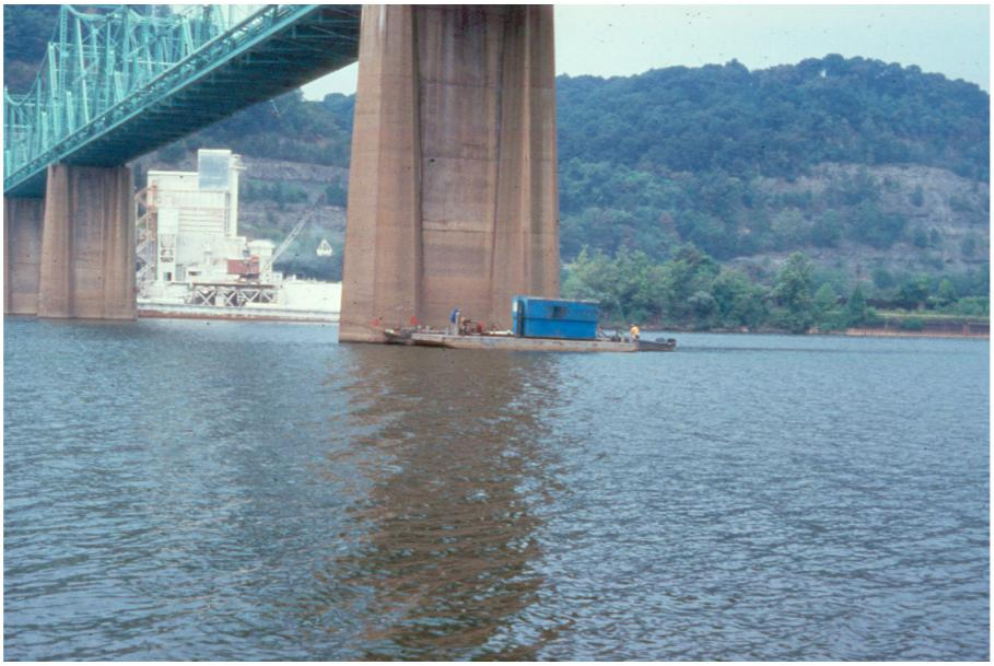


Figura 5.13. Operaciones de inspección desde una barcaza.
Fuente: FHWA, 2012.

v. Trepadoras

- Las trepadoras son plataformas de inspección móviles para escalar por cables de acero o por elementos de la armadura.
- Se utilizan en inspecciones de pilas de gran altura y otros elementos verticales de armaduras de gran longitud.

vi. Flotadores

- El flotador es una plataforma de trabajo compuesta por una tabla de asiento para el inspector y cuerdas.
- Se utilizan cuando el inspector debe estar en una ubicación particular en altura por un tiempo relativamente largo (a criterio del OIP).

vii. Sillas Bosun o rapel

- Las sillas Bosun son un tipo de silla suspendida de una cuerda que pueden ser subidas o bajadas por medio de dispositivos de aparejo de poleas.
- Por otro lado, el rapel (ver Figura 5.14) es un método similar, pero utiliza diferentes equipos y técnicas. Los dos métodos requieren utilizar líneas de vida independientes.



Figura 5.14. Unidad de rapel en inspección de subestructura. Caso del puente La Amistad de Taiwán sobre el río Tempisque, Ruta Nacional n.º 18.
Fuente: LanammeUCR, 2014.

viii. Escalada libre

- La escalada libre es una alternativa cuando los otros equipos y los vehículos de inspección no son prácticos.
- Los inspectores escalan los elementos del puente para poder acceder a diferentes áreas, por ejemplo, sobre el cable de un puente tipo suspensión que permita este tipo de acceso.
- El inspector debe estar atado usando una línea de vida y debe estar capacitado para realizar este tipo de acceso.

ix. Estructuras de inspección permanente

- En algunas estructuras, la previsión de estructuras de acceso para la inspección es incluido en las etapas de diseño y construcción del puente. Generalmente, esto sucede en estructuras de largos tramos o de diseños complejos. Aunque estas plataformas solo dan acceso a una porción del puente, proveen seguridad y eficacia para el trabajo del inspector.
- Las siguientes son ejemplos de estructuras permanentes:
  - Pasarelas: es una plataforma que generalmente va paralela a las vigas debajo de la superestructura (ver Figura 5.15). Pueden utilizarse para inspeccionar partes de la losa, superestructura y algunas secciones de la subestructura. El rango de inspección es limitado por la localización de la pasarela.
  - Viajeras: es otro tipo de plataforma de inspección permanente, similar a la pasarela, pero con la excepción de que es móvil. Generalmente está colocada de forma perpendicular a las vigas y la plataforma va por un sistema de rieles entre elementos de la subestructura (ver Figura 5.16). Si la plataforma viajera está perpendicular a las vigas, esto permite inspeccionar un mayor número de elementos que las pasarelas.
  - Pasamanos: los pasamanos pueden ser usados en diferentes partes de un puente como en los cables de suspensión principal (ver Figura 5.17), en las vigas cabezales de las pilas y en las almas de las vigas. Típicamente se utilizan para asistir al inspector en la escalada libre de un puente, y darle algún sitio donde asegurar su cordón y arnés de seguridad.



Figura 5.15. Estructura de inspección permanente: pasarela.
Fuente: FHWA, 2012.



Figura 5.16. Estructura de inspección permanente: viajeras.
Fuente: FHWA, 2012.



Figura 5.17. Estructura de inspección permanente: pasamanos en puente de suspensión.
Fuente: FHWA, 2012.

x. Robots de inspección

- A pesar de que un robot no puede remplazar a un inspector calificado, puede proveer información que no es visible para el ojo humano.
- También, pueden ser usados en situaciones donde es muy difícil acceder o sea extremadamente peligroso para el humano.
- Un ejemplo de este tipo de método de acceso es el uso de drones (ver Figura 5.18).

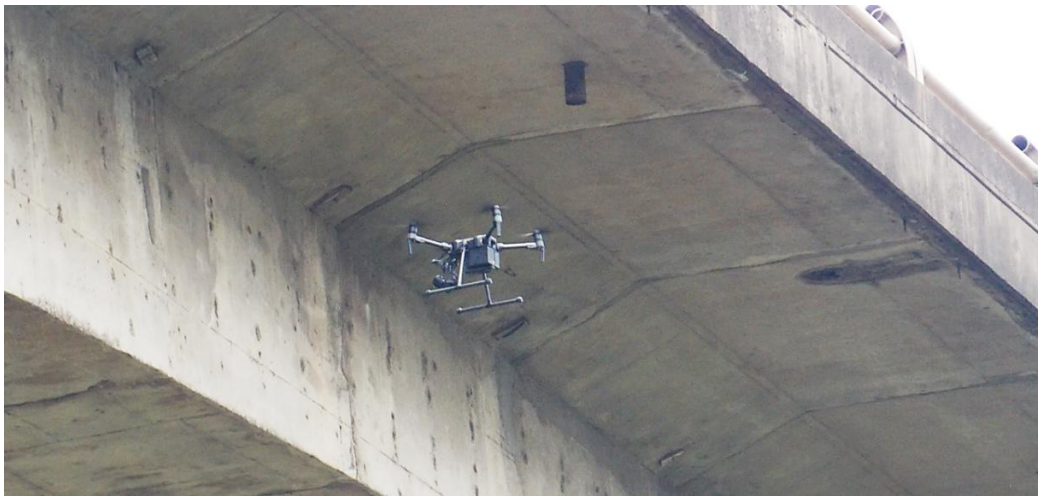


Figura 5.18. Uso de un dron para fotografiar o grabar videos de estructuras de difícil acceso. Caso del puente sobre el río Virilla, Ruta Nacional n.º 32.
Fuente: LanammeUCR, 2019.

5.4.2 Vehículos de acceso

Se enlistan a continuación factores que se deben considerar con el fin de tomar la decisión correcta en cuento a la selección del vehículo de acceso:

- Valorar si el puente puede ser inspeccionado de forma segura por otro método razonable.
- Determinar si el tipo de vehículo de acceso está disponible.
- Área o longitud del puente que puede ser inspeccionado por un vehículo de acceso.
- Área del puente que se puede inspeccionar desde una configuración del vehículo de acceso.
- Tiempo que se dura en inspeccionar desde una configuración.
- Tiempo que se dura en cambiar de una configuración a otra.
- Necesidad de un operador independiente y capacitado, u otro conductor más que el inspector.
- Necesidad de control de tránsito especial debido al vehículo.
- Peso del vehículo de inspección y capacidad del puente, vía o suelo para soportarlo.
- Costo asociado de usar un vehículo de acceso de inspección de puentes.

Se describen a continuación los vehículos de acceso más comunes utilizados por inspectores de puentes.

i. Elevadores de personal

El elevador de personal es un vehículo con una plataforma capaz de sostener a uno o más inspectores. La plataforma está sujeta a un brazo hidráulico que a su vez está unido a una base. El inspector u operador puede conducir la plataforma utilizando controles (ver Figura 5.19). Generalmente no se permiten en vías con alto tránsito como autopistas. Algunos de estos se pueden utilizar en gran variedad de terrenos.



Figura 5.19. Elevador de personal.
Fuente: FHWA, 2012.

ii. Elevador de tijeras

El elevador de tijera puede ser usado para inspecciones de puentes que tienen poca altura libre inferior (ver Figura 5.20**Figura 5.**). Generalmente, este tipo de elevador tiene un alcance vertical máximo de 12,20 m.



Figura 5.20. Elevador de tijeras.
Fuente: FHWA, 2012.

iii. Camiones con elevador

El camión con elevador es similar al elevador de personal, pero en este caso, el brazo hidráulico está unido a un camión. Por eso, solo pueden ser usados en carreteras.

iv. Vehículos para la inspección inferior del puente

Es un tipo de camión que cuenta con elevador con brazo articulado diseñado, que permite alcanzar los elementos inferiores de la superestructura del puente mientras el vehículo se encuentra estacionado sobre el tablero del puente. Pueden ser de plataforma (ver Figura 5.22), que permite mayor movilidad y cantidad de personas una vez configurada, pero esta acción tarda más en llevarse a cabo, o de canasta (ver Figura 5.21), que es más fácil de configurar, pero permite menos personal. Su uso requiere del cierre de uno o más carriles de circulación. Es necesario asegurar que el puente es capaz de soportar su peso de forma segura y funcional.



Figura 5.21. Vehículo para la inspección inferior del puente con canasta. Caso del puente La Amistad de Taiwán sobre el río Tempisque, Ruta Nacional n.º 18.
Fuente: LanammeUCR, 2019.



Figura 5.22. Vehículo para la inspección inferior del puente con plataforma.
Fuente: FHWA, 2012.

5.5 Bibliografía

Código de Trabajo. (Ley n.º 2, 1943). Costa Rica

FHWA. (2012). *Bridge Inspector's Reference Manual_BIRM (Publication n.º FHWA NHI 12-049/12-050).* Washington, D.C: National Highway Institute, Federal Highway Administration.

INTECO. (2015a). *Salud y seguridad ocupacional. Equipo de protección individual. Calzado de seguridad* (INTE/ISO 20345:2015). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2015b). *Salud y seguridad ocupacional. Equipo de protección personal. Calzado de protección* (INTE/ISO 20346:2015). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2016a). *Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados* (INTE T40:2016). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2016b). *Salud y seguridad en el trabajo. Andamios tubulares, voladizos y palometas. Requisitos de seguridad* (INTE T24:2016). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2016c). *Salud y seguridad en el trabajo. Sistemas de protección contra caídas. Requisitos de seguridad* (INTE T38:2016). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2016d). *Salud y seguridad ocupacional. Buenas prácticas para la selección y el uso de equipos de protección ocular y facial* (INTE T5:2016). Instituto de Normas Técnicas

de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2016e). *Salud y seguridad ocupacional. Escaleras, rampas y pasarelas. Requisitos de seguridad* (INTE T26:2016). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2016f). *Salud y seguridad ocupacional: Buenas prácticas para la selección y el uso de equipos de protección respiratoria* (INTE T6:2016). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2018). *Prendas y accesorios de alta visibilidad para uso profesional* (INTE W67:2018). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2019). *Salud ocupacional: protectores auditivos* (INTE T93:2019). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

MOPT. (2015). *Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos en las Vías.* San José: Dirección General de Ingeniería de Tránsito, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT y JICA. (2007). *Manual de Inspección de Puentes.* San José: Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

OSHA. (2011). *Espacios confinados con permiso requerido* (1910.146). Occupational Safety and Health Administration. Obtenido de https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.146

OSHA. (2013). *Controles ambientales generales* (1910 Subparte J). Occupational Safety and Health Administration. Obtenido de https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910SubpartJ

OSHA. (2020). *Protección contra caídas* (1926 Subparte M). Occupational Safety and Health Administration. Obtenido de https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926SubpartM

Reglamento de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías. (Decreto Ejecutivo n.º 38799-MOPT, 2015). Costa Rica.

Reglamento General de Seguridad en Construcciones. (Decreto Ejecutivo n.º 40790-S-MTSS, 2017). Costa Rica.

WSDOT. (2019). *Washington State Bridge Inspection Manual (M 36-64.10).* Olympia: Washington State Department of Transportation.

6

Inspección de inventario e inspección rutinaria de puentes

6.1 Introducción..... 6/2

6.2 Etapas de la inspección de inventario y la inspección rutinaria de puentes..... 6/3

6.3 Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente..... 6/3

6.4 Inspección en campo..... 6/12

6.4.1 Formularios de la inspección de inventario..... 6/13

6.4.2 Formularios de inspección rutinaria..... 6/15

6.5 Tareas post-inspección..... 6/17

6.6 Informe de inspección de inventario y rutinaria..... 6/18

6.6.1 Importancia de los informes de inspección..... 6/18

6.6.2 Responsabilidad de los inspectores..... 6/19

6.6.3 Control de calidad y aseguramiento de la calidad de los informes de inspección..... 6/19

6.6.4 Preparación y contenido de los informes de inspección..... 6/20

6.6.5 Esquemas generales y esquemas de deficiencias..... 6/30

6.7 Bibliografía..... 6/37

6.1 Introducción

En el presente capítulo se establecen las etapas generales que comprenden las *Inspecciones de inventario e Inspecciones rutinarias* de puentes definidas en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I. Según se explica más adelante, dichas inspecciones tienen asociados sus formularios de inspección respectivos, los cuales los inspectores de un *Organismo de inspección de puentes* (OIP) deben completar durante la inspección en campo. Estos formularios son introducidos en este capítulo, sin embargo, es importante indicar que la descripción de la información que debe ser registrada a través de éstos y la forma en cómo hacerlo, se explican en detalle en el Apéndice A correspondiente a la *Guía de uso de formularios de inspección de inventario* y el Apéndice B correspondiente a la *Guía de uso de formularios de inspección rutinaria* del MP-2024 Tomo I (denominados de aquí en adelante como Apéndice A y Apéndice B respectivamente). Asimismo, en este capítulo se establecen los pasos generales que los inspectores deben realizar como parte de las tareas post-inspección y los requisitos mínimos para la elaboración de los informes de inspección de las *Inspecciones de inventario* e *Inspecciones rutinarias* de puentes. Los contenidos aquí presentados se basan en el documento "*Bridge Inspector's Reference Manual BIRM"* (Federal Highway Administration [FHWA], 2012).

Previo a realizar una *Inspección de inventario* o una *Inspección rutinaria* en campo, los inspectores deben realizar en la oficina los preparativos de la inspección, establecer las medidas de seguridad requeridas y definir los equipos de inspección y de acceso necesarios para ejecutarla, de acuerdo con los aspectos discutidos en la Sección 5.3 del MP-2024 Tomo I. La planificación garantiza la seguridad de los usuarios e inspectores durante el proceso, y asegura una inspección completa y eficiente del puente. El éxito de la inspección en campo depende en gran medida del esfuerzo dedicado a la preparación de la misma (FHWA, 2012).

Por otro lado, para hacer un uso más eficiente de los recursos destinados a las inspecciones, se recomienda a la *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como *Organización*) programar la realización de la primera *Inspección rutinaria* de un puente en conjunto con la *Inspección de inventario*. Asimismo, se recomienda programar la realización de *Inspecciones rutinarias* posterior y en el corto plazo a la ejecución de actividades de mantenimiento cíclicas o actividades de limpieza en los puentes, esto con el fin de evitar obstrucciones visuales en los elementos del puente que puedan dificultar el proceso de inspección visual.

6.2 Etapas de la inspección de inventario y la inspección rutinaria de puentes

La Figura 6.1 muestra las tres etapas generales que comprende la realización de toda *Inspección de inventario* e *Inspección rutinaria* de puentes:

I. Tareas pre-inspección: comprende el establecimiento de las medidas de seguridad y los procedimientos previos a las inspecciones. Para ello los inspectores deben referirse a la Sección 5.3 del MP-2024 Tomo I.
II. Inspección en campo: se refiere a la etapa de ejecución de la inspección en el sitio del puente (Sección 6.4 del MP-2024 Tomo I), la cual está asociada a la recopilación de la información requerida en los formularios de la *Inspección de inventario* del Apéndice A y los formularios de *Inspección rutinaria* del Apéndice B del MP-2024 Tomo I.
III. Tareas post-inspección: corresponde a la etapa posterior a la inspección en campo (Sección 6.5 del MP-2024 Tomo I), la cual comprende las tareas relacionadas con la documentación de la información recopilada en sitio y la comunicación de dicha información a la *Organización* a través del informe de inspección.

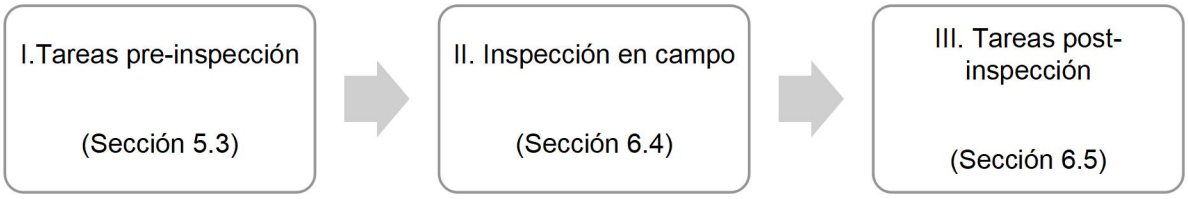


Figura 6.1. Etapas de las *Inspecciones de inventario* e *Inspecciones rutinarias*.

6.3 Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente

En esta sección se presentan los diferentes componentes, elementos y tipos de elementos que se deben inspeccionar en un puente durante la etapa II. Inspección en campo. Según se muestra en la Figura 6.2, los elementos de un puente pueden agruparse en seis componentes básicos: accesorios, accesos, seguridad vial, superestructura, subestructura y sistemas de protección. Por otro lado, cada elemento dentro de un componente específico del puente puede clasificarse de acuerdo con lo que se denomina como un tipo, clasificación que puede estar en virtud de la función que desempeña o el material que lo compone.

Para la identificación estándar y trazable de los diferentes elementos y sus respectivos tipos, se establece el sistema de identificación de siete dígitos que se muestra en la Figura 6.3, en

donde el 1er, 2do y 3er dígito hace referencia al componente (primer nivel), el 4to y 5to dígito al elemento (segundo nivel), y el 6to y 7mo dígito al tipo de elemento en específico (tercer nivel). La Tabla 6.1 incluye la lista de todos los elementos, componentes y tipos de elementos de un puente.

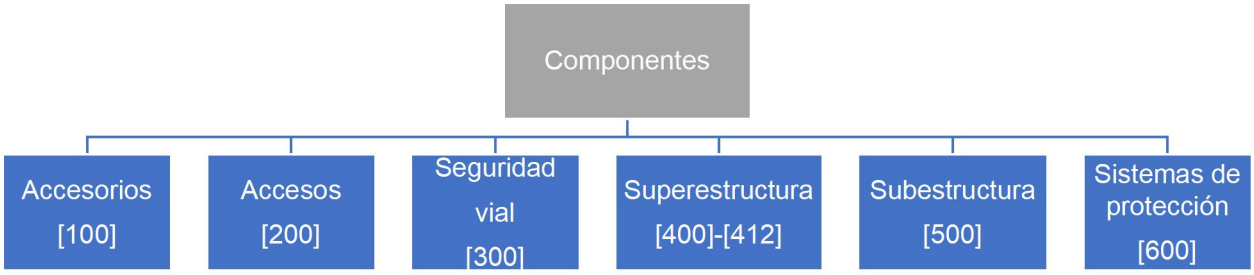


Figura 6.2. Componentes de un puente.

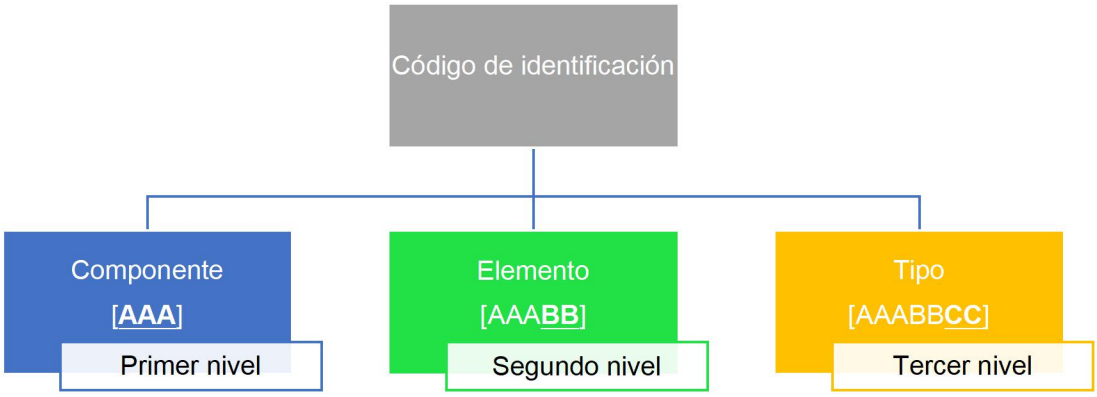


Figura 6.3. Sistema de identificación de componentes, elementos y tipos de elementos.

Nota: Se subraya el identificador correspondiente a cada nivel.

Tabla 6.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente.

Componentes	Elementos	Tipos
Accesorios [100]	Juntas de expansión [10001]	Elastomérica [1000101]
		Elastomérica colada [1000102]
		Elastomérica reforzada [1000103]
		Sello comprimido [1000104]
		Modular con sello [1000105]
		Junta abierta [1000106]
		Junta asfáltica [1000107]
		Placas deslizantes [1000108]
		Junta dentada [1000109]
		Junta de alivio de puente integral [1000110]
	Sistema de drenaje del tablero (entrada) [10002]	Rejilla [1000201]
		Drenaje a través de losa [1000202]
		Ranuras en base de sistema de contención vehicular [1000203]
	Sistema de drenaje del tablero (salida) [10003]	Metálico [1000301]
		Plástico [1000302]
	Superficie de desgaste del puente [10004]	Concreto [1000401]
		Asfalto [1000402]
		Acero [1000403]
		Madera [1000404]
Accesos [200]	Losa de aproximación [20001]	Concreto reforzado [2000101]
		Concreto presforzado [2000102]
	Superficie de ruedo (accesos)	Concreto [2000201]
		Asfalto

Tabla 6.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente.

Componentes	Elementos	Tipos
	[20002]	[2000202]
		Grava [2000203]
	Rellenos de aproximación [20003]	-
	Obras de retención no integrales [20004]	Concreto ciclópeo [2000401]
		Concreto reforzado [2000402]
		Gaviones [2000403]
		Suelo cosido [2000404]
		Tierra armada [2000405]
		Tablestaca [2000406]
		Mampostería [2000407]
	Sistemas de drenaje (accesos) [20005]	Concreto [2000501]
		Metálico [2000502]
		Plástico [2000503]
		Canal natural [2000504]
Seguridad vial y señalización [300]	Sistema de contención vehicular (puente) [30001]	Bordillo [3000101]
		TL-1 [3000102]
		TL-2 [3000103]
		TL-3 [3000104]
		TL-4 [3000105]
		TL-5 [3000106]
		TL-5 [3000106]
	Sistema de contención vehicular (accesos) [30002]	Terminal de impacto [3000201]
		TL-1 [3000202]
		TL-2 [3000203]

Tabla 6.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente.

Componentes	Elementos	Tipos
		TL-3 [3000204]
		TL-4 [3000205]
		TL-5 [3000206]
	Sistema de contención vehicular (medianera) [30003]	TL-1 [3000301]
		TL-2 [3000302]
		TL-3 [3000303]
		TL-4 [3000304]
		TL-5 [3000305]
	Infraestructura ciclista [30004]	-
	Acera o pasarela peatonal [30005]	-
	Señalización y demarcación [30006]	Señalización vertical [3000601]
		Demarcación horizontal [3000602]
		Señalización de carga [3000603]
		Señalización de altura [3000604]
		Estructura de señales [3000605]
	Iluminación [30007]	-
	Bordillo [30008]	-
	Baranda o barrera peatonal [30009]	-
	Acera inferior (paso a desnivel) [30010]	-
Superestructura (Tablero) [400]	Tablero [40001]	Concreto reforzado [4000101]
		Concreto presforzado [4000102]
		Rejilla metálica abierta [4000103]
		Rejilla metálica rellena

Tabla 6.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente.

Componentes	Elementos	Tipos
		[4000104]
		Metálico corrugado [4000105]
		Madera [4000106]
		Madera presforzada [4000107]
		Ortotrópico [4000108]
		Lámina de acero [4000109]
Superestructura (Vigas de concreto reforzado) [401]	Elementos principales [40101]	Vigas principales [4010101]
	Elementos secundarios [40102]	Diafragmas [4010201]
Superestructura (Vigas de concreto presforzado) [402]	Elementos principales [40201]	Vigas principales [4020101]
	Elementos secundarios [40202]	Diafragmas [4020201]
Superestructura (Vigas I de acero) [403]	Elementos principales [40301]	Vigas principales [4030101]
		Vigas transversales [4030102]
		Vigas de piso [4030103]
	Elementos secundarios [40302]	Diafragmas [4030201]
		Sistema de arriostramiento [4030202]
Superestructura (Vigas de madera) [404]	Elementos principales [40401]	Vigas principales [4040101]
	Elementos secundarios [40402]	Diafragmas [4040201]
Superestructura (Losa de concreto reforzado – concreto presforzado – madera) [405]	Elementos principales [40501]	Losa [4050101]
Superestructura (Arco de concreto reforzado – acero – madera) [406]	Elementos principales [40601]	Arco [4060101]
		Sistema de soporte del tablero [4060102]
		Vigas transversales [4060103]
		Vigas de piso [4060104]
	Elementos secundarios	Vigas de arriostramiento

Tabla 6.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente.

Componentes	Elementos	Tipos
	[40602]	[4060201]
Superestructura (Arco de mampostería) [407]	Elementos principales [40701]	Arco [4070101]
		Muro de retención lateral [4070102]
Superestructura (Arco prefabricado) [408]	Elementos principales [40801]	Arco [4080101]
		Muro de retención lateral [4080102]
Superestructura (Viga de cajón de concreto presforzado – acero – madera) [409]	Elementos principales [40901]	Viga cajón [4090101]
Superestructura (Cercha de acero – madera) [410]	Elementos principales [41001]	Cerchas [4100101]
		Vigas transversales [4100102]
		Vigas de piso [4100103]
	Elementos secundarios [41002]	Sistema de arriostramiento [4100201]
Superestructura (Colgante) [411]	Elementos principales [41101]	Cables principales [4110101]
		Tirantes [4110102]
		Cerchas rigidizadoras [4110103]
		Vigas transversales [4110104]
		Vigas de piso [4110105]
	Elementos secundarios [41102]	Sistema de arriostramiento [4110201]
Superestructura (Atirantado) [412]	Elementos principales [41201]	Cables principales [4120101]
		Vigas principales [4120102]
		Vigas transversales [4120103]
	Elementos secundarios [41202]	Diafragmas [4120201]
Subestructura [500]	Cabezal de pilas [50001]	Concreto reforzado [5000101]
		Concreto presforzado [5000102]
	Cabezal de bastiones	Concreto reforzado

Tabla 6.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente.

Componentes	Elementos	Tipos
	[50002]	[5000201] Concreto presforzado [5000202]
	Cuerpo de pilas [50003]	[5000301] Muro
		[5000302] Columna sencilla
		[5000303] Columna doble
		[5000304] Columna múltiple
		[5000305] Cabezal sobre pilotes
	Cuerpo de bastiones [50004]	[5000401] Gravedad
		[5000402] Voladizo
		[5000403] Marco
		[5000404] Muro con contrafuertes
		[5000405] Tierra armada
		[5000406] Cabezal sobre pilotes
	Fundaciones [50005]	[5000501] Placa aislada de concreto
		[5000502] Placa sobre pilotes
		[5000503] Pilote
		[5000504] Bloque rígido (tipo “*caisson”*)
		[5000505] Placa corrida
	Apoyos [50006]	[5000601] Elastomérico
		[5000602] Rodillos
		[5000603] Balancines
		[5000604] Fijos (acero)
		[5000605] Fijos (concreto)
		[5000606] Confinado (“*pot bearing*”)

Tabla 6.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente.

Componentes	Elementos	Tipos
		Disco [5000607]
		Placas deslizantes [5000608]
		Esférico [5000609]
		Unión integral a bastión o pila [5000610]
		Lámina asfáltica (“*tar paper*”) [5000611]
		Aisladores elastoméricos [5000612]
		Aisladores deslizantes [5000613]
	Aletones [50007]	-
	Torres [50008]	Concreto [5000801]
		Acero [5000802]
Sistema de protección [600]	Sistemas de protección contra la corrosión para elementos de acero [60001]	Pintura [6000101]
		Acero autopatinable (*“weathering”*) [6000102]
		Galvanizado [6000103]
		Sistema dúplex [6000104]
	Sistemas de protección para elementos de madera [60002]	Pintura [6000201]
		Preservante [6000202]
		Repelente de agua [6000203]
		Retardante de fuego [6000204]
	Sistemas de protección para elementos de concreto [60003]	Recubrimiento impermeabilizante [6000301]
		Sellador de grietas [6000302]
	Sistemas de protección sísmica [60004]	Llaves de corte [6000401]
		Cadenas / Anclajes / Post-tensión externa [6000402]
		Dispositivos de disipación de energía

Tabla 6.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente.

Componentes	Elementos	Tipos
		[6000403]
	Sistemas de protección hidráulica [60005]	-

6.4 Inspección en campo

A continuación, se presentan los pasos generales que comprende la etapa II. Inspección en campo de una *Inspección de inventario* e *Inspección rutinaria* de puentes:

a. Aplicación de medidas de seguridad: Al llegar al sitio, los inspectores deben poner en práctica las medidas de seguridad definidas durante la etapa I. Tareas pre-inspección (Sección 5.3 del MP-2024 Tomo I). Asimismo, según se describe en el Apartado 5.1.1 del MP-2024 Tomo I, las situaciones que pueden presentarse durante la inspección de un puente son diversas, por lo que, previo a iniciar la inspección, el equipo debe evaluar de forma rápida la existencia de otras condiciones que puedan poner en riesgo la salud o seguridad de los inspectores durante el proceso de inspección, tal como, condiciones climáticas adversas, deslizamientos, crecidas del cauce del río, presencia de fauna peligrosa en el sitio del puente o de personas realizando actividades ilícitas, así como cualquier otra situación que atente contra la integridad y salud de los miembros del equipo de inspección, y en caso de presentarse, los inspectores pueden suspender la inspección y deberán indicar dicha situación a través del informe de inspección para su debida reprogramación.
b. Orientación en sitio y establecimiento del sistema de identificación de componentes y elementos del puente: Una vez que el equipo de inspección haya evaluado y verificado que las condiciones son aptas para desarrollar la inspección de forma segura y de acuerdo con lo planificado en oficina, debe establecer la orientación en sitio de acuerdo con el sistema de identificación definido durante la etapa I. Tareas pre-inspección, según se indica en la Sección 5.3 del MP-2024 Tomo I. En el caso de que el puente no cuente con planos o informes de inspección previos, el sistema de identificación del puente se puede establecer en sitio, enumerando las superestructuras y subestructuras de acuerdo a la dirección de la vía y siguiendo los lineamientos descritos en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I.
c. Recopilación de la información de los formularios de inspección: Establecida la orientación en sitio, el equipo podrá iniciar el procedimiento de recopilación de información que requieren los formularios de cada tipo de inspección; ya sea en los

formularios de la *Inspección de inventario* (Apartado 6.4.1 del MP-2024 Tomo I) o los formularios de *Inspección rutinaria* (Apartado 6.4.2 del MP-2024 Tomo I), los inspectores deben registrar la información de acuerdo con el sistema de identificación establecido para el puente. La información a recopilar en sitio y los aspectos a evaluar durante una *Inspección de inventario* y una *Inspección rutinaria* dependen de la tipología del puente y de los materiales que lo componen (FHWA, 2012), por lo que resulta importante que los inspectores se encuentren familiarizados con los formularios de inventario y los formularios de *Inspección rutinaria*. Es importante que en el sitio los inspectores se aseguren de realizar la inspección visual de todos los elementos del puente, por lo que para lograr dicho objetivo deben utilizar los equipos de inspección y de acceso descritos en el Capítulo 5 del MP-2024 Tomo I. Además, si lo consideran necesario, puede utilizar listas de verificación o realizar marcas con crayones en los elementos (evitando hasta donde sea posible el uso de aerosoles permanentes), para orientarse durante el proceso de inspección y no pasar por alto la inspección de algún elemento. Se recuerda que la Tabla 6.1 muestra la lista de elementos que debe ser inspeccionada durante la etapa II. Inspección en campo.

6.4.1 Formularios de la inspección de inventario

Los formularios de la *Inspección de inventario* tienen como propósito, obtener un registro de las características básicas del puente y que son necesarias para la gestión del mismo. Para el correcto llenado de los formularios de la *Inspección de inventario* (ya sean físicos o digitales) y la toma de las fotografías de inventario del puente, los inspectores deben utilizar la *Guía de uso de formularios de inspección inventario* del Apéndice A del MP-2024 Tomo I, el cual sustituye el procedimiento para el llenado de los formularios de inventario de puentes indicado en la *Revisión al Manual de Inspección de Puentes 1° ed. 2007: Actualización del Capítulo 5* (Ministerio de Obras Públicas y Transportes [MOPT], 2014) y en el *Manual de Inspección de Puentes* (MOPT y Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA], 2007) en lo que complemente, y que son tomados como base para el nuevo procedimiento indicado en este manual.

Los formularios de la *Inspección de inventario* que se incluyen en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I se agrupan en siete categorías:

i. Información básica (IB)

IN-IB-01. Información básica.

ii. Detalle de la superestructura (SP)

IN-SP-01. Superestructura tipo vigas de concreto reforzado.

IN-SP-02. Superestructura tipo vigas de concreto presforzado.

IN-SP-03. Superestructura tipo vigas I de acero.

IN-SP-04. Superestructura tipo vigas de madera.

IN-SP-05. Superestructura tipo losa (concreto reforzado, concreto presforzado y madera).

IN-SP-06. Superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

IN-SP-07. Superestructura tipo arco de mampostería.

IN-SP-08. Superestructura tipo arco prefabricado.

IN-SP-09. Superestructura tipo viga cajón (concreto reforzado, presforzado, acero y madera).

IN-SP-10. Superestructura tipo cercha (acero y madera).

IN-SP-11. Superestructura tipo colgante.

IN-SP-12. Superestructura tipo atirantada.

IN-SP-13. Superestructura con detallado informal.

iii. Detalle de la subestructura (SB)

IN-SB-01. Detalle de la subestructura.

iv. Puentes temporales (PT)

IN-PT-01. Puente temporal.

v. Comentarios (CM)

IN-CM-01. Comentarios.

vi. Fotografías (FT)

IN-FT-01. Fotografías.

vii. Esquemas generales (EG)

IN-EG-01. Esquemas generales.

En el caso categoría ii. Detalle de la superestructura (**SP**), debe completarse un formulario de inventario por cada superestructura del puente, y para ello, se definen diferentes tipos de formularios para los distintos tipos de superestructuras mostradas en la Tabla 6.1. Para la

realización de un proceso de inspección eficiente, es importante que todo inspector se encuentre familiarizado con los distintos tipos de formularios de la *Inspección de inventario* y la información específica que es solicitada a través de cada uno de éstos, aspectos que son descritos con detalle en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I, y por ello es que la capacitación descrita en el Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I resulta fundamental para lograr este objetivo.

Por otro lado, según se indica en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I, la *Inspección de inventario* se realiza una vez y se debe repetir únicamente si el puente es rehabilitado, mejorado o sustituido, en cuyo caso la información anterior debe permanecer en el archivo de información del puente, como parte de un archivo histórico. Sin embargo, existe la posibilidad que sea necesario actualizar la información de inventario del formulario i. Información básica (**IB**) ya que dicha información resulta ser importante para la gestión del puente. La información que el inspector debe revisar es: el conteo del tráfico (TPD), cambios en las restricciones del puente, nuevos espesores de sobrecapas de asfalto si existieran o cambios en el encargado de conservación de la estructura, como puede ser en el caso de concesiones que finalicen el plazo de su contrato. Es por lo anterior que cuando la *Organización* programe la realización de una nueva *Inspección rutinaria* de un puente, ésta debe solicitar la revisión de la información básica registrada previamente, y de ser necesario, debe ser actualizada.

6.4.2 Formularios de inspección rutinaria

Para la correcta realización de toda *Inspección rutinaria* los inspectores deben utilizar la *Guía de uso de formularios de inspección rutinaria* del Apéndice B del MP-2024 Tomo I, la cual establece los lineamientos para calificar y registrar las severidades de las diferentes deficiencias por evaluar para cada elemento del puente, así como la forma de cuantificar o medir la extensión de estas mismas y cómo registrar dicha información en los formularios de la *Inspección rutinaria* (ya sean físicos o digitales). Dicho apéndice, sustituye el procedimiento indicado para los formularios de daño del *Manual de Inspección de Puentes* (MOPT y Agencia de Cooperación Internacional Japonesa [JICA], 2007).

Los formularios de *Inspección rutinaria* que se incluyen en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I se agrupan en diez categorías:

i. Inspección de los accesos (AP)

IR-AP-01. Evaluación de los accesos.

ii. Inspección de la seguridad vial (SV)

IR-SV-01. Evaluación de la seguridad vial: sistemas de contención vehicular, pasarelas peatonales, bordillos y medianeras.

IR-SV-02. Evaluación de la seguridad vial: demarcación, señalización, iluminación, aceras e infraestructura ciclista.

iii. Inspección de los accesorios (AC)

IR-AC-01. Evaluación de los accesorios: juntas de expansión.

IR-AC-02. Evaluación de los accesorios: superficie de desgaste del puente y sistema de drenaje del tablero.

iv. Inspección de la superestructura (SP)

IR-SP-01. Evaluación de superestructura: Tablero.

IR-SP-02. Evaluación de superestructura tipo vigas de concreto reforzado/concreto presforzado.

IR-SP-03. Evaluación de superestructura tipo vigas de acero.

IR-SP-04. Evaluación de la superestructura tipo vigas de madera.

IR-SP-05. Evaluación de la superestructura tipo cerchas.

IR-SP-06. Evaluación de la superestructura tipo colgante.

IR-SP-07. Evaluación de la superestructura tipo atirantado.

IR-SP-08. Evaluación de la superestructura tipo arco de madera / acero / concreto.

IR-SP-09. Evaluación de la superestructura tipo arco de mampostería.

v. Inspección de la subestructura (SB)

IR-SB-01. Evaluación de los elementos de la subestructura: Bastiones.

IR-SB-02. Evaluación de los elementos de la subestructura: Pilas.

IR-SB-03. Evaluación de los apoyos.

vi. Inspección de los sistemas de protección contra amenazas naturales (AN)

IR-AN-01. Evaluación de elementos de protección contra amenazas naturales (sísmicas e hidráulicas).

vii. Puentes temporales (PT)

IR-PT-01. Evaluación de puentes temporales.

viii. Comentarios

IR-CM-01. Comentarios de la inspección rutinaria.

ix. Fotografías

IR-FT-01. Fotografías de la inspección rutinaria.

x. Esquemas

IR-ED-01. Esquemas de deficiencias.

En el caso de la categoría iv. Superestructura (**SP**), debe completarse un formulario de *Inspección rutinaria* por cada tramo de las superestructuras del puente, y para ello, se definen diferentes tipos de formularios para los distintos tipos de superestructuras mostradas en la Tabla 6.1. Para la realización de un proceso de inspección eficiente, es importante que todo inspector se encuentre familiarizado con los distintos tipos de formularios de *Inspección rutinaria* y la información específica que es solicitada a través de cada uno de éstos; aspectos que son descritos con detalle en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I, y por ello es que la capacitación descrita en el Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I resulta fundamental para lograr este objetivo.

Según se indicó en el Apartado 6.4.1 del MP-2024 Tomo I, es importante reiterar que cuando la *Organización* programe la realización de nuevas *Inspecciones rutinarias* de un puente, solicite la actualización de los datos de la *Inspección de inventario* del formulario i. Información básica (**IB**) que hayan cambiado a partir de la primera inspección ya que resultan importantes para la gestión del puente.

6.5 Tareas post-inspección

Posterior a la ejecución de toda *Inspección de inventario* y una *Inspección rutinaria*, los inspectores deben realizar las siguientes tareas relacionadas con la documentación y comunicación de la información recopilada en el sitio del puente:

a. Trasferir los datos recopilados a través de los formularios de inventario y/o *Inspección rutinaria* (según corresponda) a la herramienta analítica del Sistema de Gestión de Puentes de la *Organización*.
b. Comunicar los hallazgos críticos a la *Organización* según el procedimiento descrito en la Sección 3.4 del MP-2024 Tomo I.
c. Preparar el informe de inspección según los lineamientos establecidos en el Apartado 6.6.4 del MP-2024 Tomo I.

d. Someter el informe de inspección a un proceso de revisión por parte de los inspectores que participaron en la inspección y líder del OIP. Según se indica en el Apartado 6.6.3 del MP-2024 Tomo I la *Organización* debe establecer y documentar los procedimientos para revisión y aprobación de los informes de inspección.
e. Entregar el informe de inspección a la *Organización*. Éste debe ser entregado en un plazo no mayor a 90 días naturales una vez completada la inspección en el sitio del puente.

6.6 Informe de inspección de inventario y rutinaria

El proceso de inspección de un puente no está completo hasta que los inspectores responsables de la inspección finalicen y entreguen el informe de inspección a la *Organización* (FHWA, 2012), el cual puede ser un documento digital o escrito. Sin embargo, si la *Organización* así lo define, puede considerar como el informe de la inspección, la transferencia de datos realizada a la herramienta analítica de un Sistema de Gestión de Puentes (Punto a de la Sección 6.5 del MP-2024 Tomo I), siempre y cuando el alcance de esta herramienta permita reflejar los contenidos mínimos indicados en esta sección para los informes de inspección. Además, para efectos de establecer responsabilidades sobre la información introducida (según se define en el Apartado 6.6.2 del MP-2024 Tomo I) dicha herramienta debe permitir trazabilidad.

El informe de inspección resume los hallazgos, resultados y recomendaciones producto de la inspección en campo e incluye los formularios de inspección (ya sean de inventario, de *Inspección rutinaria* o ambos), fotografías y esquemas generales y de deficiencias del puente. Los informes de *Inspección de inventario* e *Inspección rutinaria* deben ser completados y entregados a la *Organización* en un plazo no mayor a 90 días naturales una vez completada la inspección en el sitio del puente.

Es importante indicar que, si a partir de una *Inspección de inventario* o una *Inspección rutinaria* se identifica un hallazgo crítico, el mismo debe ser comunicado y reportado inmediatamente a la *Organización* según el procedimiento descrito Sección 3.4 del MP-2024 Tomo I, pero adicionalmente deben ser incluido en el informe de inspección según se establece en el Apartado 6.6.4 del MP-2024 Tomo I.

6.6.1 Importancia de los informes de inspección

Los inspectores deben tener en cuenta que la información provista en un informe de inspección debe ser utilizada para la toma decisiones por parte de la *Organización* y debe alimentar la herramienta analítica de un Sistema de Gestión de Puentes. Es por ello que la información presentada debe ser lo más clara, objetiva y precisa; debe evitarse el uso de vocabulario confuso o ambiguo, de modo que las partes interesadas puedan comprender

fácilmente la información presentada. Los resultados que se presentan en los informes de inspección permiten realizar la priorización de intervención de puentes, asignar recursos de forma eficiente y costo-efectiva, programar trabajos de mantenimiento, rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución), y garantizar la seguridad de los usuarios que utilizan dichas estructuras (FHWA, 2012).

El informe de inspección es un documento en el que se debe registrar la condición global del puente y las deficiencias presentes en todos sus elementos en un momento dado, por lo que constituye una fuente de información para futuras inspecciones y otros estudios. El registro sistemático, objetivo y preciso de todos los hallazgos, permite comparar fácilmente los resultados obtenidos con los hallazgos de próximas o inspecciones previas. Adicionalmente, el informe de inspección es una referencia para cuantificar equipos, métodos de acceso y recursos necesarios en próximas *Inspecciones rutinarias*, así como para otros tipos de inspecciones.

6.6.2 Responsabilidad de los inspectores

Debido a la importancia de la información contenida en el informe de inspección, tanto los inspectores que ejecutan una inspección como aquellos miembros del OIP que participan en el proceso de revisión del informe deben declarar su responsabilidad sobre la información presentada en dicho documento, incluyendo su nombre, número de identificación y firma en el cuerpo del documento según se establece en el Apartado 6.6.4 del MP-2024 Tomo I. Además, se debe identificar al inspector que lideró dicha inspección. Desde este punto de vista, el informe resulta ser un registro legal, el cual podría ser utilizado durante un proceso judicial o litigio, y por lo tanto, se considera una buena práctica que los inspectores y el *Líder del equipo* conserven una copia del informe dentro de sus archivos personales una vez entregado a la *Organización* (FHWA, 2012). Por otro lado, en caso de requerirse correcciones o adiciones a un informe de inspección debe existir trazabilidad y un proceso de revisión a los cambios realizados.

6.6.3 Control de calidad y aseguramiento de la calidad de los informes de inspección

Para hacer una gestión eficiente y adecuada de los puentes, es esencial que se garantice la calidad de los informes de inspección (FHWA, 2012). Por lo tanto, la *Organización* debe establecer y documentar los procedimientos para revisión y aprobación de los informes de inspección, así como otros procedimientos para el control de la calidad y aseguramiento de la calidad de las inspecciones, según se indica en el Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I.

6.6.4 Preparación y contenido de los informes de inspección

Los informes de *Inspección de inventario* y de *Inspección rutinaria* se deben preparar siguiendo el contenido estándar indicado en este apartado, el cual contempla como mínimo las siguientes secciones:

A. Portada.
B. Información general.
C. Resumen de los hallazgos.
D. Formularios de *Inspección de inventario* del puente y de *Inspección rutinaria*.
E. Esquemas generales y esquemas de deficiencias.
F. Referencias.
G. Apéndices.

Cada una de las secciones mencionadas anteriormente debe incluir la información específica que se detalla a continuación. Asimismo, se indica que la *Organización* con su debida justificación puede solicitar información adicional que sea considerada relevante para la gestión de sus puentes.

A. Portada:

iv. Código de informe: Corresponde a un código único de cada informe de inspección y que permite la trazabilidad del documento. El código de informe se debe definir de forma estándar como "[código de puente]-[código de tipo de inspección]-[número consecutivo]", en donde:

- Código de puente: Corresponde a un código único de 7 dígitos para cada puente definido en el inventario (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I).
- Código del tipo de inspección: Se refiere al código del tipo de inspección realizada. Se designa como "IN" para el tipo de *Inspección de inventario* y "IR" para el tipo *Inspección rutinaria*. En caso de que el informe sea de ambos tipos de inspección se debe indica "IN-IR".
- Número consecutivo: Corresponde a un número consecutivo que se asigna para cada informe de inspección de un mismo puente y tipo de inspección.

Ejemplo n.° 1 - Código de informe:

- Código de puente: 6041110.
- Código del tipo de inspección: IN.

- Número consecutivo: 01.

Código de informe: 6041110-IN-01.

Ejemplo n.° 2 - Código de informe:

- Código de puente: 1015200.
- Código del tipo de inspección: IR.
- Número consecutivo: 01.

Código de informe: 1015200-IR-01.

Ejemplo n.° 3 - Código de informe:

- Código de puente: 2142150.
- Código del tipo de inspección: IN-IR.
- Número consecutivo: 01.

Código de informe: 2142150-IN-IR-01.

v. Título de informe: El título del informe debe ser alusivo al tipo de inspección realizada y al puente inspeccionado. Este se define de forma estándar como "[tipo de inspección] [nombre del puente] [número de ruta]", en donde:

- Tipo de inspección: Corresponde al tipo de inspección realizada, "Inspección de inventario", "Inspección rutinaria" o "Inspección de inventario e inspección rutinaria".
- Nombre del puente: Corresponde al nombre del puente según su inventario (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I). Cuando el nombre del puente está asociado al nombre del cuerpo de agua que cruza se debe indicar como "puente sobre [río, quebrada o estero según corresponda] [nombre del cuerpo de agua]". Cuando el puente tiene un nombre particular diferente al nombre del río que cruza se debe indicar como "puente [nombre del puente]". Para puentes que crucen sobre rutas nacionales, se debe indicar como "puente sobre Ruta Nacional n.° [número de ruta]". Para puente sobre líneas ferroviarias, se debe indicar "puente sobre línea férrea". Para puente sobre caminos privados se debe indicar "puente sobre sobre camino privado". Para puentes sobre rutas cantonales, se debe indicar "puente sobre Ruta Cantonal". Por otro lado, cuando el puente cruce sobre más de una ruta nacional se debe identificar de acuerdo con todas las de rutas nacionales que cruza,

independientemente de si cruza otros obstáculos. En caso de que el puente cruce diversos obstáculos incluyendo un cuerpo de agua y donde el resto de obstáculos no corresponda a rutas nacionales, se debe identificar de acuerdo con el nombre del cuerpo de agua.

- Número de ruta: Corresponde al número de ruta sobre la que se encuentra el puente. En el caso de rutas nacionales se indica “Ruta Nacional n.° [número de ruta]”, mientras que en el caso de rutas cantonales se indica “Ruta Cantonal n.° [número de ruta - nombre de cantón]”.

Ejemplo n.° 1 - Título de informe:

- Tipo de inspección: Inspección de inventario.
- Nombre del puente: río Desjarretado.
- Número de ruta: Ruta Nacional n.° 1.

Título de informe: Inspección de inventario del puente sobre el río Desjarretado en Ruta Nacional n.° 01.

Ejemplo n.° 2 - Título de informe:

- Tipo de inspección: Inspección de inventario e inspección rutinaria.
- Nombre del puente: paso a desnivel sobre Ruta Nacional n.° 110.
- Número de ruta: Ruta Nacional n.° 39.

Título de informe: Inspección de inventario e inspección rutinaria de paso a desnivel sobre Ruta Nacional n.° 110 en Ruta Nacional n.° 39.

Ejemplo n.° 3 - Título de informe:

- Tipo de inspección: Inspección de inventario.
- Nombre del puente: paso a desnivel sobre Ruta Cantonal.
- Número de ruta: Ruta Nacional n.° 1.

Título de informe: Inspección rutinaria de paso a desnivel sobre Ruta Cantonal en Ruta Nacional n.° 1.

vi. Vista general del puente: Corresponde a la fotografía que muestra la vista general del puente al día de la inspección y que representa las condiciones actuales. Ésta debe ser tomada de acuerdo con los lineamientos para la toma de

la fotografía de la vista general del puente que se describe en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I.

vii. Condición global puente: Se indica, a modo de resumen ejecutivo, la condición global del puente obtenida según la metodología descrita en el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I.

viii. Organismo de inspección de puentes: Identifica el nombre del *Organismo de inspección de puentes* (OIP), el cual puede ser una persona física o jurídica (ver Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I).

ix. Fecha de inspección: Se debe registrar la fecha en que se ejecutó la inspección según el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018 [año-mes-día].

x. Fecha de emisión: Se debe registrar la fecha en que se emitió el informe a la *Organización* según el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018 [año-mes-día].

En la Figura 6.4 se muestra el formato y contenido de la sección *A. Portada* de acuerdo con los lineamientos establecidos en este capítulo.

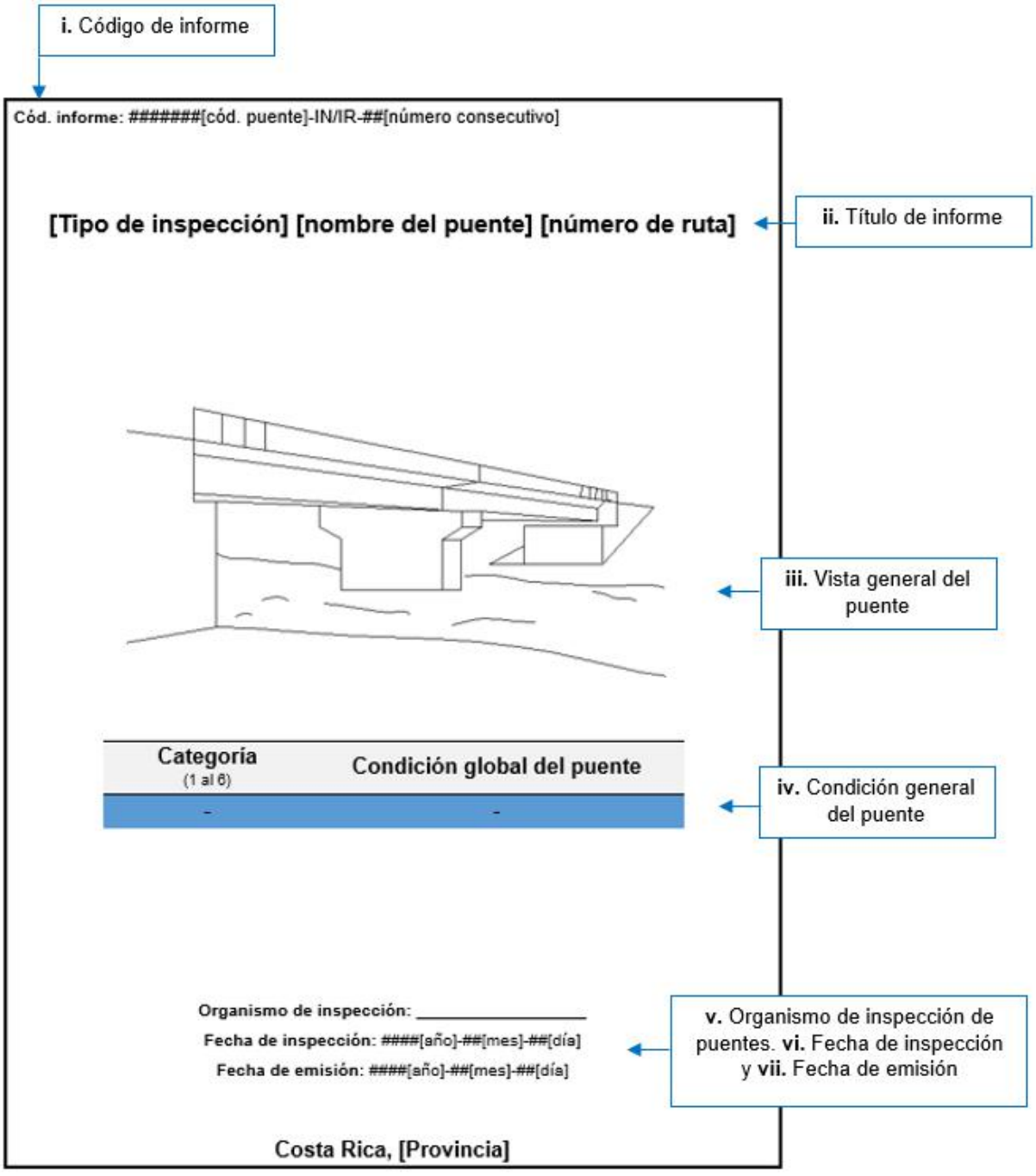


Figura 6.4. Plantilla de la sección *A. Portada* del informe de inspección.

B. Información general:

i. Código de informe (de acuerdo con la sección *A. Portada*).

ii. Número de páginas: Comprende el número total de páginas que conforma el informe, incluyendo formularios, apéndices u otra documentación incluida en el informe.

iii. Número de versión: Corresponde al número de versión final del informe que es entregada a la *Organización.* Esta información tiene como objetivo tener un registro del número total de versiones del informe que surgen del proceso de revisión hasta la aprobación final.

iv. Título de informe (de acuerdo con la sección *A. Portada)*.

v. Fecha de inspección (de acuerdo con la sección *A. Portada*).

vi. Fecha de emisión (de acuerdo con la sección *A. Portada*).

vii. Objetivos y alcances tanto del informe como de la inspección, de acuerdo con el tipo de inspección realizada, y establecidos por la *Organización*.

viii. Equipos y métodos de acceso: Corresponde a los equipos y métodos de acceso utilizados para realizar la inspección (ver Capítulo 5 del MP-2024 Tomo I para más información acerca de los equipos y métodos de acceso). La documentación de los equipos y de los métodos de acceso utilizados brinda información relevante para cuantificar los recursos necesarios para próximas *Inspecciones rutinarias*. En el caso de que el equipo de inspección cuente con un código o identificación establecido (según se describe en el Punto i del Apartado 4.3.4 del MP-2024 Tomo I) deberá incluirse dicho código en esta sección del informe.

ix. Tabla de contenidos: Se indican las secciones del informe, incluyendo formularios, apéndices u otra documentación incluida en el informe.

En la Figura 6.5 se muestra un ejemplo de la sección *B. Información general* que debe contener todo informe de inspección, de acuerdo con los lineamientos establecidos en este capítulo. La información mostrada en dicha figura es de carácter ilustrativo ya que puede depender de los equipos, métodos de accesos utilizados durante la inspección, así como de los objetivos y alcances establecidos por la *Organización* para dicha inspección, entre otros aspectos.

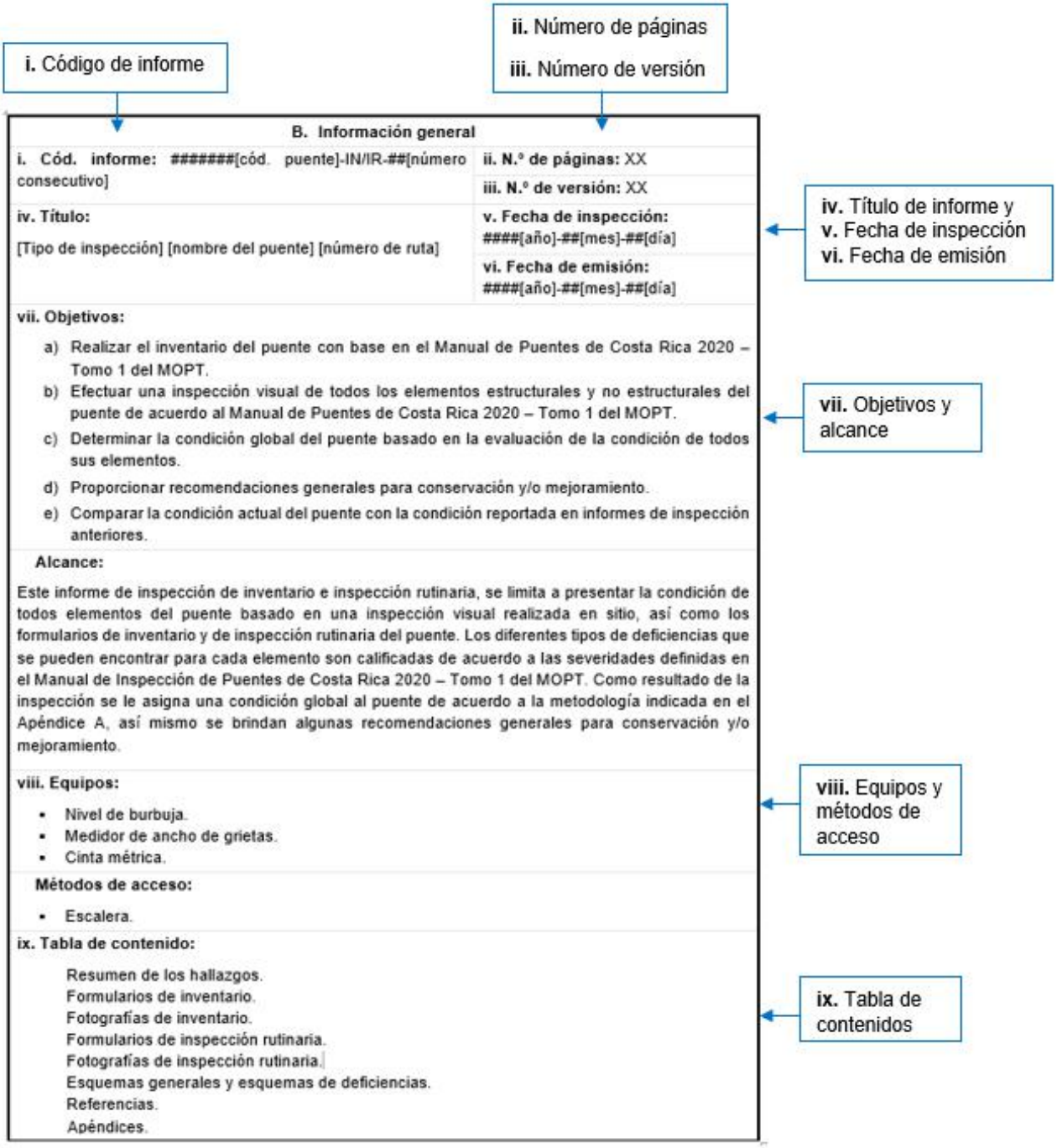


Figura 6.5. Plantilla de la sección *B. Información general* del informe de inspección.

C. Resumen de los hallazgos:

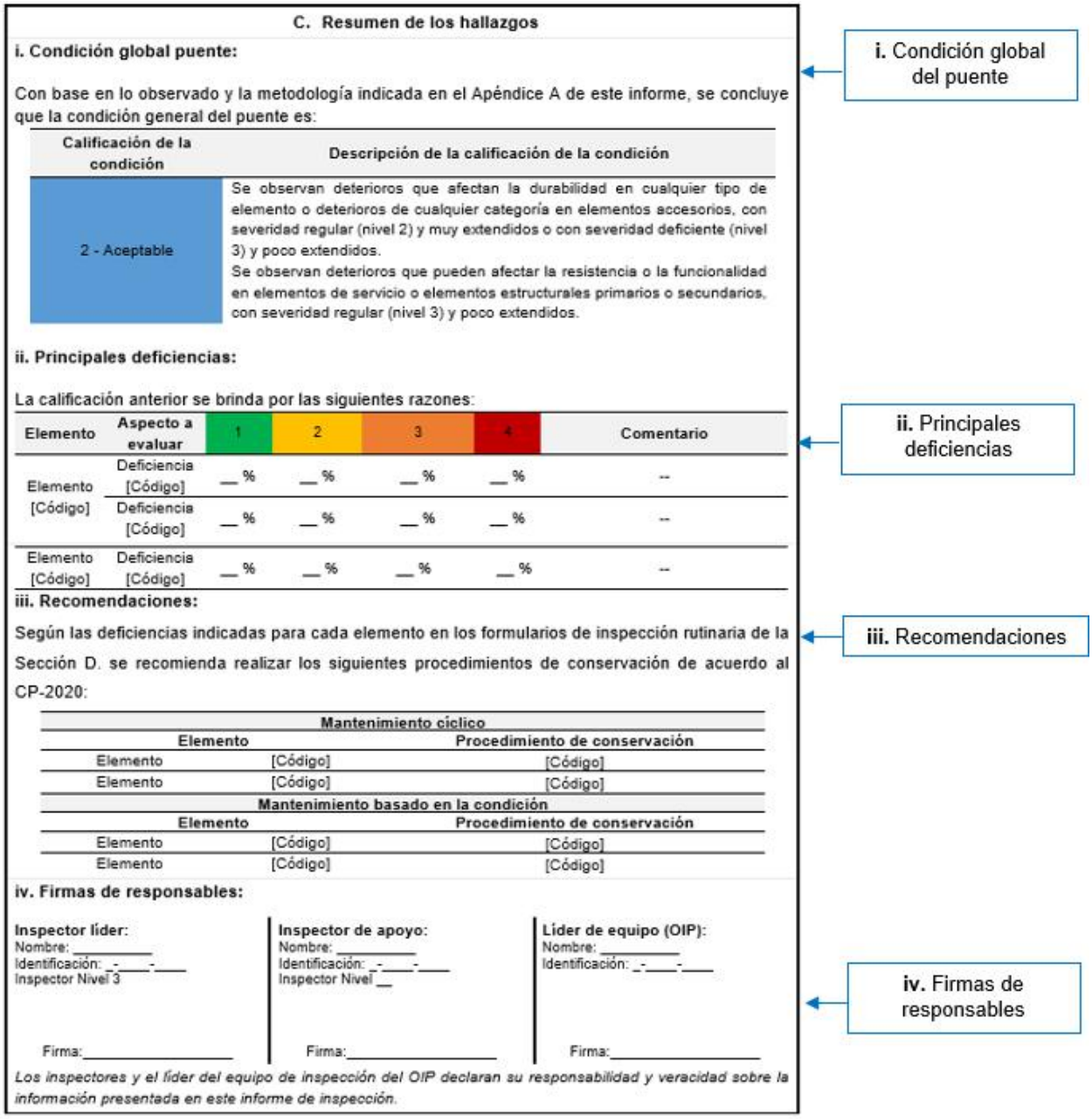
i. Condición general del puente: Se indica la condición global del puente obtenida según la metodología descrita en el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I y que corresponde con la misma mostrada en la sección *A. Portada*.

ii. Principales deficiencias: Se incluyen las principales deficiencias identificadas y los elementos asociados a las mismas con sus códigos de identificación respectivos, que dieron origen a la calificación de la condición global del puente. Se debe incluir el porcentaje asociado a cada severidad (1, 2, 3 y 4) de acuerdo con los criterios de calificación del Apéndice B del MP-2024 Tomo I. Asimismo, en observaciones se debe incluir una breve descripción de dichas deficiencias, aspectos relevantes en torno a las mismas y las referencias a las fotografías incluidas en la sección *D. Formularios de inspección de inventario y de inspección rutinaria*. Finalmente, en el caso de que se hayan identificado hallazgos críticos a partir de la inspección, se debe indicar aquellas deficiencias que dieron origen a los mismos.

iii. Recomendaciones: Las recomendaciones únicamente se deben incluir cuando sean los inspectores quienes determinen las necesidades de conservación según se define en el Apartado 9.4.2 del MP-2024 Tomo I, y en dichos casos se debe indicar los procedimientos de mantenimiento cíclico o basado en la condición recomendados según la codificación establecida en el CP-2024 (Apéndice D del MP-2024 Tomo I). Asimismo, los inspectores pueden brindar recomendaciones de rehabilitación menor, rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) del puente (ya sea de elementos específicos del puente y/o la estructura completa).

iv. Firmas de responsables: Según se indicó en el Apartado 6.6.2 del MP-2024 Tomo I, el informe de inspección se debe presentar con la firma, nombre y número de identificación de los inspectores que participaron en la inspección, así como de aquellos miembros del OIP que realizaron la revisión del informe. Además, se debe identificar el inspector que cumplió la función de líder durante dicha inspección. Los inspectores deben tener presente que dichas firmas representan una declaración de responsabilidad sobre la veracidad y calidad de la información presentada.

En la Figura 6.6 se muestra un ejemplo de la sección *C. Resumen de los hallazgos* que debe contener todo informe de inspección de acuerdo con los lineamientos establecidos en este capítulo. Nuevamente es importante indicar que la información mostrada en dicha figura es de carácter ilustrativo.



C. Resumen de los hallazgos

i. Condición global puente:

Con base en lo observado y la metodología indicada en el Apéndice A de este informe, se concluye que la condición general del puente es:

Calificación de la condición	Descripción de la calificación de la condición
2 - Aceptable	Se observan deterioros que afectan la durabilidad en cualquier tipo de elemento o deterioros de cualquier categoría en elementos accesorios, con severidad regular (nivel 2) y muy extendidos o con severidad deficiente (nivel 3) y poco extendidos. Se observan deterioros que pueden afectar la resistencia o la funcionalidad en elementos de servicio o elementos estructurales primarios o secundarios, con severidad regular (nivel 3) y poco extendidos.

ii. Principales deficiencias:

La calificación anterior se brinda por las siguientes razones:

Elemento	Aspecto a evaluar	1	2	3	4	Comentario
Elemento [Código]	Deficiencia [Código]	__ %	__ %	__ %	__ %	--
	Deficiencia [Código]	__ %	__ %	__ %	__ %	--
Elemento [Código]	Deficiencia [Código]	__ %	__ %	__ %	__ %	--

iii. Recomendaciones:

Según las deficiencias indicadas para cada elemento en los formularios de inspección rutinaria de la Sección D. se recomienda realizar los siguientes procedimientos de conservación de acuerdo al CP-2020:

Mantenimiento cíclico		
Elemento		**Procedimiento de conservación**
Elemento	[Código]	[Código]
Elemento	[Código]	[Código]
Mantenimiento basado en la condición		
Elemento		**Procedimiento de conservación**
Elemento	[Código]	[Código]
Elemento	[Código]	[Código]

iv. Firmas de responsables:

Inspector líder:
Nombre: _____
Identificación: _-____-____
Inspector Nivel 3

Firma:_____

Inspector de apoyo:
Nombre: _____
Identificación: _-____-____
Inspector Nivel __

Firma:_____

Líder de equipo (OIP):
Nombre: _____
Identificación: _-____-____

Firma:_____

Los inspectores y el líder del equipo de inspección del OIP declaran su responsabilidad y veracidad sobre la información presentada en este informe de inspección.

Figura 6.6. Plantilla de la sección *C. Resumen de los hallazgos* del informe de inspección.

D. Formularios de *Inspección de inventario* y de *Inspección rutinaria*: Los formularios de *Inspección de inventario* y de *Inspección rutinaria* (ya sean físicos o digitales), corresponden a la herramienta de registro que el inspector utiliza en el campo para recopilar la información requerida durante la inspección. En caso de que los inspectores hayan utilizado formularios físicos para recopilar la información en campo, una vez finalizada la inspección, en oficina deberán pasar dicha información a formato digital para incluirla en el informe de inspección.

   A continuación, se indican cuáles son los formularios que se deben incluir en los informes de inspección:

   i. Formularios de la *Inspección de inventario*: Se deben presentar los formularios aplicables del Apéndice A del MP-2024 Tomo I. Únicamente se incluyen cuando se realiza una *Inspección de inventario*.

   ii. Fotografías de la *Inspección de inventario*: Las fotografías se deben presentar de acuerdo con el formato indicado en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I. Únicamente se incluyen cuando se realiza una *Inspección de inventario*. Las fotografías se deben presentar numeradas, con el fin de poder realizar referencias cruzadas cuando sea necesario, y mostrar la fecha según el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018 [año-mes-día].

   iii. Formularios de la *Inspección rutinaria*: Se deben presentar los formularios aplicables del Apéndice B del MP-2024 Tomo I. Cuando se incluyan observaciones se debe indicar la deficiencia y elemento en específico donde se observó y fotografías en caso de existir.

   iv. Fotografías de la *Inspección rutinaria*: Las fotografías deben presentarse de acuerdo con el formato indicado en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I. Las fotografías se deben presentar numeradas con el fin de poder realizar referencias cruzadas cuando sea necesario y mostrar la fecha según el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018 [año-mes-día], e indicar el elemento y deficiencia mostrada en la fotografía.

E. Esquemas generales y esquemas de deficiencias: Se deben presentar de acuerdo con el formato establecido en el Apartado 6.6.5 y los Apéndices A y B del MP-2024 Tomo I.

F. Referencias: Toda fuente de información del informe debe ser referenciada según el formato APA.

G. Apéndices: Se debe incluir la justificación del cálculo de la condición global del puente obtenida según la metodología descrita en el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I.

6.6.5 Esquemas generales y esquemas de deficiencias

Los esquemas generales y los esquemas de deficiencias permiten representar el puente, sus elementos, las dimensiones recopiladas en los formularios de la *Inspección de inventario*, y la ubicación de las diferentes deficiencias encontradas durante la *Inspección rutinaria*. En ese sentido, los esquemas complementan la información obtenida a través de los formularios de la *Inspección de inventario*, de *Inspección rutinaria* y las fotografías. Los inspectores deben considerar que la preparación de los esquemas del puente previo a la inspección en campo reduce el tiempo de trabajo en el sitio (FHWA, 2012), por lo que siempre que sea posible, deberán realizar esta tarea como parte de los preparativos para la inspección según se indica en la Sección 5.3 del MP-2024 Tomo I.

Los esquemas a incluir en los informes de inspección, sirven de referencia para futuras inspecciones, por lo que los inspectores se deben asegurar de representar con suficiente precisión la información recopilada en los formularios de la inspección (ya sean de inventario o rutinaria); además, con el objetivo de hacer referencias cruzadas con fotografías u observaciones incluidas en el informe de inspección se debe enumerar las superestructuras, sus tramos y las subestructuras según se describe en el Apéndice A (ver también Sección 5.3 del MP-2024 Tomo I).

6.6.5.1 Esquemas generales

Los esquemas generales únicamente se incluyen cuando se realiza una *Inspección de inventario*. Es importante indicar que además de los esquemas generales incluidos en el informe de inspección, los inspectores deben entregar una copia de dichos esquemas (sin cotas y únicamente con la numeración de las superestructuras, subestructuras y tramos) a la *Organización,* para que dicha copia sea almacenada en el archivo de información del puente, y pueda ser utilizada como base para la preparación de los esquemas de deficiencias en futuras *Inspecciones rutinarias* (Inciso 6.6.5.2 del MP-2024 Tomo I) u otros tipos de inspecciones.

A continuación, se indican cuáles son los esquemas generales de la *Inspección de inventario*, que deben incluirse en el informe de inspección respectivo:

i. Vista en elevación del puente: Corresponde a una vista en elevación (lateral) del puente que muestra la longitud total del puente, numeración y longitud de cada superestructura y de los tramos, numeración de cada subestructura, altura libre vertical (superior e inferior), dirección de la vía, así como otras dimensiones recopiladas en los formularios de la *Inspección de inventario* y que sean relevantes representar en dicha vista. En puentes de gran longitud y con numerosa cantidad de superestructuras, puede ser necesario incluir una vista en elevación por cada superestructura para poder representar adecuadamente toda la información; sin embargo, siempre debe existir una vista en elevación de todo el puente.

ii. Vista superior del puente: Corresponde a una vista superior del puente (en planta) que muestra la longitud total del puente, numeración y longitud de cada superestructura, numeración de cada subestructura, dirección de la vía, dirección de flujo del cuerpo de agua (en caso de que la estructura cruce sobre uno), orientación del norte, ancho de la vía de acceso, ancho total del puente, ancho de calzada, así como otras dimensiones recopiladas en los formularios de la *Inspección de inventario* y que sean relevantes representar en dicha vista. En puentes de gran longitud y con numerosa cantidad de superestructuras, puede ser necesario incluir una vista superior por cada superestructura para poder representar adecuadamente toda la información.

iii. Vista inferior del puente: Corresponde a una vista inferior del puente (por debajo de la superestructura) que muestra la numeración de cada tramo y subestructura y la dirección de la vía. En puentes de gran longitud y con numerosa cantidad de superestructuras, puede ser necesario incluir una vista inferior por cada superestructura para poder representar adecuadamente toda la información.

iv. Sección transversal de cada superestructura: Corresponde a un corte transversal de la superestructura y que muestra la altura y separación de los elementos principales, espesor de tablero o losa y la superficie de desgaste, así como otras dimensiones recopiladas en los formularios de la *Inspección de inventario* y que sean relevantes de representar en dicha vista. Esta sección transversal debe mostrarse en el sentido de la dirección de la vía según el Apéndice A del MP-2024 Tomo I y debe mostrar la dirección de flujo del cuerpo de agua (en caso de que la estructura cruce sobre uno). Cuando el corte transversal se realice en las proximidades de una subestructura se permite combinar la vista de dicha sección con la vista frontal de la subestructura (es decir vistas iv y v), sin embargo, en superestructuras de gran longitud o con situaciones particularidades en zonas que no corresponden con las proximidades de la subestructura siempre se debe incluir una sección transversal próxima a la zona central de dicha superestructura.

v. Vista en elevación y frontal de cada subestructura: Muestra las dimensiones principales de la subestructura, incluyendo las fundaciones en los casos que aplique. Se debe incluir la longitud de apoyo en la vista en elevación o como un detalle específico.

6.6.5.2 Esquemas de deficiencias

La uniformidad de la información recopilada y presentada en un informe de inspección es de mucha importancia para la *Organización*. Por lo tanto, los esquemas de deficiencias deben utilizar como base los esquemas generales del puente del Inciso 6.6.5.1 del MP-2024 Tomo I, los cuales son elaborados a partir de la *Inspección de inventari*o y deben encontrarse almacenados en el archivo de información del puente para su uso inmediato en posteriores *Inspecciones rutinarias*. Asimismo, al igual que los esquemas generales, para los esquemas de deficiencias se debe incluir cada una de las vistas indicadas en dicho inciso (es decir las vistas

del Punto i al v). Además, dichos esquemas deben presentarse bajo el formato establecido en la Figura 6.7, utilizando un círculo divido en tres sectores, en donde:

- “AAA” corresponde al código de identificación de la deficiencia de acuerdo con el Apéndice B del MP-2024 Tomo I.
- “S” se refiere a la severidad de la deficiencia de acuerdo con los criterios de calificación del Apéndice B del MP-2024 Tomo I.
- “XX %” se refiere a la extensión de la deficiencia de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I.

Por otro lado, para indicar la ubicación de las deficiencias, del círculo debe sobresalir una flecha que indique su respectiva localización (ver Figura 6.7). Finalmente, de la Figura 6.8 a la Figura 6.11 se establece la simbología estándar que se debe utilizar para la identificación de algunas de las deficiencias para materiales (ver deficiencias y códigos asignados según el Apéndice B del MP-2024 Tomo I). Asimismo, se indica que los inspectores deben representar cada deficiencia de manera tal que represente una extensión aproximada de la deficiencia en el sitio del puente.

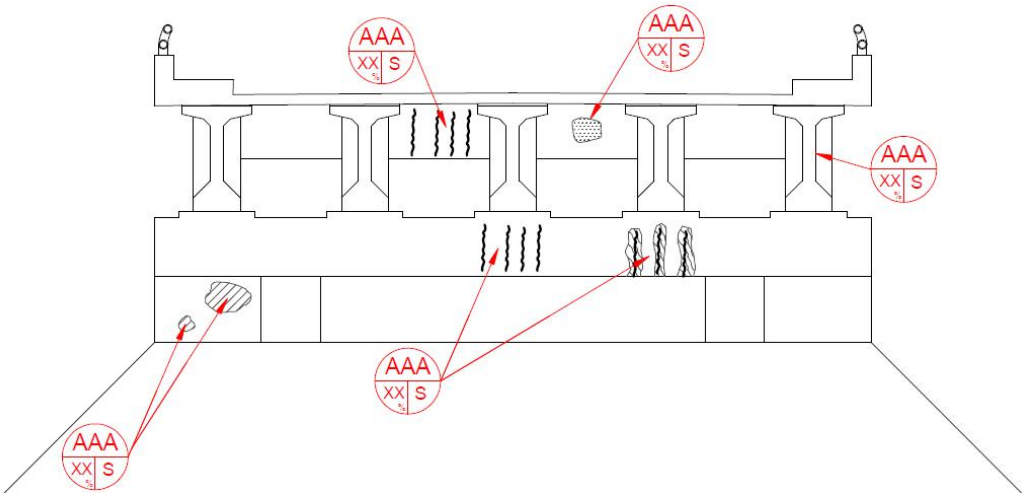


Figura 6.7. Ejemplo de esquema general y de deficiencias que muestra una sección transversal de una superestructura en combinación con la vista frontal del bastión.

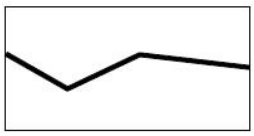
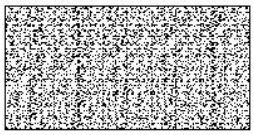
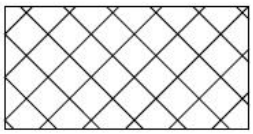
Simbología	Acero
	Agrietamiento [101] , [121]
	Corrosión [102] , [122]
	Impacto [104] , [124]
	Conexiones [105] Conexiones y alineamiento [123]
	Reparaciones [125]

Figura 6.8. Simbología para deficiencias en acero.

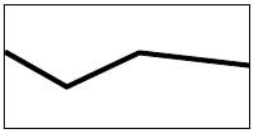
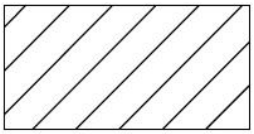
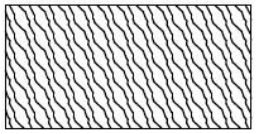
Simbología	Concreto reforzado	Concreto presforzado
	Agrietamiento [201]	Agrietamiento [301] , [321]
	Delaminación / desprendimiento / área reparada [202] , [222]	Delaminación / desprendimiento / área reparada [302] , [322]
	Eflorescencias / manchas de óxido [203] , [223]	Eflorescencias / manchas de óxido [303] , [323]

Figura 6.9. Simbología para deficiencias en concreto reforzado y presforzado.

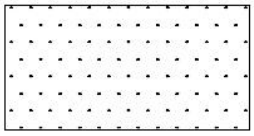
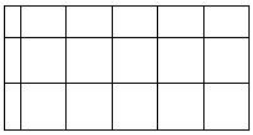
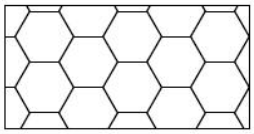
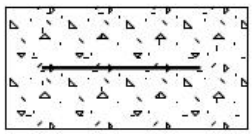
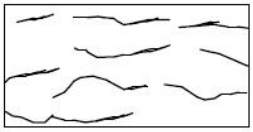
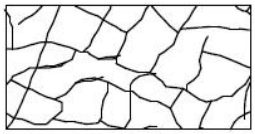
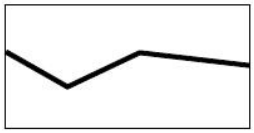
Simbología	Concreto reforzado	Concreto presforzado
	Abrasión o desgaste [204] , [224]	Abrasión o desgaste [304] , [324]
	Impacto [205] , [225]	Impacto [305] , [325]
	Acero expuesto [206] , [226]	Acero expuesto [306] , [326]
	Nidos de piedra [207] , [227]	Nidos de piedra [307] , [327]
	N.A.	Acero del presfuerzo expuesto [308] , [328]
	Grietas en una dirección [220]	N.A.
	Grietas en dos direcciones [221]	N.A.
	Agujeros en losas [228]	Agujeros en losas [329]

Figura 6.9. Simbología para deficiencias en concreto reforzado y presforzado (continuación).

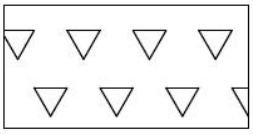
Simbología	Madera



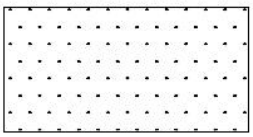
Grietas / acebolladura / rajaduras
[401] , [421]



Pudrición
[402] , [422]



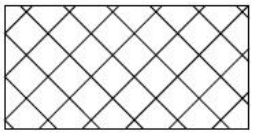
Daño por fuego
[403] , [423]



Abrasión o desgaste
[404] , [424]



Conexiones
[405] , [425]



Reparaciones
[427]

Figura 6.10. Simbología para deficiencias en madera.

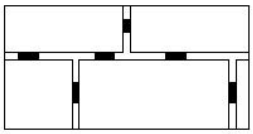
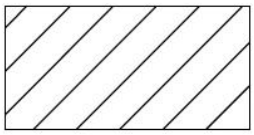
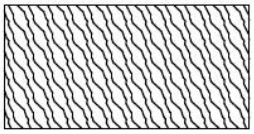
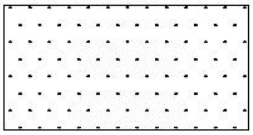
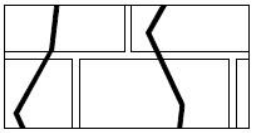
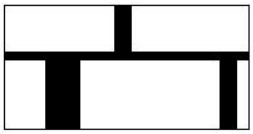
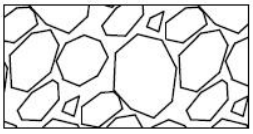
Simbología	Mampostería
	Agrietamiento del mortero [501]
	Delaminaciones [502]
	Eflorescencias / filtraciones [503]
	Abrasión o desgaste [504]
	Fractura o separación de la mampostería [505]
	Desalineamiento o desplazamiento de los bloques [506]
	Pérdida del relleno [507]
	Verticalidad o pérdida de plomo [508]

Figura 6.11. Simbología para deficiencias en mampostería.

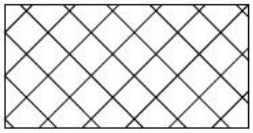
Simbología	Mampostería
	Áreas reparadas [509]

Figura 6.11. Simbología para deficiencias en mampostería (continuación).

6.7 Bibliografía

FHWA. (2012). *Bridge Inspector's Reference Manual_BIRM (Publication n.° FHWA NHI 12-049/12-050).* Washington, D.C: National Highway Institute, Federal Highway Administration.

INTECO. (2018). *Elementos de datos y formatos de intercambio – Intercambio de información – Representación de fechas y horas* (INTE/ISO 8601:2018). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

MOPT. (2014). *Revisión al Manual de Inspección de Puentes 1° ed. 2007: Actualización del Capítulo 5.* San José: Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT, y JICA. (2007). *Manual de Inspección de Puentes.* San José: Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Página intencionalmente en blanco.

7

Inspecciones detalladas

7.1 Introducción..... 7/2

7.2 Propósito de una inspección detallada..... 7/3

7.3 Programación, preparación y realización de una inspección detallada.....7/4

7.3.1 Definición de los objetivos y el alcance de la inspección.....7/6

7.3.2 Revisión de la información disponible..... 7/7

7.3.3 Visita de reconocimiento.....7/8

7.3.4 Preparación del plan de trabajo..... 7/9

7.3.5 Ejecución de la inspección detallada..... 7/13

7.3.6 Tareas post-inspección.....7/13

7.4 Estudios especiales en inspecciones detalladas..... 7/16

7.4.1 Ensayos destructivos (ED).....7/17

7.4.2 Ensayos no destructivos (END)..... 7/18

7.5 Inspecciones detalladas de elementos críticos por fractura, de fundaciones y bajo el agua 7/25

7.5.1 Inspección detallada de elementos críticos por fractura (FCM)..... 7/26

7.5.2 Inspección detallada de fundaciones..... 7/26

7.5.3 Inspección bajo agua..... 7/27

7.6 Bibliografía.....7/28

7.1 Introducción

En el presente capítulo se establecen las generalidades que deben ser consideradas al programar y realizar las inspecciones detalladas de puentes. Se indica el propósito de realizar una *Inspección detallada*, situaciones que justifican su ejecución, los aspectos a contemplar en el plan de trabajo y se abordan aspectos relativos a los estudios especiales que pueden estar incluidos en las mismas.

Según se define en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I, la *Inspección detallada* consiste en una inspección programada, que se realiza a profundidad ("*close-up*" como se conoce en inglés) y al alcance de la mano de un inspector (*"hands on"* como se conoce en inglés), de alguno o de la totalidad de los elementos del puente, y que tiene como objetivo identificar cualquier deficiencia no detectable a través de los procedimientos de *Inspección rutinaria* o donde se necesite ahondar más en detalle en lo observado. El alcance de la inspección depende de varios factores y puede ser tan extenso como sea necesario. Por esta razón no existe un estándar de procedimientos para realizarla, y es imperativo por lo tanto que la *Organización responsable de la gestión de puentes* (de aquí en adelante llamada *Organización*), defina el alcance de cada *Inspección detallada* con base en los objetivos de esta (ver Apartado 7.3.1 del MP-2024 Tomo I). Además de la inspección visual, la *Inspección detallada* puede involucrar la realización de estudios especiales como ensayos destructivos (ED), o DT por sus siglas en inglés para "*Destructive Testing*", y ensayos no destructivos (END), o NDT por sus siglas en inglés para "*Non-Destructive Testing*", según sean requeridos, para verificar o determinar la existencia, extensión y causa de deficiencias en el puente, o para caracterizar las propiedades mecánicas de los materiales y elementos del puente. En el caso específico de los ED y END, la sección incluida en este capítulo está basada en el manual denominado "*The Manual for Bridge Evaluation*" (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2018) (denominado de aquí en adelante como AASHTO MBE 2018). Asimismo, otros documentos complementarios utilizados como referencias se mencionarán en cada una de las secciones correspondientes de este capítulo.

Se incluye en este capítulo también una sección dedicada a la *Inspección de elementos críticos por fractura*, *Inspección de fundaciones* e *Inspección bajo agua* porque son inspecciones que pueden realizarse en conjunto con una *Inspección detallada* o pueden considerarse un tipo particular de *Inspección detallada*, según lo requiera la *Organización*. Por ser inspecciones especializadas y altamente dependientes de las condiciones de cada puente, no poseen un procedimiento estándar y la información presentada tiene por lo tanto el propósito de guiar a las organizaciones encargadas de puentes mientras no existan lineamientos más específicos.

Es importante aclarar que las inspecciones detalladas generalmente se incluyen en los estudios requeridos para una rehabilitación mayor que implique una mejora de la estructura, pero no son el único insumo requerido para realizarla. La *Organización* generalmente requerirá otros estudios, como el levantamiento topográfico (nivelación para modelaje estructural), estudio de suelos, conteos vehiculares, estudio hidrológico-hidráulico, estudio de amenaza sísmica, análisis estructural y otros estudios necesarios para el proyecto específico.

7.2 Propósito de una inspección detallada

Según se establece en el Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I, la *Organización* debe contar con la información de la condición actual de su inventario de puentes para hacer una adecuada gestión de los recursos disponibles. Sin embargo, en algunas ocasiones, el nivel de detalle de la información recopilada a través de los procedimientos de una *Inspección rutinaria* puede no ser suficiente para verificar o identificar la totalidad de las deficiencias existentes en el puente, delimitar su extensión, determinar su severidad, estimar la tasa a la cual evolucionan o establecer las causas de su ocurrencia. El propósito de una *Inspección detallada* es utilizar herramientas y análisis, que permitan brindar información más minuciosa que la obtenida a través de los procedimientos de una *Inspección rutinaria* (ver Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I), de modo que proporcione a la *Organización* información adicional o complementaria, para sustentar la toma decisiones sobre las intervenciones de mantenimiento, rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) de algunos elementos o del puente completo, de forma tal que permita alcanzar y mantener niveles adecuados de seguridad, servicio, durabilidad y sostenibilidad financiera. Asimismo, la realización de una *Inspección detallada* puede surgir por la necesidad de información específica, para la realización de una evaluación de capacidad estructural del puente (ver Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I) o para la ejecución de una prueba de carga (ver Capítulo 12 del MP-2024). En el Apartado 7.3.1 del MP-2024 Tomo I se indican otras situaciones en las que puede requerirse una *Inspección detallada*.

Se debe tener en cuenta que el nivel de esfuerzo y recursos para realizar una *Inspección detallada* puede variar según el tipo, tamaño o complejidad de la estructura, su ubicación, así como otras condiciones específicas. Además, puede llegar a requerir de medidas de control temporal del tránsito, equipos de inspección y de acceso especializados (ver Capítulo 5 del MP-2024 Tomo I), así como personal calificado para la realización de los estudios especiales (Minnesota Department of Transportation [MnDOT], 2019), por lo que los costos asociados pueden variar y ser mayores que los correspondientes a los de una *Inspección rutinaria*. Por lo tanto, si bien es cierto proveen de información valiosa para la toma de decisiones, las inspecciones detalladas deben de realizarse de preferencia cuando exista una justificación adecuada costo-beneficio para la realización de éstas.

7.3 Programación, preparación y realización de una inspección detallada

En la Figura 7.1 se resumen ochos pasos generales que debe seguir la *Organización* para la programación, preparación y realización de una *Inspección detallada*. Asimismo, se muestran dentro de paréntesis los apartados del MP-2024 Tomo I en los que se incluye la información correspondiente.

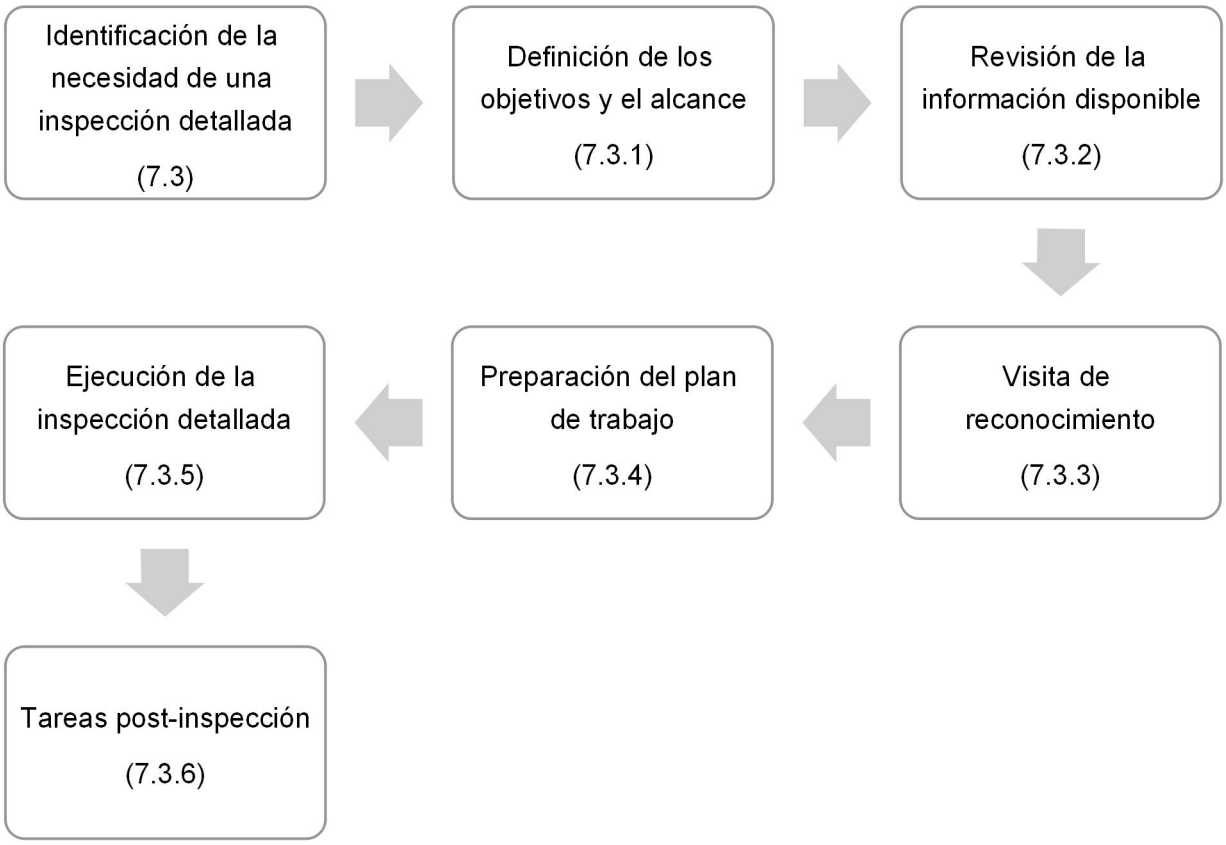


Figura 7.1. Pasos generales para la programación, preparación y realización de una *Inspección detallada*.

Como se ha indicado, las inspecciones detalladas se realizan cuando se requiere información más minuciosa que la obtenida a través de los procedimientos de una *Inspección rutinaria*. Por lo tanto, este tipo de inspecciones no tienen un intervalo de inspección definido de acuerdo con los criterios establecidos en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I, y su programación responde más bien a la identificación de la necesidad de información adicional o complementaria que ayude a la toma de decisiones. Debido a que los motivos por los cuales se puede requerir este tipo inspección pueden ser diversos, a continuación, se indican algunas

situaciones por las que se podría solicitar su realización si la *Organización* lo requiere:

a. Cuando a partir de una *Inspección rutinaria*, se identifican deficiencias que hacen dudar de la capacidad estructural de los elementos o de la estabilidad estructural del puente.

b. En aquellos casos en que se identifican deficiencias severidad 4 en los elementos estructurales principales o primarios (ver Apéndice F del MP-2024 Tomo I), de acuerdo con los criterios de clasificación de la severidad del Apéndice B del MP-2024 Tomo I.

c. Para verificar la existencia de deficiencias significativas que fueron identificadas durante la *Inspección rutinaria* o para determinar sus causas.

d. Si se requiere determinar, con mayor precisión, la extensión de deficiencias específicas para determinar las medidas de reparación.

e. Para la evaluación de la capacidad de carga de un puente cuando la *Organización* requiere mejorar la información disponible, en caso de que no exista información, o cuando la información existente es limitada para obtener la resistencia nominal de los elementos (ver Sección 10.7 del MP-2024 Tomo I).

f. Cuando se requieren determinar las propiedades de los materiales como parte de la investigación estructural preliminar de una prueba de carga con el propósito de eliminar la incertidumbre del modelo analítico (ver Capítulo 12 del MP-2024 Tomo I).

g. Cuando se va a realizar una rehabilitación mayor del puente que implique una mejora de la capacidad de carga vehicular, u operativa, para determinar las mejores medidas de intervención.

h. En el caso de puentes complejos (puentes con tramos con longitudes mayores a 150 m, puentes colgantes, atirantados, móviles y otros puentes con características poco usuales) de acuerdo con el Artículo 1.5 del AASHTO MBE 2018.

i. En puentes clasificados como críticos o esenciales de acuerdo con los criterios de los *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes* (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos [CFIA], 2013), que no cuentan con ruta alterna y cuya falla tendría un impacto económico y social significativo para el país.

En el caso de que la necesidad de una *Inspección detallada* se identifique a partir de una *Inspección rutinaria* (Puntos a, b, c y d), el *Organismo de inspección de puentes* (ver Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I) deberá incluir dicha recomendación en el informe de inspección respectivo y brindar su debida justificación.

La lista anterior incluye los casos más comunes en los que se puede solicitar una *Inspección detallada*, pero pueden existir otros casos que sean relevantes para la *Organización*. Es importante recalcar que es recomendable realizar una evaluación costo-beneficio de la ejecución de la *Inspección detallada* como parte de su justificación. También es indispensable que la *Organización* elabore la documentación pertinente que justifique su realización, la cual debe indicar los siguientes aspectos:

i. Motivo por el cual se solicita la *Inspección detallada*.

ii. Objetivos de la inspección (ver Apartado 7.3.1 del MP-2024 Tomo I).

iii. Alcance de la inspección (ver Apartado 7.3.1 del MP-2024 Tomo I).

iv. Parámetros específicos que se requieren obtener con la inspección (Ejemplos de parámetros son la resistencia del concreto en sitio o espesores de los sistemas de protección de elementos de acero. Se mencionan como ejemplos, pero no son los únicos parámetros que se pueden requerir).

v. Requisitos del plan de muestreo.

vi. Recursos disponibles (financieros, personal y equipos) y los plazos para la ejecución de la *Inspección detallada*.

La *Organización* debe considerar el uso eficiente de los recursos, coordinando en la medida de lo posible, otros tipos de actividades durante la realización de una *Inspección detallada* en un puente, por ejemplo, la realización paralela de una *Inspección especial* (ver Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I), actividades de monitoreo de la salud estructural del puente (Capítulo 11 del MP-2024 Tomo I), o bien, cualquier otra actividad que pueda requerir el uso de equipos de acceso especializado o medidas de manejo temporal del tránsito (ver Capítulo 5 del MP-2024 Tomo I).

7.3.1 Definición de los objetivos y el alcance de la inspección

La definición de los objetivos y alcance de una *Inspección detallada* dependerá de la información requerida, los recursos de la *Organización* y las características del puente y del sitio en donde se ubica el puente.

Los objetivos de la *Inspección detallada* deben definirse en función de la información requerida. Se debe establecer claramente:

- Cuáles son los aspectos que se requieren determinar a partir de la inspección (por ejemplo, resistencia a la compresión del concreto en sitio, profundidad de carbonatación, pérdida de sección en un elemento de acero, permeabilidad del concreto, entre otros). Se debe definir cuál información se recopilará en el sitio y

cómo se reportará.

- Equipo solicitado junto con las especificaciones requeridas.
- Requisitos para el plan de muestreo y los ensayos que se realizarán según las especificaciones o normas establecidas.

En el alcance de la inspección se debe establecer claramente:

- Si se realizará la inspección de todo el puente o solamente de algunos elementos específicos.
- Se debe especificar el nivel de detalle de la evaluación, por ejemplo, si se realizarán mediciones globales o locales (ver Capítulo 11 del MP-2024 Tomo I para la distinción entre métodos globales y locales).
- Indicar si existen restricciones especiales, por ejemplo, en el caso de estructuras declaradas patrimonio histórico arquitectónico (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I).

7.3.2 Revisión de la información disponible

Antes de realizar una *Inspección detallada*, se requiere que el inspector haya hecho una revisión exhaustiva de la información disponible en el archivo del puente. Dicha revisión debe incluir planos constructivos del puente o planos "*as-built",* planos de diseño, planos de rehabilitación mayor en caso de que la estructura haya sido intervenida, formularios de inspección de inventario y rutinaria, informes de otros tipos de inspecciones realizadas, registros de ensayo de materiales, formularios de actividades de conservación ejecutadas, especificaciones utilizadas para el diseño y construcción, correspondencia relacionada con el puente, información histórica, fotografías, registros de consecuencias sufridas por el embate de acciones humanas (colisiones, incendios, entre otros) o amenazas naturales (terremotos, fenómenos hidrometereológicos, entre otros), así como cualquier otra información contenida en el archivo de información del puente (o de otras fuentes pero cuya veracidad pueda ser confirmada) y cuya revisión se considere oportuna.

La revisión de esta información tiene como propósito, definir de forma preliminar los equipos de acceso y medidas de seguridad necesarias para la inspección; también conocer si hay información adicional que debe recopilarse en sitio porque no se tiene y se requiere para elaborar el plan de muestreo (por ejemplo la ubicación y distribución del acero, el recubrimiento existente en elementos de concreto), identificar zonas de interés que se considerarán en el plan de muestreo, y evaluar la necesidad del manejo temporal del tránsito durante la realización de la inspección. Dichos aspectos deberán ser verificados a través de la visita de reconocimiento (ver Apartado 7.3.3 del MP-2024 Tomo I) e incluidos como parte del plan de trabajo de la inspección (ver Apartado 7.3.4 del MP-2024 Tomo I). En los casos en los que las inspecciones

detalladas sean contratadas, los oferentes deben incluir en su oferta todos los costos asociados a la inspección, por lo que debe incluirse los costos de la revisión de la documentación y visita de reconocimiento.

7.3.3 Visita de reconocimiento

Durante la visita de reconocimiento, al igual que durante la ejecución de la *Inspección detallada* en sitio (según se establece en el Apartado 7.3.5 del MP-2024 Tomo I), debe estar presente un *Inspector(a) nivel III y otro Inspector nivel I, II o III* (ver Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I). La visita de reconocimiento permite establecer la condición general del puente y verificar la información disponible en el archivo del puente según se indicó en el Apartado 7.3.2 del MP-2024 Tomo I. Esta visita también tiene como propósito delimitar claramente las áreas que se evaluarán durante la *Inspección detallada*, verificar los equipos de accesos y medidas de seguridad previamente definidos durante la revisión del archivo de información del puente, así como explorar si existen limitaciones de acceso, así como condiciones en el sitio que impidan el uso de determinados métodos de inspección o que puedan poner en riesgo la ejecución de la inspección (condiciones del tránsito, flora y fauna peligrosa, amenazas naturales, personas viviendo en el puente o realizando actividades ilícitas). Debido a lo anterior, es recomendable que la visita se realice el mismo día de la semana y hora más probable en la que posteriormente se realizará la prueba. Cuando se realiza una *Inspección detallada*, se debe tener acceso a todos los componentes del puente incluidos en el alcance de la inspección, y de ahí la importancia de conocer las condiciones del sitio e identificar el equipo necesario.

En la realización de la visita de reconocimiento comúnmente se emplean métodos de inspección visual o equipos que permitan evaluar grandes áreas de forma simple y económica (por ejemplo, georradares) que provean como mínimo información cualitativa, de forma tal que se puedan definir áreas homogéneas (es decir, áreas del material con características, calidad o condición similar) y establecer las zonas donde se realizarán las mediciones o extracciones de muestras. La visita de reconocimiento también permite identificar si existen tareas que se deben realizar antes de la ejecución de la *Inspección detallada*, como puede ser la limpieza especial de los elementos, preparación de las superficies para la ejecución de ensayos o la realización de otros ensayos complementarios previos, como por ejemplo sería el caso de la necesidad de la detección del acero en elementos de concreto para la extracción de núcleos.

La información recopilada durante la visita de reconocimiento permite preparar los formularios y esquemas para la inspección, de acuerdo con las observaciones y parámetros que se deben recopilar en sitio. Asimismo, también permite desarrollar el plan de muestreo de la inspección.

7.3.4 Preparación del plan de trabajo

Se deberá presentar a la *Organización* un plan de trabajo de la *Inspección detallada* para su debida revisión y aprobación, el cual debe responder a los objetivos y alcance definidos por la misma. Este plan deberá incluir:

- Costos asociados a la inspección o los definidos en el contrato.
- Cronograma detallado de las actividades de campo y oficina.
- Equipos de inspección requeridos (incluyendo lista de herramientas estándar, incluidas en el Capítulo 5 del MP-2024 Tomo I, y equipos para la realización de estudios especiales).
- Equipos y vehículos de acceso requeridos (ver Capítulo 5 del MP-2024 Tomo I).
- Medidas de seguridad que se implementarán (incluyendo además lista de equipos de protección personal, así como equipos de inspecciones en altura y espacios confinados en caso de que aplique).
- Medidas de manejo temporal del tránsito que se requerirán (indicando carriles en donde se aplicará el control temporal, horas y cantidad de trabajadores y otra información requerida para solicitar la aprobación necesaria).
- Técnicas por utilizar (ya sea inspección visual detallada o estudios especiales si se incluyen, con sus respectivas normativas referenciadas en los casos en los que existe norma de ensayo, precisión y resolución ofrecida y el propósito de realización de estos ensayos).
- Plan de muestreo desarrollado de acuerdo con los requisitos del Inciso 7.3.4.1 del MP-2024 Tomo I.
- Lista de supuestos considerados en la elaboración del plan, por ejemplo, los insumos que debe suministrar la *Organización*, número de viajes al puente incluidos con equipo especial, condiciones ambientales bajo las que se operaría o no se operaría, entre otros.
- Calificaciones del personal que realiza los estudios especiales de acuerdo con el Inciso 7.3.4.2 del MP-2024 Tomo I.
- Lista de entregables.

7.3.4.1 Plan de muestreo

Debido a la diversidad de estudios especiales que pueden utilizarse en una *Inspección*

detallada, es indispensable preparar un plan de muestreo específico para cada inspección, con el objetivo de asegurar que los parámetros obtenidos son representativos de las condiciones en sitio para el tipo de puente y de material, y tienen además fundamento estadístico.

El tipo de ensayos y la cantidad por realizar van a depender de los parámetros que se requieren determinar a través de la inspección. A la hora de definir los puntos o zonas de ensayo, se debe tener en cuenta la variabilidad de los materiales y de las mediciones por realizar, la precisión de medición requerida para los parámetros de interés, y las restricciones económicas y de tiempo existentes (Balayssac, Garnier, y Salin, 2018). Asimismo, la selección de los puntos o zonas donde se realizarán los ensayos en el área de investigación y el número de réplicas de cada ensayo en cada punto, generalmente se determinarán de acuerdo con la norma de ensayo correspondiente para los ensayos para los cuales éstas existen.

El plan de muestreo debe presentarse dentro del plan de trabajo y debe incluir al menos los siguientes aspectos:

a) Áreas por inspeccionar (elementos específicos del puente y áreas definidas en los elementos).

b) Tipos de ensayos y cantidad a efectuar de acuerdo con sus normas respectivas (para los ensayos para los cuales existe una norma de ensayo).

c) El orden de ejecución de los ensayos y la justificación de la necesidad de cada ensayo en los casos en los que se realicen diferentes tipos de ensayos.

d) Localización exacta de los puntos o zonas donde se realizará cada ensayo (ubicación en los esquemas del puente).

e) Número de réplicas (o repeticiones) de cada ensayo para cada punto donde se realizará el mismo.

f) Variabilidad y precisión de medición requerida de los parámetros de interés.

g) Procedimiento para la extracción de muestras de materiales y reparación de las áreas de donde se extrajeron.

Asimismo, en el plan de muestreo se deben justificar los siguientes aspectos:

h) Cantidad total de ensayos por realizar.

i) Selección de los puntos o zonas donde se realizarán los ensayos.

j) Distancia o separación entre mediciones (densidad de la cuadrícula utilizada para la realización de los ensayos).

k) Limitaciones de los ensayos asociadas a los equipos utilizados.

En la Tabla 7.1 se presenta un listado de normas recomendadas por el AASHTO MBE 2018 para preparar el plan de muestreo de una *Inspección detallada*. En la tabla también incluye las normas nacionales elaboradas por el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) correspondientes y su respectiva numeración en los casos en los que existe una norma nacional equivalente.

Tabla 7.1. Normas de referencia para la elaboración de un plan de muestreo de una *Inspección detallada*.

Material	Norma AASHTO/ASTM		Norma INTECO correspondiente	
Concreto	ASTM C823/C823M-12 (2017)	*Standard Practice for Examination and Sampling of Hardened Concrete in Constructions*	-	-
Concreto	ASTM C42/ C42M-20 AASHTO T24M/T24-15 (2019)	*Standard Method of Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete*	INTE C47:2018	*Método normalizado para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas aserradas de concreto*
Concreto	AASHTO T260-97 (2020)	*Sampling and Testing for Chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials*	-	-
Acero	ASTM A610-79 (2019)	*Standard Test Methods for Sampling and Testing Ferroalloys for Determination of Size*	-	-
Acero	ASTM A673/A673M-17	*Standard Specification for Sampling Procedure for Impact Testing of Structural Steel (Charpy Test)*	-	-
Acero	ASTM A370-19e1	*Standard Tests Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*	INTE C403:2014	*Métodos de ensayo y definiciones para ensayos mecánicos de productos de acero*

Fuente: Modificado de AASHTO, 2018

Para la evaluación de elementos de concreto reforzado, se recomienda también la consideración de los reportes "*Report on Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures (ACI 228.2R-13)"* (American Concrete Institute [ACI], 2013) (denominado de aquí en adelante como ACI 228.2R-13 2013) y "*Report on Methods for Estimating In-Place*

Concrete Strength (ACI 228.1R-19)" (ACI, 2019c) (denominado de aquí en adelante como ACI 228.1R-19 2019) para la elaboración del plan de muestreo.

Se recomienda la norma ISO 13822 denominada *"Bases for Design of Structures- Assessment of Existing Structures"* (International Organization for Standardization [ISO], 2010) como guía para la inspección de puentes de cualquier material, ya que es una guía de evaluación general de estructuras de cualquier material.

7.3.4.2 Requisitos para el personal que realiza los estudios especiales

La calidad de los resultados de los estudios especiales depende de la capacitación, conocimiento y experiencia de las personas responsables de su realización. Por tal razón, la *Organización* deberá asegurarse que dichos ensayos sean llevados a cabo por personas con la debida capacitación y experiencia. Si no existe un requisito en la legislación nacional respecto a la certificación del personal que realiza los ensayos no destructivos, le corresponde a la *Organización* establecer cómo se asegurará la competencia para realizar el trabajo. La norma INTE/ISO 9712:2014 denominada *Requisitos para la calificación y certificación de personal en ensayos no destructivos* (INTECO, 2014b) establece los requisitos para la calificación y certificación de personal de ensayos no destructivos más comunes para elementos metálicos. Sin embargo, indica que mientras no exista requisitos en la normativa nacional, se puede utilizar esta norma como documento de referencia para establecer los procesos de certificación.

Es importante señalar que no todos los métodos de ensayos no destructivos cuentan con una norma de ensayo aprobada. Para estos casos es necesario que se justifique su uso mediante la demostración de la aceptación del método de ensayo en referencias internacionales, tales como los manuales de los departamentos de transporte de otros países y documentos elaborados por instituciones reconocidas internacionalmente como:

- *"American Association of State Highway Transportation Officals"* (AASHTO),
- "*American Concrete Institute"* (ACI),
- "*International Organization for Standardization"* (ISO),
- *"European Committee of Standardization*" (CEN),
- *"Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, systèmes de construction et ouvrages"* (RILEM),
- "*American Institute of Steel Construction"* (AISC),
- "*American Society of Civil Engineers"* (ASCE),
- "*Federal Highway Administration"* (FHWA) o

- "*National Cooperative Highway Research Program"* (NCHRP).

7.3.5 Ejecución de la inspección detallada

La *Inspección detallada* se debe realizar según el plan de trabajo, es decir, de acuerdo con el cronograma señalado, utilizando los equipos de acceso, medidas de seguridad, medidas de manejo temporal del tránsito, ensayos y plan de muestreo establecidos y aprobados. Se debe tomar fotografías que permitan documentar el proceso de inspección, así como las condiciones del sitio y del puente el día de su realización. Se debe registrar cualquier anomalía o situación que afecte o altere el plan de trabajo.

Los inspectores que realicen la *Inspección detallada* deben cumplir con los requerimientos establecidos en el Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I. Durante la realización de una *Inspección detallada* deberá estar en el sitio como mínimo un *Inspector(a) nivel III* y otro *Inspector(a) nivel I, II o III* si la inspección consiste únicamente en una inspección visual detallada. En las inspecciones en las que se realicen estudios especiales, debe participar como mínimo un inspector nivel III y el personal que ejecuta los estudios especiales.

7.3.6 Tareas post-inspección

Toda *Inspección detallada* debe documentarse de forma que la información recopilada pueda ser utilizada por la *Organización* en la toma de decisiones. La comunicación de los resultados de la inspección se realiza mediante la entrega de un informe de la *Inspección detallada*. Además de recibir el informe de inspección, es importante que la *Organización* verifique que el trabajo efectuado corresponde con el solicitado. En este apartado se incluyen recomendaciones sobre el contenido mínimo que debe tener un informe de *Inspección detallada* y una guía que permita a la *Organización* evaluar el cumplimiento del trabajo requerido.

7.3.6.1 Contenido mínimo de un informe de inspección detallada

Según se indicó anteriormente, debido a que los objetivos y alcance de una *Inspección detallada* pueden ser tan diversos, no es posible establecer un listado preciso de los contenidos; sin embargo, se indican las secciones y entregables que como mínimo debe contener un informe. Asimismo, se debe reiterar que la *Organización* puede establecer requisitos adicionales de acuerdo con las necesidades de información existentes.

En todo informe de inspección se debe indicar claramente: título, nombre de las personas que realizaron la inspección (con el nombre del responsable de la inspección claramente identificado y su firma) y un resumen ejecutivo de los principales hallazgos, conclusiones y recomendaciones. Posterior al resumen ejecutivo, se deberán incluir como mínimo las siguientes secciones:

a. Objetivos y alcance de la *Inspección detallada.*

b. Insumos (documentación, estudios, planos, entre otros) entregados por la *Organización.*

c. Descripción de la estructura.

d. Investigación realizada incluyendo:

    i. Documentación examinada.

    ii. Elementos inspeccionados.

    iii. Plan de muestreo (indicando claramente los sitios de exploración en los que se realizaron estudios especiales).

    iv. Normas de ensayo utilizadas.

e. Resultados de los ensayos efectuados (Análisis estadístico e interpretación de los resultados).

f. Conclusiones y recomendaciones.

g. Referencias.

h. Anexos (planos, fotografías, reportes de laboratorio, registros de campo, esquemas de deficiencias (ver Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I) por componente o elemento estructural inspeccionado, datos o imágenes de salida de los equipos de medición, y cualquier otra documentación que se considere pertinente).

En los casos en los que se hayan realizado estudios especiales (ver Sección 7.4 del MP-2024 Tomo I), ya sea en el sitio o en el laboratorio, se deberá incluir la interpretación de los resultados realizada por personal capacitado.

En el caso de los ensayos de laboratorio, se debe adjuntar el reporte formal de los resultados firmado por el responsable del laboratorio. Cuando se utilice instrumentación para la ejecución de los ensayos, se debe incluir además la siguiente información:

    i. Tipo, fabricante y modelo del equipo utilizado.

    ii. Una copia del certificado de calibración más reciente (en caso de que aplique según las especificaciones y requerimientos del equipo).

    iii. El nombre del personal que realiza el ensayo y documentación que evidencie su calificación para realizar el ensayo.

Finalmente, el informe deberá presentar las conclusiones de la inspección, así como

recomendaciones para la *Organización*. Entre las recomendaciones deberá especificarse claramente si existe necesidad de estudios adicionales, del monitoreo de elementos específicos, si se requieren actividades de mantenimiento, rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) de la estructura u otras recomendaciones que sean pertinentes (ACI, 2019c).

7.3.6.2 Evaluación de los resultados de una inspección detallada

Una vez recibidos los resultados de una *Inspección detallada*, claramente plasmados en el informe de inspección correspondiente (ver Inciso 7.3.6.1 del MP-2024 Tomo I), la *Organización* deberá evaluar los resultados obtenidos y en función de ello, considerar las recomendaciones del informe y tomar las acciones pertinentes como parte de las decisiones de la gestión de los puentes bajo su jurisdicción.

La Tabla 7.2 muestra una lista de chequeo, basada en el Artículo C5.5 del AASHTO MBE 2018, que la *Organización* puede utilizar para evaluar los resultados de una *Inspección detallada* para determinar si el informe presentado y el trabajo realizado, cumplen con los requerimientos establecidos para la *Inspección detallada*.

Tabla 7.2. Lista de aspectos generales por evaluar de los resultados obtenidos de una *Inspección detallada*.

Ítem	Aspecto por evaluar	Sí	No
1	¿Se cumplió con los objetivos de la inspección?		
2	¿Los resultados presentados en el reporte de la inspección son los requeridos por la *Organización*?		
3	¿La inspección fue realizada por personal con experiencia probada?		
4	¿El muestreo fue realizado correctamente? (Ubicación, tamaño de la muestra y número de ensayos para que los parámetros determinados sean representativos del elemento ensayado).		
5	¿Los resultados obtenidos son los esperados o se obtuvieron resultados imprevistos?		
6	¿Existe algún patrón identificable en los resultados o consistencia entre los resultados de los ensayos realizados o con resultados anteriores?		

Tabla 7.2. Lista de aspectos generales por evaluar de los resultados obtenidos de una *Inspección detallada*.

Ítem	Aspecto por evaluar	Sí	No
7	¿Los resultados pueden indicar la falla del elemento, la necesidad de reparaciones inmediatas o la necesidad de limitar la carga permitida?		
8	¿Los estudios especiales fueron realizados por personal con experiencia probada?		
9	¿Se requiere la realización de inspecciones o ensayos adicionales para verificar los resultados, para examinar otros componentes del puente que presentan defectos semejantes o para determinar si existen deterioros adicionales en los mismos elementos?		
10	¿Es posible que haya otros puentes que presenten problemas semejantes y que aún no se haya identificado el problema?		

Fuente: Adaptado de AASHTO, 2018.

Al finalizar la evaluación de la información presentada en el informe, es importante que se justifique, documente y se incluya en el archivo de información del puente, las acciones que se realizarán basadas en los resultados de la *Inspección detallada*.

7.4 Estudios especiales en inspecciones detalladas

Las inspecciones detalladas pueden requerir de estudios especiales, según las necesidades de investigación establecidas en el plan de trabajo. Para efectos de este manual, se consideran estudios especiales aquellos que requieren de equipo y personal especializado y que brindan información que no puede ser obtenida a través de los procedimientos de una *Inspección rutinaria* según lo establecido en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I. Al ser una actividad que requiere de equipo y personal especializado, se deberá presentar a la *Organización* la documentación pertinente que valide la calificación del personal que ejecutará los ensayos, así como el equipo a utilizar (ver Inciso 7.3.4.2 del MP-2024 Tomo I).

Los estudios especiales se pueden clasifican en dos categorías: ensayos destructivos (ED) y ensayos no destructivos (END). Dicha clasificación se basa en si las propiedades físicas, químicas o mecánicas de los materiales son alteradas como consecuencia de la realización del ensayo. Los END corresponden a los ensayos en los que no se altera las propiedades de los

elementos inspeccionados. Se debe tener en cuenta que, a pesar de procurar realizar la mínima cantidad de ED, generalmente se requerirá su realización, ya que los ensayos no destructivos son mediciones indirectas, mientras que a partir de los ED se obtienen mediciones directas de las características de los materiales.

Existen un número amplio de ensayos para evaluar elementos estructurales de concreto, acero y madera. En los Apartados 7.4.1 y 7.4.2 del MP-2024 Tomo I respectivamente, se describen brevemente cuáles son los ED y END más comunes en la inspección de puentes, lo cual no impide del uso de otros métodos y equipos siempre y cuando demuestren tener el desempeño requerido (se recomienda consultar los documentos elaborados por las instituciones indicadas en el Inciso 7.3.4.2 del MP-2024 Tomo I).

7.4.1 Ensayos destructivos (ED)

Según se definió anteriormente, se entiende por ensayos destructivos aquellos ensayos en los que las propiedades físicas, químicas o mecánicas de los materiales son alteradas como consecuencia de la realización del ensayo. Se incluye dentro de este grupo la extracción de muestras de los materiales para efectuar ensayos en el laboratorio, donde los más comunes son la extracción de probetas de acero y extracción de núcleos de concreto (norma INTE C47:2018). Para más información de los ensayos de laboratorio para los que se requiere extracción de muestras, las Tablas 5.4-1, 5.5-1 y 5.5-2 del AASHTO MBE 2018, indican las normas de ensayo comúnmente empleadas en la evaluación de elementos de concreto, acero y madera en puentes.

Debido a que la realización de ED requiere de extracción o puede producir afectación en la estructura, únicamente se deben realizar cuando se necesita información específica y los resultados sean indispensables para la evaluación del puente, por ejemplo, para la caracterización de los materiales en sitio. En el caso de que se realicen, se debe procurar realizar el mínimo número de ensayos de acuerdo con lo establecido en las normas respectivas para la determinación del parámetro requerido.

Por otro lado, para efectos de no comprometer la integridad estructural del puente, se debe prestar especial atención en la definición de las zonas de muestreo para los ensayos. Dichas zonas no deben coincidir con aquellas en donde los elementos pueden experimentar concentraciones considerables de esfuerzo o en donde una reducción en la sección provoque una disminución no tolerable de la resistencia; por lo tanto, las mismas deben ser establecidas por el ingeniero responsable de la *Inspección detallada*. Para la definición de estas zonas se recomienda consultar con un ingeniero estructural en el caso de que el ingeniero responsable de la inspección no tenga esta especialidad. Una vez que se hayan realizado los ensayos requeridos, deben realizarse las reparaciones pertinentes en los sitios en donde se efectuaron las extracciones. En el Artículo C5.3 del AASHTO MBE 2018 se indican algunas referencias

para la reparación de elementos estructurales de los cuales se han extraído muestras para la evaluación de materiales.

7.4.2 Ensayos no destructivos (END)

Se define como ensayos no destructivos a aquellos ensayos en los que el elemento evaluado no sufre ninguna alteración (o esta es mínima) de sus propiedades físicas, químicas y mecánicas durante la ejecución del ensayo o posterior a éste. Para más información relativa a la terminología utilizada en los ensayos no destructivos, referirse a la norma ASTM E1316 "*Standard Terminology for Nondestructive Examinations"* (American Society for Testing and Materials [ASTM], 2020) y la norma nacional INTE/ISO 9712:2014.

En el caso particular de elementos de concreto reforzado, se recomienda referirse también a los siguientes reportes del ACI: ACI 228.2R-13 2013 y ACI 228.1R-19 2019. También en el Apéndice D del Reporte NCHRP 782 denominado "*Proposed Guideline for Reliability-Based Bridge Inspection"* (NCHRP, 2014) se encuentra información que puede servir de guía para la selección de los métodos no destructivos a utilizar para la inspección de puentes considerando criterios de costo, confiabilidad y efectividad.

La selección de un ensayo no destructivo dependerá de los objetivos de la inspección según consta en el plan de trabajo (ver Apartado 7.3.4 del MP-2024 Tomo I), y deberá realizarse la cantidad suficiente de pruebas (según se establece en las normas de ensayo) que permitan garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos (ver Inciso 7.3.4.1 del MP-2024 Tomo I).

Todos los ensayos no destructivos tienen diferentes aplicaciones, ventajas y limitaciones. Es por ello fundamental que cuando se considere su uso, se debe analizar la aplicabilidad de los métodos para determinar las características de interés para la inspección. Debido a las razones anteriores, se debe justificar en el plan de trabajo su aplicabilidad y detallar el alcance y las limitaciones del método empleado.

También se debe considerar que la práctica recomendada actualmente es la combinación de varios ensayos, la cual se puede realizar de tres formas (Breysse, 2012):

i. **Combinación tipo A:** se comparan los resultados obtenidos mediante dos o más métodos de ensayo para confirmar las mediciones o variaciones registradas.

ii. **Combinación tipo B:** se comparan los resultados de dos o más métodos de ensayo para mejorar la interpretación de los resultados.

iii. **Combinación tipo C:** se utiliza una técnica de muestreo rápido para identificar las áreas en las que se utilizará un método de ensayo que requiere un muestreo más detallado.

En los casos que se utilice una combinación de ensayos, se debe justificar en el plan de

muestreo y en el informe:

- La selección de los métodos de ensayo.
- El tipo de combinación realizada.
- El procesamiento de los resultados que se realizará.

Se puede encontrar una guía para la combinación de ensayos no destructivos para concreto reforzado en las referencias Balayssac et al. (2018) y Breysse (2012).

Los ensayos no destructivos, además de clasificarse según el material en el que se aplican, pueden clasificarse según la tecnología o principio físico en que está basado el método. A continuación, se presentan los métodos de ensayo no destructivos comúnmente empleados en puentes de acuerdo con el material y principio físico en el que se basan. Esta lista no limita o prohíbe la utilización de otros métodos reconocidos por su efectividad y aceptados en referencias internacionales reconocidas, como las indicadas en el Inciso 7.3.4.2 del MP-2024 Tomo I.

7.4.2.1 Métodos de ensayo no destructivos para puentes con elementos de concreto

A continuación, se presenta una breve descripción general de los métodos de ensayos no destructivos más utilizados para puentes con elementos de concreto. Se puede encontrar información detallada de éstos y otros métodos en el Artículo 5.2.2 del AASHTO MBE 2018 y en el reporte ACI 228.2R-13 2013. También se recomienda consultar las referencias Malhotra y Carino (2004) y Maierhofer, Reinhardt, y Dobmann (2010).

Métodos de resistencia

Se incluyen en este grupo los métodos que buscan determinar la resistencia del concreto en sitio y los ensayos más comunes incluidos en este grupo son: el esclerómetro (norma ASTM C805/C805M-18) y la prueba de resistencia a la penetración (norma ASTM C803/C803M-18). Estos ensayos tienen la limitante de brindar únicamente información de la superficie del elemento y que la resistencia es relativa, ya que proporcionan una indicación de la uniformidad del concreto, pero no dan una estimación de la resistencia en sitio. Para obtener una cuantificación de la resistencia en sitio se requiere haber establecido la curva de calibración del ensayo para el concreto específico. Es recomendable que quien realice la calibración del método esté certificado en el método de acuerdo con la certificación del ACI para ensayos no destructivos. En el reporte ACI 228.1R-19 2019, se especifica la forma de determinar la resistencia en sitio con base en los ensayos allí detallados, incluyendo también el método de extracción por deslizamiento o “*pullout”* como se conoce en inglés (norma ASTM C900-19).

Métodos sónicos

Están basados en el uso de ondas sonoras para evaluar la uniformidad del concreto permitiendo la identificación de delaminaciones. Los ensayos más comunes por su simplicidad son el uso de cadenas para identificar delaminaciones en los tableros de los puentes, y el uso de martillos para identificar delaminaciones en elementos verticales. La norma ASTM D4580/D4580M-12 (2018) describe el procedimiento para detectar delaminaciones en tableros de puentes. También existen sistemas automáticos en los que se produce el sonido con un dispositivo que golpea la superficie y se registra y procesa automáticamente la señal de la onda de sonido producida. También se incluye en este grupo el ensayo de impacto-eco en el cual, a partir de la información de la onda registrada, se determina el espesor de los elementos de concreto, entre otras funcionalidades. La norma ASTM C1383-15 describe el método para determinar los espesores de placas de concreto mediante el método de impacto-eco.

Métodos ultrasónicos

Son aquellos métodos en los que se utilizan ondas de sonido dentro del rango de ultrasonido (por encima de los 20 kHz) para evaluar la presencia de grietas o discontinuidades. Se utilizan transductores piezoeléctricos para generar y recibir las ondas de ultrasonido y se calcula la velocidad con la que la onda atraviesa el elemento. La velocidad del pulso depende de la composición y naturaleza del concreto, así como de sus propiedades elásticas.

Métodos magnéticos

Son aquellos métodos en los que se utilizan campos magnéticos para evaluar los elementos metálicos embebidos en el concreto, tales como el acero de refuerzo y presfuerzo. Estos métodos son utilizados para ubicar la posición del acero y caracterizar el refuerzo dentro del concreto. Existen múltiples equipos portables, como los medidores de recubrimientos y los denominados pachómetros.

Métodos eléctricos

Están basados en mediciones de la conductividad y resistividad eléctrica del concreto. Por ejemplo, las mediciones de resistividad eléctrica se utilizan para evaluar la permeabilidad del concreto y dan una indicación de que puede existir corrosión del acero. Por su parte, los diferenciales de potencial eléctrico pueden ser utilizados para evidenciar procesos de corrosión activa en el acero de refuerzo dentro del concreto (norma ASTM C876-15). Un ejemplo de aplicación de métodos eléctricos está en la norma ASTM D3633/D3633M-12 (2019), la cual establece un procedimiento para medir la resistividad eléctrica del concreto en tableros de puentes para determinar si existe corrosión activa del acero de refuerzo.

Métodos termográficos

La termografía infrarroja se utiliza para detectar delaminaciones y otras discontinuidades en elementos de concreto expuestos directamente a la radiación solar o a fuentes de calor

artificiales. La técnica se basa en la medición, por medio de sensores de ondas en el rango infrarrojo, de la diferencia en la radiación emitida por las superficies, debido a que las delaminaciones y otras discontinuidades alteran la transferencia de calor dentro del concreto, el cual es un mal conductor térmico. La norma ASTM D4788-03 (2013) describe el procedimiento para detectar delaminaciones en tableros de puentes usando esta técnica.

Métodos de radar

Los radares emplean ondas electromagnéticas emitidas y registradas por antenas que trabajan en diferentes rangos de frecuencia, dependiendo del material que se vaya a ensayar. Los radares permiten identificar discontinuidades dentro del concreto, como por ejemplo capas entre materiales, grietas o la presencia del acero de refuerzo. Las propiedades de los materiales afectan las características de las ondas electromagnéticas reflejadas y registradas en las antenas, por lo que a partir de los registros se pueden inferir propiedades de los materiales ensayados. El georradar de penetración terrestre (GPR por sus siglas en inglés para "*Ground Penetrating Radar*"), es el radar más común para la inspección de estructuras. La norma ASTM D6087-08 (2015) corresponde al procedimiento de ensayo utilizando este método de tableros de concreto de puentes con una superficie de ruedo asfáltica.

La Tabla 7.3 muestra una comparación de los métodos de ensayo no destructivos para elementos de concreto, de acuerdo con su capacidad para detección de daños como grietas, descascaramiento, corrosión y otros. Esta tabla está basada en la Tabla 5.2.1.1 del AASHTO MBE 2018 y debe usarse como guía para la selección de los métodos de ensayo más adecuados en elementos de concreto.

Tabla 7.3. Capacidad de detección de daños de los métodos de ensayo en elementos de concreto.

Método basado en:	**Grietas**	**Descascaramiento**	**Corrosión**	**Desgaste y abrasión**	**Deterioro químico**	**Vacíos en la lechada (tendones de presfuerzo)**
Resistencia	N	N	P	N	P	N
Sónico	F	N	B[b]	N	N	N
Ultrasonido	B	N	F	N	P	N
Magnético	N	N	F	N	N	N
Eléctrico	N	B[b]	B	N	N	N
Termografía	N	B[b]	B[c]	N	N	N

Tabla 7.3. Capacidad de detección de daños de los métodos de ensayo en elementos de concreto.

Método basado en:	Grietas	Descascaramiento	Corrosión	Desgaste y abrasión	Deterioro químico	Vacíos en la lechada (tendones de presfuerzo)
Radar	N	N	B[c]	N	N	N

[a] B = Bueno; F = Fiable; P = Pobre; N = No adecuado
[b] Por debajo de superficies bituminosas
[c] Detecta delaminaciones

Fuente: Modificado de AASHTO, 2018.

7.4.2.2 Métodos de ensayo no destructivos para puentes con elementos de acero

Se presenta a continuación una breve descripción de los END más utilizados en la evaluación de elementos estructurales de acero.

Métodos radiográficos

Estos métodos utilizan la radiación electromagnética mayor a 1000 Hz para detectar defectos en los elementos. Entre los más comunes están los rayos X y el uso de rayos gamma. Los rayos X producidos por una fuente de radiación, son absorbidos por un material en proporción a su espesor y número atómico. La absorción de rayos X en zonas defectuosas del material será diferente (usualmente menos absorción), en comparación con zonas circundantes a ellas. La radiación que atraviesa el material es plasmada en una filmina o en una pantalla fluorescente, que mostrará los defectos en tonos generalmente más oscuros. Este método permite identificar defectos como agrietamientos, la inclusión de escoria o porosidades en soldaduras de elementos estructurales. La desventaja principal de estos métodos es que requieren medidas de protección y seguridad especiales que no se requieren en los demás métodos.

Método de partículas magnéticas

Utilizado para visualizar defectos superficiales o cercanos a la superficie en materiales magnéticos. Consiste en generar un campo magnético en el elemento y rociar partículas (generalmente partículas de hierro), para que se alineen siguiendo las líneas del campo magnético. Cualquier defecto producirá una distorsión del campo magnético en el material y hará que las partículas se concentren en la trayectoria del defecto haciéndolo evidente visualmente.

Método de corriente inducidas (“Eddy current”)

Su operación es muy similar a los métodos de partícula magnética, siendo en este caso el campo eléctrico el que se ve perturbado por los defectos presentes en el material. Los defectos producen un cambio en la impedancia y el cambio puede ser leído con un medidor para tal propósito. Este método se utiliza para detectar grietas en la superficie o cerca de ella, o para la medición de espesores de los materiales y de las capas de los recubrimientos de protección.

Método de líquidos penetrantes

Este método, por su simplicidad y bajo costo, es uno de los más utilizados para detección de defectos superficiales en elementos de acero. Las normas ASTM E1417/E1417M-16 y ASTM E165/E165M-18 establecen los procedimientos de ensayo utilizando líquidos o tintes penetrantes. En este método los defectos se detectan visualmente utilizando tintes que se alojará por atracción capilar dentro de grietas o dentro de cualquier defecto en la superficie del material o en su soldadura. Los defectos se hacen visibles al aplicar un talco revelador blancuzco, cuyo color permanece inalterado en zonas donde no existan defectos. Por lo contrario, en aquellas zonas en donde el líquido penetrante se haya depositado, el talco revelador reaccionará con el penetrante y mostrará un cambio de color normalmente rojizo evidenciando un defecto.

Método de ultrasonido

Este método consiste en la propagación de ondas de sonido de alta frecuencia (mayor a 20 kHz), para la detección de imperfecciones internas dentro del material. La propagación de estas ondas es afectada por la presencia de defectos o por las fronteras del material (superficies). El método permite identificar la presencia de defectos como grietas, su profundidad y tamaño, así como medir el espesor de material.

En la Tabla 7.4 se indica la capacidad de cada uno de los métodos descritos para la evaluación de elementos de acero.

Tabla 7.4. Capacidad de detección de daños de los métodos de ensayo en elementos de acero.

Método basado en:	**Grietas pequeñas en superficie**	**Grietas profundas en superficie**	**Grietas internas**	**Grietas por fatiga**	**Vacíos internos**	**Porosidad/escorias en soldaduras**	**Espesor**	**Corrosión por esfuerzos**	**Abrasión**	**Puntos de corrosión**
Radiografía	N	F[b]	F[b]	P	B	B	F	F	P	B

Tabla 7.4. Capacidad de detección de daños de los métodos de ensayo en elementos de acero.

Método basado en:	Grietas pequeñas en superficie	Grietas profundas en superficie	Grietas internas	Grietas por fatiga	Vacíos internos	Porosidad/escorias en soldaduras	Espesor	Corrosión por esfuerzos	Abrasión	Puntos de corrosión
Partículas magnéticas húmedas	B	B	N	B	N	N	N	B	N	N
Partículas magnéticas secas	F	B	N	B	N	N	N	F	N	P
Corrientes inducidas (Eddy Current)	F	B	N	N	N	P	P	N	N	N
Líquidos penetrantes	F	B	N	B	N	N	N	B	N	F
Ultrasonido[c]	P	B	B	B	B	F	B	F	F	P

[a] B = Bueno; F = Fiable; P = Pobre; N = No adecuado
[b] En caso de que el haz de ultrasonido sea paralelo a las grietas
[c] La eficiencia varía según el equipo y modo de operación

Fuente: Modificado de AASHTO, 2018.

7.4.2.3 Métodos de ensayo no destructivos para puentes con elementos de madera

Se presentan los END utilizados comúnmente en la inspección de elementos estructurales de madera.

Métodos de penetración

Se conocen como métodos de penetración a los ensayos en los que se utiliza un elemento punzante para verificar la condición interna de un elemento de madera. La facilidad o dificultad de penetración es un indicador de la dureza de la madera y permitirá determinar si la madera está podrida o si ha sido afectada por insectos. Estos métodos proporcionan una medida cualitativa, ya que la fuerza aplicada no es conocida; sin embargo, de manera rápida se puede realizar una valoración simple de la madera y así identificar áreas que deben evaluarse en detalle. Para la cuantificación de la resistencia de la madera existen también equipos llamados resistógrafos. La ventaja de estos equipos es que se obtiene una medición cuantitativa, ya que se registra la fuerza requerida para que una aguja instrumentada penetre la madera.

Métodos eléctricos

La aplicación principal de los métodos eléctricos en la evaluación de la madera es para la medición del contenido de humedad. Algunos de los equipos miden la resistencia eléctrica entre dos electrodos introducidos en la madera, y se relaciona la resistencia con el contenido de humedad indicado en una escala calibrada. Existen otros equipos en los que se utiliza

corrientes alternas para medir la impedancia y la capacitancia de la madera. Estos equipos deben calibrarse de acuerdo con la especie de madera y con la densidad de ésta. La norma ASTM D4444–13 (2018) establece el método de ensayo para medir la humedad en elementos de madera.

Métodos ultrasónicos

El uso de ultrasonido para la evaluación de la madera se basa en que la velocidad de propagación de una onda mecánica en un medio depende de las propiedades elásticas del material. La existencia de vacíos, nudos o rajaduras en la madera producirán cambios en la velocidad de propagación de la onda. Por tanto, los cambios en la velocidad del pulso servirán para identificar áreas con características diferentes dentro del elemento de madera. En la Tabla 7.5 se indican los defectos que pueden evaluarse con cada uno de los métodos.

Tabla 7.5. Capacidad de detección de daños de los métodos de ensayo en elementos de madera.

Método basado en:	Deterioro superficial y pudrición	Pudrición interna y vacíos	Desgaste	Deterioro químico	Abrasión y desgaste
Penetración	B	B	F	F	N
Eléctrico	F	F	N	N	N
Ultrasonido	N	B	B	N	N

[a] B = Bueno; F= Fiable; P = Pobre; N = No adecuado

Fuente: Modificado de AASHTO, 2018.

7.5 Inspecciones detalladas de elementos críticos por fractura, de fundaciones y bajo el agua

Los lineamientos generales para realizar las inspecciones detalladas pueden servir de base para establecer los requisitos de la *Inspección de elementos críticos por fractura*, *Inspección de fundaciones* y la *Inspección bajo agua*. El procedimiento general mostrado en la Figura 7.1 debe seguirse y debe ampliarse para las inspecciones mencionadas tomando en consideración la información específica de las referencias citadas en las siguientes secciones.

Es importante señalar que para las inspecciones diferentes de la *Inspección de inventario* y la *Inspección rutinaria* generalmente se requerirá un equipo interdisciplinario formado por ingenieros de diferentes áreas, como pueden ser ingenieros estructurales, hidráulicos,

geotecnistas y especialistas en materiales.

7.5.1 Inspección detallada de elementos críticos por fractura (FCM)

La *Inspección de elementos críticos por fractura* (FCM) está definida en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I, se realiza generalmente de forma visual y se complementa con ensayos no destructivos (principalmente partículas magnéticas, tintes penetrantes y ultrasonido). En el Apéndice B del MP-2024 Tomo I también se señala que si el inspector observa en campo alguno de los detalles indicados en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I como FCM debe reportarlo siguiendo el procedimiento establecido para el reporte de hallazgos críticos, de forma que se planifique la *Inspección de elementos críticos por fractura*.

La *Organización* debe establecer el procedimiento para la *Inspección de los elementos críticos por fractura*. Se recomienda referirse a la Sección 6.4 y 6.4.8 del "*Bridge Inspector's Reference Manual_BIRM"* (FHWA, 2012a) . Es importante recalcar que la inspección de los elementos identificados como críticos a fractura puede seguir el procedimiento incluido en este capítulo para una *Inspección detallada*, agregando los siguientes elementos en el plan de inspección (ver Apartado 7.3.4 del MP-2024 Tomo I) y en el reporte de la inspección (ver Inciso 7.3.6.1 del MP-2024 Tomo I):

- Identificación de los detalles clasificados como FCM.
- Ubicación en el plano del puente de los elementos clasificados como FCM.
- Descripción de cada uno de los métodos de ensayo no destructivos y del respectivo procedimiento que se utilizará para la inspección.

Se debe incluir en el registro del puente un esquema con la ubicación de los elementos críticos por fractura, y también los planos detallados de los elementos para facilitar el registro de las observaciones y la comparación del deterioro observado en diferentes inspecciones.

Se recomienda utilizar como guía para el análisis y evaluación de los elementos críticos por fractura el Reporte NCHRP 883 denominado "*Fracture-Critical System Analysis for Steel Bridges"* (NCHRP, 2018) y la Síntesis NCHRP 354 denominada *"Inspection and Management of Bridges with Fracture-Critical Details"* (NCHRP, 2005) los cuales son documentos de acceso libre.

7.5.2 Inspección detallada de fundaciones

La *Inspección de fundaciones* se requiere cuando no se conoce el tipo de fundación existente o cuando se conoce el tipo, pero no se conoce la profundidad de ésta. También se puede necesitar realizar este tipo de inspección cuando existe riesgo por socavación y se desconoce la condición actual de la socavación.

Para la *Inspección de fundaciones* se recomienda consultar las siguientes referencias en las que se proporciona guía sobre el uso de ensayos no destructivos para la investigación de cimentaciones:

- *"Determination of Unknown Subsurface Bridge Foundations (Geotechnical Guideline n.° 16)"* (FHWA, 1998).
- Capítulo 4 del reporte *"Foundation Reuse for Highway Bridges"* (FHWA, 2018).
- Sección 3.3 de ACI 228.2R-13 2013.

Para la definición del alcance de la inspección y para la toma de decisiones a partir de los resultados de la *Inspección de fundaciones* es indispensable la asesoría de profesionales especialistas en geotecnia e hidráulica.

7.5.3 Inspección bajo agua

La *Inspección bajo agua*, según se definió en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I, se recomienda para elementos de la subestructura que están cubiertos por agua donde la profundidad o la coloración del agua no permite realizar una inspección visual desde la superficie. También se puede requerir cuando existe evidencia de socavación o pérdida del soporte de las fundaciones (Ontario Ministry of Transportation [MTO], 2008).

Para la evaluación de la socavación se debe tomar como referencia el *Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura Vial en Centroamérica* (Secretaría de Integración Económica Centroamericana [SIECA], 2016). En la Tabla 7.1 de ese documento se resumen los criterios para los estudios hidrológicos e hidráulicos aplicables en Costa Rica. También se recomienda la información libre de acceso de la FHWA (disponibles en la página web: www.fhwa.dot.gov) siguiente:

- Para la evaluación de la socavación el documento *"Evaluating Scour at Bridges"* (FHWA, 2012b).
- Para la evaluación de la estabilidad del cauce la circular *"Stream Stability at Highway Structures"* (FHWA, 2012c).
- Para las medidas contra la socavación e inestabilidad del cauce: *"Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance"* (FHWA, 2009).

La *Organización* debe definir los requisitos de las inspecciones bajo el agua, tener el registro de los puentes que requieren este tipo de inspección y establecer la frecuencia con la que se llevarán a cabo. En la publicación "*Underwater Bridge Inspection"* (FHWA, 2010) se incluye información detallada de las deficiencias observadas en elementos bajo el agua, equipos y

técnicas utilizadas y demás información necesaria para planear y ejecutar una *Inspección bajo agua*. También se puede encontrar información adicional que puede servir de guía para la elaboración de los procedimientos de inspección en la Sección 13.3 del *"Bridge Inspector's Reference Manual_BIRM"* (FHWA, 2012a).

7.6 Bibliografía

AASHTO. (2018). *The Manual for Bridge Evaluation (3° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2019). *Standard Method of Test for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete* (AASHTO T24M/T24-15 (2019)). American Association of State and Highway Transportation Officials. Obtenido de https://standards.globalspec.com/

AASHTO. (2020). *Standard Method of Test for Sampling and Testing for Chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials* (AASHTO T260-97 (2020)). American Association of State and Highway Transportation Officials. Obtenido de https://standards.globalspec.com

ACI. (2013). *Report on Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures (ACI 228.2R-13).* Farmington Hills: American Concrete Institute.

ACI. (2019a). *Code Requirements for Evaluation, Repair, and Rehabilitation of Concrete Buildings and Commentary* (ACI 562-19). American Institute of Concrete. Obtenido de https://www.concrete.org/

ACI. (2019b). *Guide for Assessment of Concrete Structures before Rehabilitation (ACI 364.1R-19).* Farmington Hills: American Concrete Institute.

ACI. (2019c). *Report on Methods for Estimating In-Place Concrete Strength (ACI 228.1R-19).* Farmington Hills: American Concrete Institute.

ASTM. (2013a). *Standard Practice for Field Calibration and Application of Hand-Held Moisture Meters* (ASTM D7438-13). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2013b). *Standard Test Method for Detecting Delaminations in Bridge Decks Using Infrared Thermography* (ASTM D4788-03 (2013)). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2014). *Standard Radiographic Examination for Soundness of Welds in Steel by Comparison to Graded ASTM Reference Radiographs* (ASTM E1955-04 (2014)).

American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2015a). *Standard Practice for Measuring Thickness by Manual Ultrasonic Pulse-Echo Contact Method* (ASTM E797/E797M-15). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2015b). *Standard Practice for Measuring Ultrasonic Velocity in Materials* (ASTM E494-15). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2015c). *Standard Reference Radiographs for Steel Castings Up to 2 in (50.8 mm) in Thickness* (ASTM E446-15). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2015d). *Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete* (ASTM C876-15). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2015e). *Standard Test Method for Evaluating Asphalt-Covered Concrete Bridge Decks Using Ground Penetrating Radar* (ASTM D6087-08 (2015)e1). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2015f). *Standard Test Method for Measuring the P-Wave Speed and the Thickness of Concrete Plates using the Impact-Echo Method* (ASTM C1383-15). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2016a). *Standard Practice for Liquid Penetrant Testing* (ASTM E1417/E1417M-16). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2016b). *Standard Practice for Magnetic Particle Testing* (ASTM E1444/E1444M-16e1). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2016c). *Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete* (ASTM C597-16). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2017a). *Standard Guide for Eddy Current Testing of Electrically Conducting Materials Using Conformable Sensor Arrays* (ASTM E2884-17). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2017b). *Standard Practice for Examination and Sampling of Hardened Concrete in Constructions* (ASTM C823/C823M-12 (2017)). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2017c). *Standard Specification for Sampling Procedure for Impact Testing of Structural Steel* (ASTM A673/A673M-17). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2018a). *Standard Practice for Liquid Penetrant Testing for General Industry* (ASTM E165/E165M-18). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2018b). *Standard Practice for Measuring Delaminations in Concrete Bridge Decks by Sounding* (ASTM D4580/D4580M-12 (2018)). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2018c). *Standard Test Method for Laboratory Standardization and Calibration of Hand-Held Moisture Meters* (ASTM D4444-13 (2018)). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2018d). *Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete* (ASTM C42/C42M-20). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2018e). *Standard Test Method for Penetration Resistence of Hardened Concrete* (ASTM C803/C803M-18). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2018f). *Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete* (ASTM C805/C805M-18). *American Society for Testing and Materials*. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2019a). *Standard Test Method for Electrical Resistivity of Membrane-Pavement Systems* (ASTM D3633/D3633M-12 (2019)). American Society for Testing and Materials . Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2019b). *Standard Test Method for Pullout Strength of Hardened Concrete* (ASTM C900-19). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2019c). *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products* (ASTM A370-19e1). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2019d). *Standard Test Methods for Sampling and Testing Ferroalloys for Determination of Size* (ASTM A610-79 (2019)). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2020). *Standard Terminology for Nondestructive Examinations* (ASTM E1316-20). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

Balayssac, J. P., Garnier, V., y Salin, J. (2018). Methodological Guide. En J. P. Balayssac, y V.

Garnier, *Non-destructive Testing and Evaluation of Civil Engineering Structures* (págs. 329-349). Londres: ISTE Press Ltd y Elsevier Ltd.

Breysse, D. (Ed.). (2012). *Non-Destructive Assessment of Concrete Structures: Reliability and Limits of Single and Combined Techniques: State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 207-INR.* Heidelberg: Springer Netherlands.

CFIA. (2013). *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes.* San José: LanammeUCR.

FHWA. (1998). *Determination of Unknown Subsurface Bridge Foundations (Geotechnical Guideline n.° 16).* Washington, D.C: Office of Engineering, Federal Highway Administration.

FHWA. (2009). *Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance (3° ed.) (Publication n.° FHWA-NHI-09-112).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

FHWA. (2010). *Underwater Bridge Inspection (Publication n.° FHWA-NHI-10-027).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

FHWA. (2012a). *Bridge Inspector's Reference Manual_BIRM (Publication n.° FHWA NHI 12-049/12-050).* Washington, D.C: National Highway Institute, Federal Highway Administration.

FHWA. (2012b). *Evaluating Scour at Bridges (5° ed.) (Publication n.° FHWA-HIF-12-003).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

FHWA. (2012c). *Stream Stability at Highway Structures (4° ed.) (Publication n.° FHWA-HIF-12-004).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

FHWA. (2018). *Foundation Reuse for Highway Bridges (Publication n.° FHWA-HIF-18-055).* Virginia: Office of Bridges and Structures, Federal Highway Administration.

INTECO. (2014a). *Métodos de ensayo y definiciones para ensayos mecánicos de productos de acero* (INTE C403:2014). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2014b). *Requisitos para la calificación y certificación de personal en ensayos no destructivos* (INTE/ISO 9712:2014). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org

INTECO. (2018). *Método normalizado para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas aserradas de concreto* (INTE C47:2018). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org

ISO. (2010). *Bases for design of structures-Assessment of existing structures* (ISO 13822:2010). International Organization for Standardization. Obtenido de https://www.iso.org/

Maierhofer, C., Reinhardt, H. W., y Dobmann, G. (2010). *Non-destructive evaluation of reinforced concrete structures-Volume 1: Non-Destructive Testing Methods*. Cambridge: Woodhead Publishing.

Malhotra, V. M., y Carino, N. J. (2004). *Handbook of Nondestructive Testing of Concrete*. Boca Raton: CRC Press LLC.

MnDOT. (2019). *Bridge and Structure Inspection Program Manual.* Minnesota: Minnesota Department of Transportation.

MTO. (2008). *Ontario Structure Inspection Manual (OSIM).* St. Catherines: Bridge Office, Ontario Ministry of Transportation.

NCHRP. (2005). *NCHRP Synthesis 354: Inspection and Management of Bridges with Fracture Critical Details.* Washigton, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

NCHRP. (2014). *NCHRP Report 782: Proposed Guideline for Reliability-Based Bridge Inspection Practices.* Washigton, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

NCHRP. (2018). *NCHRP Research Report 883: Fracture-Critical System Analysis for Steel Bridges.* Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

SIECA. (2016). *Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura Vial en Centroamérica.* San Salvador: Secretaría de Integración Económica Centroamericana.

Página intencionalmente en blanco.

8

Calificación de la condición y priorización de la intervención de puentes existentes

8.1 Introducción 8/2

8.2 Calificación de la condición de los elementos, los componentes y del puente de forma global 8/3

8.2.1 Acciones de intervención recomendadas de acuerdo con la calificación de condición de los elementos, los componentes o del puente 8/5

8.3 Priorización de los puentes que requieren acciones de intervención 8/7

8.3.1 Objetivos de la priorización de puentes 8/8

8.3.2 Utilidad de las listas de priorización 8/9

8.4 Estimación de costos de las acciones de intervención con base en la condición de los componentes del puente 8/9

8.4.1 Método de costos unitarios de intervención 8/10

8.4.2 Método alternativo de porcentajes con base en el costo de reposición del puente 8/16

8.5 Presupuestación de proyectos de intervención 8/24

8.6 Elaboración de proyectos de intervención 8/26

8.7 Bibliografía 8/27

8.1 Introducción

A partir de las inspecciones rutinarias de puentes se obtienen datos, que requieren ser analizados para determinar las acciones de intervención que conserven o mejoren la condición de los elementos, los componentes y del puente de forma global. Al mismo tiempo, brindan indicadores de desempeño que proporcionan información directa del estado en que se encuentran los puentes, y permiten medir en un Sistema de Gestión de Puentes (denominado de aquí en adelante como SGP), si se están cumpliendo los objetivos planteados y si las acciones de intervención implementadas han sido efectivas. El uso de los indicadores de desempeño, derivados de la información de las inspecciones rutinarias, permite a una *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como *Organización*) mejorar el SGP, ajustando las metodologías de intervención de los puentes (ver Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I).

Además de lo mencionado, en un SGP es necesario priorizar las acciones de intervención, debido a que los presupuestos que manejan las *Organizaciones* son asignados para una variedad de fines simultáneos. Esto implica también realizar estimaciones de presupuesto que permitan planificar la intervención de los puentes y asignar recursos a los distintos programas.

En este capítulo se presentan algunos insumos que se pueden utilizar en las *Organizaciones* para apoyar la toma de decisiones:

- Una calificación de la condición de los elementos, los componentes y del puente de forma global, que es un indicador de desempeño y que está relacionado con acciones de intervención de puentes (ver Apéndice F del MP-2024 Tomo I).
- Una priorización que considera la condición de los componentes, la importancia y la obsolescencia del puente (ver Apéndice G del MP-2024 Tomo I).
- Métodos para la estimación de costos de las acciones de intervención con base en la condición de los componentes del puente.
- Estrategias para presupuestar y elaborar proyectos de intervención de puentes.

Para la elaboración de este capítulo se tomaron como base las metodologías de las siguientes publicaciones, modificando aspectos para adaptarlos al enfoque de *Inspección rutinaria* que se especifica en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I:

- Para la calificación de la condición se utilizan los enfoques cualitativos y de calificación máxima, descritos en la publicación “*Synthesis of National and International Methodologies Used for Bridge Health Indices”* (Federal Highway Administration [FHWA], 2016). También, la escala para determinar la calificación de elementos, componentes y del puente de forma global de la publicación “*Bridge Preservation Guide - Maintaining a Resilient Infrastructure*

*to Preserve Mobility" (*FHWA, 2018).

- Para la priorización se utiliza un método de ponderación de variables, basado en el proceso analítico por jerarquías propuesto por Saaty (1987) que fue utilizado en el *Lineamiento para mantenimiento de puentes* (Ministerio de Obras Públicas y Transportes [MOPT] y Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA], 2007).
- Para la estimación de costos se utiliza el enfoque de *El Estudio sobre el Desarrollo de Capacidad en la Planificación de Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes, Basado en 29 Puentes de la Red de Carreteras Nacionales en Costa Rica* (JICA, 2007) (denominado de aquí en adelante como Estudio de JICA 2007).
- Para la elaboración de proyectos de intervención se hace referencia a la publicación *"Bridge Bundling Guidebook*" (FHWA, 2019).

8.2 Calificación de la condición de los elementos, los componentes y del puente de forma global

La calificación de la condición de puentes es un indicador de desempeño que se utiliza como una herramienta para comunicar el estado de las estructuras a los responsables de la alta gerencia, las partes interesadas y los demás tomadores de decisiones de la *Organización*. Esto, les permitirán establecer y mejorar las políticas, las metas y los objetivos del SGP (FHWA, 2016), También, permite determinar aquellas estructuras que representan un peligro a la seguridad de los usuarios o a la continuidad del servicio brindado.

Con base en esto, en el Apéndice F del MP-2024 Tomo I, se muestra una metodología para calificar la condición de los elementos, los componentes y del puente de forma global, partiendo de cada *Inspección rutinaria* que se realice a un puente. Esta *Inspección rutinaria* se debe realizar siguiendo los criterios establecidos en el Capítulo 6 y el Apéndice B del MP-2024 Tomo I.

Como resultado de la calificación de la condición de los elementos, los componentes y del puente de forma global se obtiene un indicador, ubicado en una escala entre 1 y 6, que se muestra en la Tabla 8.1. Esta escala consiste en una serie de categorías cualitativas que se asignan a cada uno de los elementos del puente con base en la información recopilada durante una *Inspección rutinaria* (FHWA, 2016). Cada una de estas categorías se puede relacionar con la escala de FHWA (1995, 2018), como se muestra en la Tabla 8.1. En el Apéndice F del MP-2024 Tomo I se incluyen más detalles sobre la definición de esta escala de calificación de la condición.

Tabla 8.1. Escala para la calificación de la condición de los elementos, los componentes y del puente de forma global.

Calificación de la condición	Equivalencia con categorías de FHWA (1995, 2018)	Descripción de la calificación de la condición
1- Satisfactoria	8 y 9	Elementos sin deficiencias o con deficiencias leves que afectan únicamente la durabilidad del elemento. La estabilidad estructural y la seguridad vial están aseguradas.
2- Aceptable	6 y 7	Elementos con deterioros ligeros. Se observan deficiencias leves en elementos funcionales o estructurales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa, o deficiencias moderadas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.
3- Regular	5	Deficiencias importantes, pero los componentes del puente aún funcionan de forma adecuada. Se observan deficiencias moderadas en elementos funcionales o estructurales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa, o deficiencias significativas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.
4- Deficiente	4	Deficiencias serias, pero, que no llegan a comprometer la estabilidad del puente. Se observan deficiencias moderadas en elementos estructurales primarios o deficiencias significativas en elementos estructurales secundarios o elementos funcionales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa. O bien, se observan deficiencias severas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.
5- Alarmante	3 y 2	La estabilidad del puente podría estar comprometida en el corto plazo debido a deficiencias significativas en uno o varios elementos estructurales principales del puente, o a deficiencias severas extendidas en uno o varios elementos estructurales secundarios o elementos funcionales.
6- Falla inminente	1 y 0	Inestabilidad estructural del puente o de sus componentes. Riesgo alto de colapso de la estructura debido a deficiencias severas extendidas en uno o varios elementos estructurales principales del puente. Daño irreversible que posiblemente requiera la reconstrucción (sustitución) del puente o al menos la reconstrucción de los elementos dañados.

8.2.1 Acciones de intervención recomendadas de acuerdo con la calificación de condición de los elementos, los componentes o del puente

La calificación de la condición está directamente relacionada con las necesidades de atención en los puentes, las cuales se determinan a partir de la información recopilada durante una *Inspección rutinaria*. Para establecer esta relación se deben definir reglas que la *Organización* establece para la atención de los puentes de acuerdo con su condición (FHWA, 2018). En esta sección se proponen reglas que relacionan la calificación de la condición con acciones de intervención, que las *Organizaciones* podrán utilizar a manera de referencia y como apoyo para el proceso de priorizar en la atención de puentes, considerando adicionalmente factores como lo son la obsolescencia funcional de un puente o mandatos de atención emitidos por el Poder Judicial (recursos de amparo), entre otros. Si la *Organización* decide realizar sus propias reglas generales para asignar acciones de intervención, modificando la propuesta de esta sección, debe dejar un registro trazable de los cambios en el SGP.

La relación entre la calificación de la condición de los elementos y las posibles acciones de intervención (mantenimiento, rehabilitación mayor o reconstrucción), se realiza de acuerdo con lo que establece la publicación *Bridge Preservation Guide - Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility* de FHWA (2018), utilizando la escala de 6 calificaciones de la condición, descritas en la Tabla 8.1, que están relacionadas con las calificaciones de condición que ha definido FHWA (2018).

En la Tabla 8.2 se observan las acciones de intervención relacionadas con la calificación de la condición para los elementos del puente, que se recomienda sean utilizadas por la *Organización*. Estas acciones de intervención generales definen lo que en adelante se llamará el “programa de intervención”. El mantenimiento cíclico, el mantenimiento basado en la condición y la rehabilitación menor corresponden al programa de mantenimiento de puentes, que son parte de la actividad de conservación de puentes junto con la rehabilitación mayor (rehabilitación que sí implica mejoras en la capacidad de carga o la capacidad operativa del puente), mientras que la reconstrucción (sustitución) de puentes corresponde al programa de construcción de obras nuevas en puentes (ver Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I). Los conceptos de mantenimiento cíclico, mantenimiento basado en la condición y rehabilitación de la Tabla 8.2 se pueden consultar en la Sección 9.3 y en el Glosario del MP-2024 Tomo I.

Tabla 8.2. Acciones de intervención recomendadas de acuerdo con la calificación de la condición de los elementos, los componentes o del puente.

Calificación de la condición del elemento, del componente o del puente	Acciones de intervención recomendadas
1 – Satisfactoria	Mantenimiento cíclico
2 – Aceptable	Mantenimiento cíclico / basado en la condición
3 – Regular	Mantenimiento basado en la condición
4 – Deficiente	Rehabilitación menor o mayor
5 – Alarmante	Rehabilitación mayor / Reconstrucción (sustitución)
6 – Falla inminente	Rehabilitación mayor/ Reconstrucción (sustitución)

Las acciones de intervención de la Tabla 8.2 están ordenadas cualitativamente de menor a mayor necesidad de recursos económicos para su ejecución, de la siguiente manera: 1. Mantenimiento cíclico (Programa de Conservación), 2. Mantenimiento basado en la condición (Programa de Conservación), 3. Rehabilitación menor (Programa de Conservación), 4. Rehabilitación mayor (Programa de Conservación) y 5. Reconstrucción (sustitución) (Programa de Obras nuevas).

Se aclara que la acción de rehabilitación menor que se incluye en la Tabla 8.2 para la condición 4 – Deficiente, no implica mejoras en la capacidad operativa o la capacidad de carga del puente. El término rehabilitación menor (ver Apartado 9.3.4 y el Glosario del MP-2024 Tomo I) se refiere a la necesidad de aplicar varias acciones distintas en un puente o sus componentes, debido a que requieren reparaciones, readecuaciones, reforzamientos o reemplazos de elementos, con el fin de restituir su condición original. Si la rehabilitación requerida implica un aumento en la capacidad operativa (altura libre vertical superior o inferior o ancho) o en la capacidad de carga del puente o sobrepasa el 30 % del costo de construcción de un puente nuevo, se denomina rehabilitación mayor (AASHTO, 2021).

Para los casos en los que la calificación de la condición corresponda a 1-Satisfactoria o 3-Regular, se deberá aplicar lo señalado en la Tabla 8.2. En los casos que un elemento, un componente o un puente con una calificación de condición 2 – Aceptable, 4 – Deficiente, 5 – Alarmante y 6 – Falla inminente, debido al nivel de deficiencias que llevan a estas calificaciones, se debe realizar un análisis (cualitativo o cuantitativo) de cuál de las dos

acciones de intervención mostradas en la Tabla 8.2., se debe aplicar. Este análisis debe considerar la extensión de las deficiencias y la forma en que la acción elegida mejora la condición del elemento, el componente o el puente, para determinar, entre otros aspectos: la factibilidad de realizar la acción, la efectividad de la acción a largo plazo y la costo-efectividad de la acción seleccionada.

Alternativamente, la *Organización* puede decidir entre las acciones de intervención, para puentes con calificaciones globales de 2 – Aceptable, 4 - Deficiente, 5 – Alarmante y 6 – Falla inminente, utilizando alguna de las siguientes reglas:

1. Si la calificación global del puente se obtuvo porque más del 25 % de la cantidad total de elementos (de cualquier tipo) obtuvieron esa calificación, se elige la actividad de intervención que implique una mayor necesidad de recursos.
2. Si entre los elementos que llevaron a la calificación de condición global del puente, se encuentran 2 o más elementos estructurales primarios, se elige la actividad de intervención que implique una mayor necesidad de recursos.
3. Si todos los elementos que llevaron a la calificación global del puente son elementos funcionales primarios o secundarios, se elige la actividad de intervención que implique una menor necesidad de recursos.

Estas reglas, también, pueden ser modificadas de acuerdo con los criterios propios de la *Organización*, para lo cual, debe existir trazabilidad del cambio realizado en la base de datos del SGP.

8.3 Priorización de los puentes que requieren acciones de intervención

La priorización de las acciones de intervención en puentes se basa en una ponderación de variables relacionadas con la condición de los elementos y otras variables obtenidas de los datos de inventario, que permiten determinar la importancia y la obsolescencia del puente (MOPT y JICA, 2007). Estas ponderaciones se obtienen utilizando el proceso analítico por jerarquías (Saaty, 1987). En el Apéndice G del MP-2024 Tomo I, se describe con detalle el procedimiento de priorización de las acciones de intervención de puentes.

El Apéndice G del MP-2024 Tomo I mantiene elementos esenciales de la metodología de priorización de reparación, propuesta por el MOPT y JICA (2007), los cuales son: el enfoque de ponderación de variables, el uso de datos de inventario para la priorización y el uso de los resultados de la calificación de condición que resultan de una *Inspección rutinaria*.

De forma previa a la priorización, los puentes deben ser clasificados de acuerdo con las

acciones de intervención recomendados, las cuales, son mantenimiento, rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) (ver Apartado 8.2.1 y Tabla 8.2 del MP-2024 Tomo I). La priorización de puentes se debe realizar por aparte para para las actividades de mantenimiento (que incluye la rehabilitación menor) (ver Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I) y otra para reconstrucción (sustitución) las actividades de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) de puentes.

En el Apéndice G del MP-2024 Tomo I se ponderan tres variables para la priorización de los puentes clasificados según las actividades de intervención recomendadas (mantenimiento o rehabilitación mayor/reconstrucción): 1. Calificación de la condición de los componentes del puente, 2. Importancia del puente y 3. Obsolescencia del puente. También, en el Apéndice G del MP-2024 Tomo I se especifican las ponderaciones y los demás criterios de priorización de puentes que se deben considerar en cada variable de ponderación. Como resultado se obtienen listas de puentes con puntajes de priorización que ayudan en la toma de decisiones de intervención de las estructuras.

8.3.1 Objetivos de la priorización de puentes

La *Organización* debe definir los objetivos de la priorización de intervenciones, definiendo si requiere dar más relevancia a una variable en relación con las otras. En el Apéndice G del MP-2024 Tomo I, se plantean dos casos de priorización que la *Organización* puede seguir y que representan dos objetivos distintos de intervención de puentes:

1. Priorizar la seguridad de los usuarios y la continuidad del servicio dando relevancia a la variable de calificación de la condición de los componentes y a la importancia del puente, sobre la obsolescencia.

2. Priorizar la continuidad y fluidez del servicio dando relevancia a la variable de obsolescencia y a la importancia del puente, pero considerando un peso relativo menor, aunque significativo, en la variable de calificación de la condición de los componentes.

El objetivo de priorizar la obsolescencia, se utiliza principalmente si los puentes que gestiona la *Organización* representan obstrucciones al servicio de la carretera provocando accidentes de tránsito, embotellamientos y cierres frecuentes. La solución de estas situaciones corresponde a actividades de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución).

Si la *Organización* requiere otros objetivos debe modificar, de forma trazable, los pesos de las variables de priorización. Además, si la *Organización* lo considera, se pueden agregar otras variables y definir las ponderaciones respectivas, en función de su capacidad administrativa, técnica y económica.

8.3.2 Utilidad de las listas de priorización

La principal utilidad de las listas de priorización de puentes, obtenidas con la metodología del Apéndice G del MP-2024 Tomo I, es definir aquellas estructuras donde una intervención tendrá un impacto mayor en la movilidad y en la mejora de la condición de los puentes que gestiona una *Organización*.

Estas listas deben ser combinadas con costos de intervención estimados para generar escenarios que se pueden ajustar a un presupuesto planificado a corto o largo plazo. La estimación de costos de las acciones de intervención se debe realizar como se indica en la Sección 8.4 del MP-2024 Tomo I. Estas listas de priorización con costos estimados pueden ser un insumo para, entre otros aspectos, realizar lo siguiente:

- Negociar o intercambiar presupuestos entre programas de intervención o entre activos.
- Agrupar puentes para realizar proyectos de intervención por zonas geográficas o por rutas, donde se requieran intervenciones similares.
- Preparar estrategias de intervención de puentes.

8.4 Estimación de costos de las acciones de intervención con base en la condición de los componentes del puente

Uno de los aspectos necesarios para la toma de decisiones en la intervención de puentes es la estimación de costos (ver Apartado 8.3.2 del MP-2024 Tomo I). Esta estimación, es un parámetro que permite comparar los resultados que se obtienen de la priorización con los presupuestos operativos de la *Organización* para intervención de puentes. De esta forma, se pueden definir estrategias de intervención agrupando los puentes que se van a atender, establecer los programas financieros de corto y largo plazo, y los presupuestos con los que se negociará o intercambiará entre programas o entre activos.

Los procedimientos de estimación de costos que se presentan en esta sección, son para obtener de forma preliminar un costo inicial que permita la toma de decisiones a un nivel general. Esta estimación no corresponde con un análisis de costos en el ciclo de vida o un análisis costo-beneficio de los puentes. Además, no corresponde a un presupuesto con el que se pueda trabajar a nivel de puente o proyecto.

Si la *Organización* considera necesario puede definir procedimientos para realizar los análisis de costos en el ciclo de vida para mejorar la información de la toma decisiones. Se recomienda que estos procedimientos estén basados en el Reporte NCHRP 483 denominado “*Bridge Life Cycle Cost Analysis*” (National Cooperative Highway Research Program [NCHRP],

2003). Además, si la *Organización* decide realizar análisis de costo-beneficio, se puede consultar el Capítulo 13 del Estudio de JICA 2007, en el cual, se muestran ejemplos de aplicación de este tipo de análisis. Se recomienda fuertemente la implementación de ambos análisis (costos en el ciclo de vida y costo-beneficio) en el proceso de asignación de recursos e intervenciones.

En esta sección se presentan dos metodologías que una *Organización* puede utilizar para realizar la estimación de costos de intervención; sin embargo, se recomienda el uso de la primera metodología debido a que provee un mejor nivel de precisión:

1. Método de costos unitarios de intervención: basado en el procedimiento de estimación de costos desarrollado en el Estudio de JICA 2007 y modificado para que incluya las unidades de planificación y actividades establecidas en el Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I para mantenimiento de puentes.
2. Método alternativo de porcentajes con base en el costo de reposición de puentes: basado en las calificaciones de condición de componentes principales y en porcentajes del costo de reposición de puentes para obtener los distintos costos de intervención.

8.4.1 Método de costos unitarios de intervención

El procedimiento para obtener el costo de actividades de intervención se muestra a continuación (el cual está modificado de JICA, 2007):

1. Seleccionar previamente posibles medidas o actividades de intervención para las distintas deficiencias que puede tener un puente.
    - En el caso de puentes que requieren mantenimiento, las actividades se deben definir de acuerdo con el Inciso 9.4.3.2 y se deben definir reglas de intervención de acuerdo con el Inciso 9.4.3.3, ambas del Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I.
    - Las actividades de rehabilitación mayor y reconstrucción (sustitución) deben ser definidas por la *Organización*. En el caso de la reconstrucción (sustitución) de puentes, se deben considerar todas las actividades de demolición y construcción de nuevos puentes, de acuerdo con el *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes_CR-2020* (MOPT, 2020), denominado de aquí en adelante como CR-2020.
2. Cada una de las actividades de intervención debe tener costos unitarios asignados, los cuales, deben ser calculados de manera previa por el personal responsable de las actividades de conservación y construcción de puentes de la *Organización*, siguiendo lo indicado en el Inciso 8.4.1.1 del MP-2024 Tomo I.

- Las unidades para el costo unitario de actividades de mantenimiento deben ser de planificación, como se define en la Sección 9.5 del del MP-2024 Tomo I.
- En el caso de actividades de rehabilitación mayor o de reconstrucción (sustitución) de puentes, se deben definir las actividades, las unidades de planificación y los costos asociados, por parte de los responsables de gestionar estos proyectos en la *Organización*, basado principalmente en las especificaciones del CR-2020.

3. Estimar la magnitud de la intervención en un elemento que posee deficiencias, utilizando los datos de inventario del puente. En esta estimación interviene el porcentaje de extensión de la deficiencia en un elemento por nivel de severidad, la unidad de medida de la deficiencia y otras dimensiones del elemento necesarias para estimar la magnitud de intervención en unidades de planificación.
4. Seguidamente, el costo de cada intervención por realizar en el puente se obtiene al multiplicar el costo unitario por la magnitud de la intervención.
5. Finalmente, si un puente requiere varias intervenciones en sus elementos, se debe estimar el costo total de la intervención como la suma de cada uno de los costos obtenidos en el paso 4 para cada actividad de intervención.

8.4.1.1 Determinación de los costos unitarios de intervención

El método de costos unitarios de intervención requiere disponer de una base de datos histórica de costos de actividades de intervención. Esta base de datos se debe ir construyendo con el paso del tiempo en la *Organización*, con el fin de obtener costos estadísticamente representativos de las distintas actividades de intervención.

Basado en el Capítulo 12 del Estudio de JICA 2007, los costos unitarios de intervención se deben establecer con base en datos de proyectos anteriores, donde se ha realizado la actividad de intervención de interés. Por lo cual, los costos de las actividades se deben calcular considerando los rubros que se muestran en los siguientes incisos, los cuales han sido modificados de lo que establece el Estudio de JICA 2007, con base en el Decreto n.º 33114-MEIC correspondiente al *Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública de Construcción y Mantenimiento* (2006) (denominado de aquí en adelante como Decreto n.º 33114-MEIC).

El costo unitario final se obtiene como la suma de cada uno de los costos individuales como se muestra en la Ecuación 8-1:

$$C_A = CD_{MO\,A} + CD_{I_A} + CD_{E_A} + CI_{MO\,A} + CI_{I_A} + I_A + U_A \quad (8\text{-}1)$$

Donde:

C_A: Costo de una unidad de planificación de la actividad de intervención “A”

CD_{MO_A} : Costo directo de mano de obra para realizar una unidad de planificación de la actividad de intervención “A”.

CD_{I_A}: Costo directo de insumos requeridos para realizar una unidad de planificación de la actividad de intervención “A”.

CD_{E_A}: Costo directo de insumos y servicios específicos requeridos para realizar una unidad de planificación de la actividad de intervención “A”.

CI_{MO_A} : Costo indirecto de mano de obra para realizar una unidad de planificación de la actividad de intervención “A”.

CI_{I_A}: Costo indirecto de insumos para realizar una unidad de planificación de la actividad de intervención “A”.

I_A: Costo de imprevistos considerados al realizar una unidad de planificación de la actividad de intervención “A”.

U_A: Utilidad del contratista al realizar una unidad de planificación de la actividad de intervención “A”.

a. Costos directos

Es el total de costos en los cuales se incurre exclusivamente para realizar la actividad de intervención. Estos costos se dividen en costos de mano de obra directa y costos de insumos directos. Además, se consideran costos de los grupos de insumos y servicios específicos (Decreto n.º 33114-MEIC). En general, se deben calcular estos costos para realizar lo siguiente:

- Preparación y remoción de obras temporales que se requieran para realizar la actividad de intervención.
- Control de tránsito durante la ejecución de la actividad de intervención.
- Costo de ejecución de la actividad.

A continuación, se presentan aspectos para cada uno de los costos directos por considerar en las actividades:

i. Costo de mano de obra directa: Se deben obtener los costos de mano de obra para ejecutar directamente cada unidad de la actividad de intervención considerada. Para eso se deben estimar los tiempos de ejecución para desarrollar una unidad de la actividad de intervención. También, se debe obtener un costo unitario por hora de trabajo, incluyendo, pero no limitándose a: salarios base de los trabajadores calificados y no calificados por hora, cargas sociales, regímenes de pensiones complementarias, viáticos, reembolsos de costos de transporte e impuestos aplicables (Decreto n.º 33114-MEIC).

ii. Costos de insumos directos: Se deben considerar los costos unitarios que comprenden

materiales de construcción, equipos y herramientas a consumir, necesarios para la ejecución de la actividad (Decreto n.º 33114-MEIC).

En los materiales de construcción se deben estimar los costos y las cantidades necesarias para ejecutar cada unidad de planificación de la intervención requerida, incluyendo los impuestos aplicables. Se deben considerar por aparte los insumos y servicios específicos.

Así mismo, se deben obtener los costos de los equipos y herramientas que son necesarios para realizar cada unidad de la actividad de intervención. También, se deben considerar por aparte los insumos y servicios específicos.

En los costos de insumos directos se debe considerar los costos de transporte de los materiales, las herramientas y los equipos, que en caso de que no se disponga de información específica, se puede calcular como un 5 % del total de los costos anteriores para cada actividad de intervención (JICA, 2007).

iii. Costos de insumos y servicios específicos: Es el costo de cualquier insumo o servicio que es parte del costo directo de la actividad de intervención, pero, que por sus características especiales tiene gran relevancia en el costo, y puede afectar el reajuste de precios en el futuro (Decreto n.º 33114-MEIC).

De acuerdo con el Decreto n.º 33114-MEIC, los costos de los insumos y servicios específicos son:

- Costo horario de maquinaria y equipo.
- Costos de repuestos y llantas.
- Costos de combustibles y lubricantes.
- Costos de cemento Pórtland o similar.
- Costos de adquisición de agregados.
- Costo de arrendamiento de encofrados.
- Costos de tuberías y otros elementos de plástico.
- Costos de tuberías y otros elementos de hierro fundido y acero.
- Costos de acero de refuerzo y estructural.
- Costos de tuberías y otros elementos de concreto.
- Costo de materiales asfálticos.

En el caso específico de maquinaria y equipo se deben estimar las horas que se requieren

para ejecutar las actividades donde estos equipos son necesarios. Por otra parte, es necesario obtener los costos por hora de los equipos, los cuales deben considerar los costos fijos y los costos de operación. En los costos fijos se debe tomar en cuenta: el valor residual del equipo al terminar su vida útil, el costo de contratación, los intereses, los seguros y los impuestos que sean aplicables. Por otra parte, en los costos de operación se debe tomar en cuenta: los repuestos, el combustible, los lubricantes, las llantas y los recursos humanos necesarios para el buen funcionamiento del equipo (mecánico y operador).

En los demás insumos y servicios específicos se deben considerar los impuestos aplicables y los costos de transporte, que se pueden estimar en un 5 % del costo directo (JICA, 2007).

b. Costos indirectos

Corresponden con el total de los costos de carácter general, necesarios para la ejecución del contrato y que no están incluidos en los costos directos, en los cuales, el contratista incurre tanto en sus oficinas como en el sitio de la obra al realizar la actividad. Los costos indirectos deben considerar la mano de obra indirecta y los insumos indirectos (Decreto n.º 33114-MEIC).

Normalmente, estos costos indirectos son porcentajes de los costos directos. La *Organización* debe establecer los porcentajes representativos de los costos indirectos con base en las contrataciones realizadas en el pasado para la actividad de intervención en análisis. No obstante, en caso de no poseer estos datos, se permite utilizar el porcentaje establecido en el Estudio de JICA 2007, correspondiente con los costos administrativos y que se estima como un 10 % del total de costos directos.

Los siguientes son los costos indirectos que se deben considerar para el cálculo del costo unitario de actividades de intervención:

i. Costos de mano de obra indirecta: Representa el pago de la totalidad de compensaciones económicas que el contratista debe efectuar a la mano de obra que se requiere fuera de la actividad de intervención por desarrollar, incluyendo, pero no limitándose a: salarios, cargas sociales, regímenes de pensiones complementarias y viáticos (Decreto n.º 33114-MEIC).

ii. Costos de insumos indirectos: Son los costos de los servicios y suministros indirectos, exceptuando los costos de mano de obra indirecta, los insumos y servicios específicos (Decreto n.º 33114-MEIC).

c. Costos de imprevistos:

Es una consideración del costo de actividades no previstas en los costos directos o indirectos de la actividad por ejecutar, debido a contingencias por eventos naturales, humanos o de otra índole. Se pueden estimar como un 5 % del total de la suma de costos directos más

los costos indirectos (JICA, 2007).

d. Utilidad del contratista:

Representa la ganancia del contratista. Se puede estimar como un 10 % del total de la suma de costos directos, costos indirectos e imprevistos (JICA, 2007).

8.4.1.2 Determinación de magnitudes del elemento que serán intervenidas

Las magnitudes del elemento que serán intervenidas deben obtenerse utilizando los datos del inventario del puente (MOPT y JICA, 2007). Esta magnitud debe estar en las mismas unidades en que se obtuvieron los costos unitarios de cada actividad de intervención. En este inciso estas unidades se denominan como “unidades de planificación”.

De acuerdo con lo anterior, se debe obtener una magnitud en unidades de planificación de las actividades de intervención que aplican para la severidad de la deficiencia y la calificación de la condición obtenida por el elemento. Las unidades de planificación de actividades de mantenimiento, se deben consultar en la Sección 9.5 del MP-2024 Tomo I. La *Organización* debe determinar las unidades de planificación de las actividades de rehabilitación mayor y reconstrucción (sustitución) de puentes, que sean aplicables.

Una forma de obtener la magnitud de la intervención, es utilizar los porcentajes de extensión asociados a las distintas severidades de las deficiencias en los elementos. Estos porcentajes, están relacionados con unidades de elemento que en ocasiones coinciden con la unidad en que se planifican las intervenciones. En estos casos, la cantidad total de elemento multiplicada por el porcentaje de extensión brindará la magnitud de reparación en unidades de planificación. Un ejemplo de esto es la atención de desprendimientos en losas de concreto, donde la deficiencia se mide en m^2 y la actividad de mantenimiento también se mide en m^2 (ver la actividad de conservación 607 denominada *Reparación superficial de elementos de concreto* en el Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I).

Existen otros casos en donde las unidades de las actividades de intervención son distintas a las unidades de la medición de la extensión de las deficiencias en el elemento. Para tomar en cuenta lo anterior, los responsables de la planificación de intervenciones de puentes en la *Organización* deben buscar la forma de convertir la extensión de la deficiencia en el elemento en unidades que concuerden con las unidades de planificación de intervenciones. Un ejemplo de lo anterior es la reparación de delaminaciones en vigas de concreto, donde la extensión de la deficiencia se mide en m (lineales), pero la actividad de mantenimiento se mide en m^2 (ver la actividad de mantenimiento 607 denominada *Reparación superficial de elementos de concreto* en el Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I). En este caso, la magnitud de intervención se debe obtener multiplicando la extensión del elemento (metros lineales), en el nivel de severidad de la deficiencia que puede ser atendida con la actividad de conservación específica, por el peralte

de la viga de concreto en m, lo cual, resulta en la magnitud de reparación en m^2, que coincide con la unidad de planificación de la actividad de mantenimiento.

Es responsabilidad de la *Organización* relacionar cada una de las unidades de planificación, de las actividades de intervención que puede desarrollar, con las unidades de extensión de las deficiencias en los elementos. Esta relación debe ser validada por personal con experiencia en el tema.

8.4.2 Método alternativo de porcentajes con base en el costo de construcción del puente

Si la *Organización* no posee datos de costos unitarios de las acciones de intervención específicas para atender las deficiencias en puentes, se puede utilizar un método de estimación alternativo con casos de intervención, que permite relacionar las calificaciones de la condición de los componentes del puente con actividades de mantenimiento rehabilitación y reconstrucción (sustitución). Los costos se deben calcular con base el siguiente procedimiento:

1. Obtener costos unitarios de construcción y de diseño (en colones por m^2 del área del tablero del puente) y los costos de estudios básicos e *Inspecciones detalladas* (ver Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I) (de forma global en colones). Los estudios básicos corresponden con investigación geotécnica, análisis hidrológicos, análisis hidráulicos e inspecciones rutinarias o detalladas.

   Estos costos, se deben obtener con base en los precios finales de construcción, diseño, estudios básicos e *Inspecciones detalladas*, respectivamente, de puentes que haya ejecutado la *Organización* o, en su defecto, se deben utilizar los precios adjudicados. Los costos unitarios se deben calcular, de preferencia, para cada tipo de superestructura (definidas en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I).

   Se recomienda utilizar el promedio más una desviación estándar de todos los costos unitarios considerados, ya que es probable que el 84 % de los datos de costos utilizados sean menores que este valor (Luko, 2011). Además, el costo final reportado se recomienda que sea ajustado a valor presente, según la metodología que la organización determine.

2. Considerar distintos casos de intervención según la calificación de la condición de los componentes, utilizando las reglas definidas en el Apartado 8.2.1 del MP-2024 Tomo I.

   Estos casos, consideran acciones de intervención de diferente necesidad de recursos económicos, para los elementos principales del puente, ya que se parte de la premisa que la atención del puente se realiza de una manera integral, atendiendo todos sus componentes principales y no solamente interviniendo los elementos que tienen deterioros

que llevaron a la condición máxima.

En el Inciso 8.4.2.1 del MP-2024 Tomo I se definen los casos de intervención para considerar en la estimación de costos.

3. Estimar el porcentaje de costo de construcción que corresponde a cada componente del puente. Estos costos deben estar definidos por la *Organización* con base en los datos de precios de construcción utilizados en el paso 1. En caso de que la *Organización* no disponga de estos datos, se pueden utilizar los porcentajes del costo de reposición que se presentan en el Inciso 8.4.2.2 del MP-2024 Tomo I.

En las Ecuaciones 8-2, 8-3 y 8-4 se indica como calcular el costo de reposición, que corresponde a cada componente:

$$C_{TAB} = p_{TAB}\, c_{cons}\, A_T \quad (8\text{-}2)$$

$$C_{SUP} = p_{SUP}\, c_{cons}\, A_T \quad (8\text{-}3)$$

$$C_{SUB} = p_{SUB}\, c_{cons}\, A_T \quad (8\text{-}4)$$

Donde:

C_{TAB}: Costo de reposición del tablero del puente.

C_{SUP}: Costo de reposición de la superestructura del puente.

C_{SUB}: Costo de reposición de la subestructura del puente.

p_{TAB}: Porcentaje que representa el tablero en el costo de reposición total del puente.

p_{SUP}: Porcentaje que representa la superestructura (sin considerar el tablero) en el costo de reposición total del puente.

p_{SUB}: Porcentaje que representa la subestructura en el costo de reposición total del puente.

c_{cons}: Costo unitario de construcción del puente (colones/m^2 de puente), obtenido de la base de datos de costos finales de proyectos ejecutados por la *Organización*.

A_T: Área total (m^2) del tablero del puente (o de la superestructura considerada en el cálculo) $= L_T W_T$

L_T : Largo total (m) entre juntas de expansión del puente (o de la superestructura considerada en el cálculo).

W_T: Ancho total (m) del puente (o de la superestructura considerada en el cálculo).

4. Estimar los costos de actividades de intervención como porcentaje del costo de

reconstrucción (sustitución) de cada componente. La *Organización* debe definir estos porcentajes con base en datos de costo de trabajos realizados de mantenimiento, rehabilitación mayor y reconstrucción (sustitución) de puentes, para compararlos con los costos de construcción obtenidos en el paso 1. En caso de que la *Organización* no disponga de estos datos, se pueden utilizar los porcentajes del costo de reposición que se presentan en el Inciso 8.4.2.3 del MP-2024 Tomo I.

Se deben incluir costos de demolición de componentes, ya que los costos de reposición se basan en costos de construcción de puentes nuevos. La reconstrucción (sustitución) de componentes de un puente en servicio implica la demolición y por eso se debe sumar simultáneamente. Además, una reconstrucción (sustitución) de ciertos elementos puede implicar que se tengan que demoler otros elementos, aunque su condición sea satisfactoria. Además, las intervenciones por socavación pueden representar un porcentaje importante de costo en las actividades de intervención de un puente, dependiendo del nivel de severidad que posea, por tratarse de trabajos en las fundaciones. Por esta razón, se recomienda, también, considerar estos costos por aparte, los cuales, generalmente se obtienen como un porcentaje del costo total de reposición del puente.

En las Ecuaciones 8-5, 8-6, 8-7 y 8-8 se muestra la forma de calcular el costo de las actividades de intervención:

$$C_{SUS} = (1 + p_{DEM})\, C_{CMP} \quad (8\text{-}5)$$

$$C_{RHM} = p_{RHM}\ C_{SUS} \quad (8\text{-}6)$$

$$C_{MAN} = p_{MAN}\ C_{SUS} \quad (8\text{-}7)$$

$$C_{SOC} = p_{SOC}(\ C_{TAB} + C_{SUP} + C_{SUB}) \quad (8\text{-}8)$$

Donde:

C_{SUS}: Costo de reconstrucción (sustitución) de un componente del puente.

C_{CMP}: Costo de reposición de un componente (ver punto 3) que puede ser: tablero (C_{TAB}), superestructura (C_{SUP}) o subestructura (C_{SUB}).

C_{RHM}: Costo de rehabilitación mayor de un componente del puente.

C_{MAN}: Costo de mantenimiento de un componente del puente (incluye rehabilitación menor).

C_{SOC}: Costo de intervención por socavación del puente.

p_{DEM}: Porcentaje que representa la demolición con respecto al costo de reposición de un componente.

p_{RHM} : Porcentaje que representa la rehabilitación mayor con respecto al costo de reconstrucción (sustitución) de un componente.

p_{MAN}: Porcentaje que representa el mantenimiento con respecto al costo de reconstrucción (sustitución) de un componente (incluye rehabilitación menor).

p_{SOC}: Porcentaje que representa una intervención por socavación con respecto al costo de reposición total de un puente.

5. De acuerdo con la calificación de la condición de los componentes principales, obtenida

con los resultados de una *Inspección rutinaria*, se define el caso de intervención correspondiente, que fue previamente definido en el punto 0.

6. Sumar los costos de actividades de intervención aplicables. Adicionalmente, en todos los casos se deben sumar el costo de diseño y el costo de estudios básicos.
   Por ejemplo, si un puente clasifica en el caso n.º 6, la suma de costos aplicables se muestra en la Ecuación 8-9:

$$C_{INT-6} = C_{SUS-TAB} + C_{RHM-SUP} + C_{MAN-SUB} + C_{DIS} + C_{EBI} \quad (8\text{-}9)$$

   Donde:
   C_{INT-6}: Costo de la intervención considerada en el caso n.º 6.
   $C_{SUS-TAB}$: Costo de reconstrucción (sustitución) del tablero del puente (incluye costo de demolición).
   $C_{RHM-SUP}$: Costo de rehabilitación mayor de la superestructura del puente.
   $C_{MAN-SUB}$: Costo de mantenimiento de la subestructura del puente.
   C_{DIS}: Costo de diseño de la intervención $= c_{DIS}\, A_T$
   C_{EBI} : Costo de estudios básicos e inspecciones requeridas para la intervención, obtenido de la base de datos de costos finales de proyectos ejecutados de la *Organización*.
   c_{DIS} : Costo unitario de diseño (colones/m^2 de puente), obtenido de la base de datos de costos finales de proyectos ejecutados por la *Organización*.

7. Si la asignación de costos de reposición y de diseño se realizó por superestructura, se deben sumar los costos de cada superestructura para obtener el costo de atención total de un puente.

8.4.2.1 Casos para la estimación de costos de intervención de puentes

En el paso 0 (del Apartado 8.4.2 del MP-2024 Tomo I) de la metodología se establece que es necesario establecer casos para determinar los tipos de actividades de intervención por considerar en la estimación de costos. En la Tabla 8.3 se establecen las calificaciones de condición de los elementos del puente que definen los casos que involucran la atención del tablero, la superestructura y la subestructura. Sin embargo, la *Organización* puede realizar más casos de atención utilizando otros componentes del puente como los accesos y los accesorios.

En la Tabla 8.4, se observa que se pueden combinar actividades en un puente, aunque la condición global implique una sola actividad de intervención, precisamente porque la condición global se asigna por el componente con la calificación mayor. Relacionado con lo anterior, es posible realizar actividades con menor necesidad de recursos en otros componentes.

Tabla 8.3. Definición de casos para estimar los costos de intervención de puentes utilizando las calificaciones de la condición.

Caso n.º	Calificación de la condición por componente		
	Superestructura (Tablero) [400]	**Superestructura [401], [402], [403], [404], [405], [406], [407], [408], [409], [410], [411], [412]**	**Subestructura [500] (sin socavación)**
1	Cualquier valor	Cualquier valor	6 – Falla inminente
2	Cualquier valor	6 – Falla inminente	5 – Alarmante
3	Cualquier valor	6 – Falla inminente	≤ 4 – Deficiente
4	6 – Falla inminente	5 – Alarmante	5 – Alarmante
5	6 – Falla inminente	≤ 4 – Deficiente	5 – Alarmante
6	6 – Falla inminente	5 – Alarmante	≤ 4 – Deficiente
7	6 – Falla inminente	≤ 4 – Deficiente	≤ 4 – Deficiente
8	5 – Alarmante	5 – Alarmante	5 – Alarmante
9	≤ 4 – Deficiente	5 – Alarmante	5 – Alarmante
10	5 – Alarmante	≤ 4 – Deficiente	5 – Alarmante
11	≤ 4 – Deficiente	≤ 4 – Deficiente	5 – Alarmante
12	5 – Alarmante	5 – Alarmante	≤ 4 – Deficiente
13	≤ 4 – Deficiente	5 – Alarmante	≤ 4 – Deficiente
14	5 – Alarmante	≤ 4 – Deficiente	≤ 4 – Deficiente
15	≤ 4 – Deficiente	≤ 4 – Deficiente	≤ 4 – Deficiente

Tabla 8.4. Actividades de intervención por componente correspondientes a cada caso.

Caso n.º	Actividades de intervención por componente		
	Superestructura (Tablero) [400]	**Superestructura [401], [402], [403], [404], [405], [406], [407], [408], [409], [410], [411], [412]**	**Subestructura [500]**
1	Demolición + Reconstrucción (sustitución)	Demolición + Reconstrucción (sustitución)	Demolición + Reconstrucción (sustitución)
2	Demolición + Reconstrucción (sustitución)	Demolición + Reconstrucción (sustitución)	Rehabilitación mayor + Atención de socavación (si aplica)
3	Demolición + Reconstrucción (sustitución)	Demolición + Reconstrucción (sustitución)	Mantenimiento + Atención de socavación (si aplica)
4	Demolición + Reconstrucción (sustitución)	Rehabilitación mayor	Rehabilitación mayor + Atención de socavación (si aplica)
5	Demolición + Reconstrucción (sustitución)	Mantenimiento	Rehabilitación mayor + Atención de socavación (si aplica)
6	Demolición + Reconstrucción (sustitución)	Rehabilitación mayor	Mantenimiento + Atención de socavación (si aplica)
7	Demolición + Reconstrucción (sustitución)	Mantenimiento	Conservación + Atención de socavación (si aplica)
8	Rehabilitación mayor	Rehabilitación mayor	Rehabilitación mayor + Atención de socavación (si aplica)
9	Mantenimiento	Rehabilitación mayor	Rehabilitación mayor + Atención de socavación (si aplica)
10	Rehabilitación mayor	Mantenimiento	Rehabilitación mayor + Atención de socavación (si aplica)
11	Mantenimiento	Mantenimiento	Rehabilitación mayor + Atención de socavación (si aplica)
12	Rehabilitación mayor	Rehabilitación mayor	Rehabilitación mayor + Atención de socavación (si aplica)
13	Mantenimiento	Rehabilitación mayor	Mantenimiento + Atención de socavación (si aplica)
14	Rehabilitación mayor	Mantenimiento	Mantenimiento + Atención de socavación (si aplica)
15	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento + Atención de socavación (si aplica)

De la Tabla 8.4 se puede observar, por ejemplo, que si un puente obtiene calificación de 6 – Falla inminente debido a las deficiencias encontradas en el tablero, pero los demás elementos de la superestructura califican para una condición 3 – Regular y los de la subestructura en una condición 2 – Regular, entonces, las medidas de intervención requeridas serán: reconstrucción (sustitución) de tablero, y mantenimiento de superestructura y subestructura (ver caso n.º 7).

El ejemplo anterior se puede realizar porque, como se observa en la Tabla 8.4, se asume de manera conservadora que es razonable realizar actividades de intervención en los componentes con mejor condición, para aprovechar la fuerza laboral. Esto se ejemplifica en todos los casos donde se combinan actividades de mantenimiento con actividades de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución).

Como se puede observar de la Tabla 8.4, en 14 de los 15 casos, las actividades de intervención corresponden a un programa de rehabilitación mayor. Solamente, el caso n.º 15 corresponde al programa de mantenimiento. Por esto, la *Organización* puede considerar otros casos adicionales para tomar en cuenta las actividades de mantenimiento cíclico y mantenimiento basado en la condición. Se deben obtener los porcentajes del costo de reposición respectivos para cada actividad, si se dispone de esta información. Sin embargo, se recomienda utilizar la metodología descrita en el Apartado 8.4.1 del MP-2024 Tomo I para estimar los costos de las actividades de mantenimiento.

Por otra parte, si la *Organización* lo justifica, puede reducir el número de casos de atención. Sin embargo, se debe tener en cuenta de que el nivel de precisión va a disminuir y la estimación de costos será aún más aproximada.

8.4.2.2 Porcentajes del costo de construcción que corresponden a cada componente del puente

Con base en el costo de construcción de puentes nuevos, la *Organización* debe determinar cuánto es el porcentaje que corresponde a cada uno de los componentes considerados en la estimación del costo de reposición para cada tipo de puente. En caso de no poseer estos datos se permite utilizar los porcentajes de la Tabla 8.5 para los componentes: tablero, superestructura y subestructura, que se consideran en este inciso para la estimación de costos de intervención. Estos porcentajes se obtuvieron de un estudio de estimación de costos de construcción para proyectos de puentes de vigas de concreto preesforzado, en el que se realizó un análisis de costos a 72 proyectos de puentes del departamento de transportes de California (Kim, Kim, y Kang, 2009). Además, se utilizó información de costos de construcción de puentes del departamento de transportes de Michigan para la misma tipología de puentes (Michigan Department of Transportation [MDOT], 2020).

Tabla 8.5. Porcentajes recomendados del costo de reposición que corresponde a cada componente del puente.

Componente del puente	Porcentajes del costo de reposición del puente
Superestructura (Tablero)	15 %
Superestructura	35 %
Subestructura	50 %

8.4.2.3 Porcentajes del costo de reconstrucción (sustitución) para las actividades de intervención consideradas

La *Organización* debe determinar cuánto es el porcentaje del costo de reconstrucción (sustitución) que corresponde a cada actividad de intervención considerada. En caso de no poseer estos datos se permite utilizar los porcentajes de la Tabla 8.6 para la estimación de costos de las distintas actividades de intervención. Estos costos fueron obtenidos de referencias relacionadas con los costos de intervención de puentes en departamentos de trasportes de Estados Unidos, que se muestran, también, en la Tabla 8.6.

Tabla 8.6. Porcentajes de costos recomendados de actividades de atención según cada componente del puente

Actividad de intervención	Porcentaje del costo de reconstrucción (sustitución) de cada componente
Reconstrucción (sustitución)	100 %
Rehabilitación mayor (mejora de capacidad de carga o capacidad operativa) (Minnesota Department of Transportation [MnDOT], 2015; Colorado Department of Transportation [CDOT], 2020)	70 %
Mantenimiento (MnDOT, 2015; CDOT, 2020)	30 %
Demolición (Florida Department of Transportation [FDOT], 2014; MDOT, 2020)	10 %

Tabla 8.6. Porcentajes de costos recomendados de actividades de atención según cada componente del puente

Actividad de intervención	Porcentaje del costo de reconstrucción (sustitución) de cada componente
Intervención por socavación (porcentaje del costo de reconstrucción (sustitución) total del puente: tablero + superestructura + subestructura) (Anderson et al., 2017)	30 %

8.5 Presupuestación de proyectos de intervención

La planificación y la elaboración de proyectos de intervenciones de puentes a través de los distintos programas (mantenimiento, rehabilitación mayor, reconstrucción (sustitución) o construcción de obras nuevas) es una tarea compleja debido a la magnitud de las inversiones que se deben administrar con presupuestos que son asignados para una variedad de fines simultáneos. En la Figura 8.1 se pueden observar los distintos programas de intervenciones que requieren disponer de un presupuesto asignado, los cuales son: el programa de diseño, el programa construcción de obras nuevas o reconstrucción (sustitución), el programa de mantenimiento, el programa de rehabilitación mayor y el programa de inspecciones de puentes.

Es por esta razón que la *Organización* debe contar con metodologías estructuradas y herramientas que le permitan ajustar y optimizar la asignación de recursos en sus distintos programas. De esta forma, se deben establecer los presupuestos que permitan cumplir con las distintas metas y los objetivos planteados (Sección 2.3 del MP-2024 Tomo I). Para esto se pueden utilizar guías de asignación de recursos como las establecidas en el Reporte NCHRP 806 denominado *"Guide to Cross-Asset Resource Allocation and the Impact on Transportation System Performance"* (NCHRP, 2015).

En el Capítulo 2 del Reporte NCHRP 806 (2015) se puede encontrar una guía para implementar procesos de colocación de recursos entre activos, considerando: la identificación de objetivos y metas, la evaluación de medidas de desempeño de los activos, la evaluación del impacto de proyectos, la aplicación de técnicas para toma de decisiones y los análisis de intercambios ("*trade-offs"* como se conoce en inglés) entre activos. Además, incluye conceptos para considerar riesgos de amenazas, financieros, operacionales y estratégicos. También, un análisis de desafíos técnicos y factores de éxito que se deben considerar al colocar recursos.

Lo anterior, se puede aplicar para un análisis de varios tipos de activos o para puentes exclusivamente, sin dejar de lado que los puentes son parte de un conjunto de activos de

transporte que requieren ser gestionados por la *Organización*.

Independientemente del enfoque que se utilice para elaborar el presupuesto, es necesario contemplar las modificaciones de los costos a lo largo del tiempo, como por ejemplo el incremento en el costo de los materiales o la mano de obra (National Highway Institute [NHI], 2016).

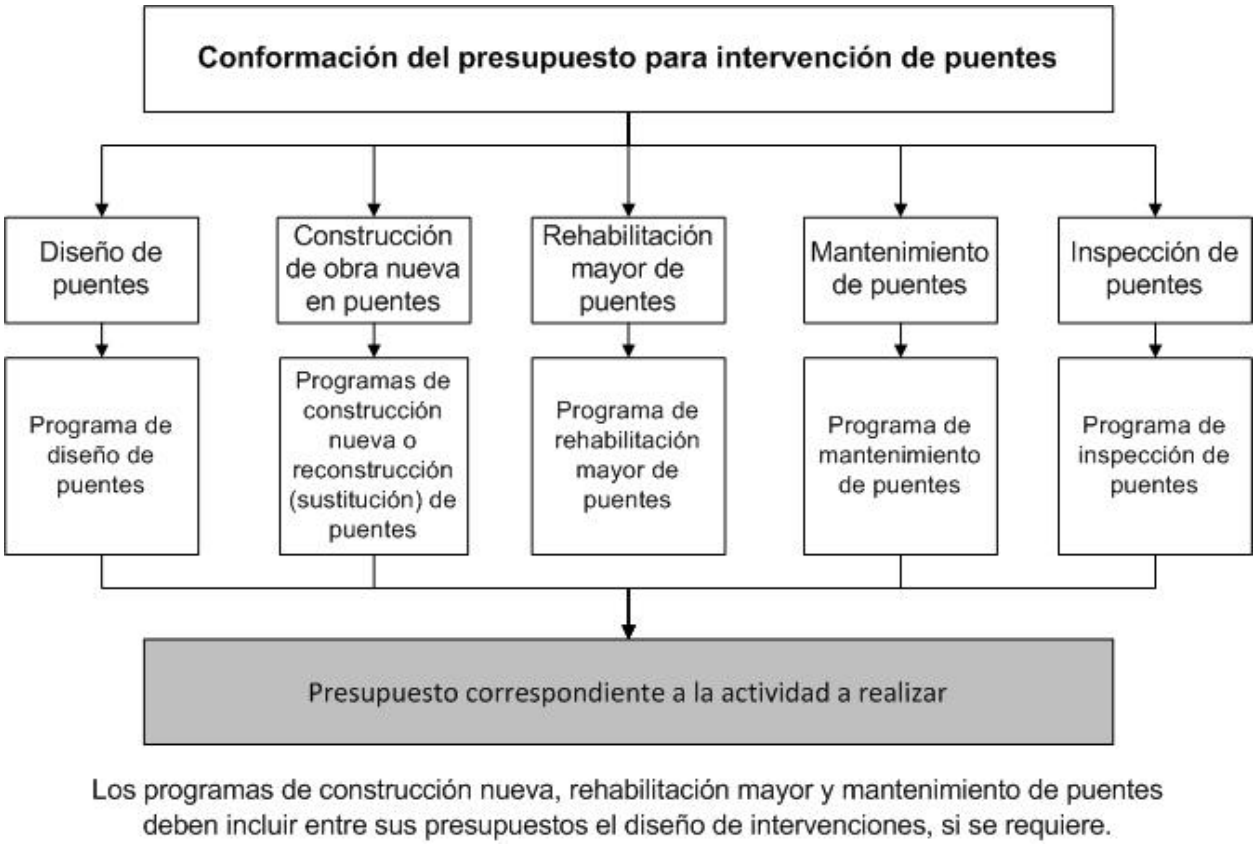


Figura 8.1. Programas que requieren de un presupuesto definido.

Los presupuestos operativos se realizan generalmente para periodos de 12 a 24 meses (NHI, 2016), aunque, estos pueden variar según lo defina la *Organización*. Para realizar estos presupuestos se pueden utilizar tres enfoques:

a. **Enfoque de asignación histórica:** En este enfoque, tanto el presupuesto global, como el presupuesto asignado a cada uno de los programas de intervención se realiza basándose en los registros históricos de los presupuestos ejecutados en los periodos anteriores, ajustándolo conforme pasa el tiempo.

b. **Enfoque de asignación histórica y costo de necesidades identificadas:** En este

enfoque el presupuesto global y los presupuestos de los programas de intervención se realizan mediante una combinación de los registros históricos de presupuestos ejecutados y la estimación de costos de acuerdo con las necesidades identificadas, como se ha definido en el Apartado 8.2.1 y en la Sección 8.4 del MP-2024 Tomo I. En este enfoque, se debe realizar la estimación de costos de atención previo a consolidar los presupuestos (ver Sección 8.4 del MP-2024 Tomo I).

c. **Enfoque de necesidades identificadas:** En este enfoque se utilizan únicamente la estimación de costos de acuerdo con las necesidades identificadas (Apartado 8.2.1 del MP-2024 Tomo I) para establecer el presupuesto global y el presupuesto de cada uno de los programas de intervención, estimando los costos respectivos de acuerdo con la Sección 8.4 del MP-2024 Tomo I.

8.6 Elaboración de proyectos de intervención

Para definir los presupuestos, es necesario elaborar proyectos con los puentes que pueden ser atendidos en los diferentes programas de intervención. La *Organización* puede recurrir a distintos modelos que permitan mejorar la efectividad de utilización de recursos. En esta sección se presenta una estrategia de preparación de proyectos con agrupamiento de puentes que las *Organizaciones* pueden seguir, para lo cual, se debe consultar la guía "*Bridge Bundling Guidebook*" de FHWA (2019).

Utilizando la guía "*Bridge Bundling Guidebook*" (FHWA, 2019), los responsables de las actividades de planificación de intervenciones en puentes pueden buscar la generación de proyectos de intervención, agrupando los puentes por distintos criterios y generando contratos para atender estos proyectos. Esta técnica de preparación de proyectos ha demostrado ser una forma costo-efectivas para planificar y gestionar las intervenciones (FHWA, 2019). Para esto, también se debe considerar el costo de intervención, calculado conforme se definió en la Sección 8.4 del MP-2024 Tomo I.

El agrupamiento de puentes para realizar proyectos se puede realizar por características similares de puentes, cercanía de ubicación entre estructuras, características similares del sitio, tamaño similar de puentes, materiales similares, entre otros. Esta estrategia implica el uso de análisis de diferentes tipos de riesgos (operativos, financieros, de amenazas naturales o humanas y estratégicos) para definir los alcances de contratación usuales, como lo son el modelo donde se contrata primero el diseño y luego la construcción, la contratación según demanda (o contratación por entrega indefinida), la contratación por administración, la contratación por diseño y construcción o la realización de proyectos por medio de asociaciones público-privadas (FHWA, 2019).

La priorización de puentes (Sección 8.3 del MP-2024 Tomo I) es una herramienta para decidir las estructuras que se pueden incluir en los agrupamientos para proyectos de intervención. Lo anterior, combinado con la estimación de costos (Sección 8.4 del MP-2024 Tomo I) y las restricciones presupuestarias, permite establecer horizontes de atención de puentes, definiendo aquellos que pueden ser atendidos con un presupuesto restringido.

8.7 Bibliografía

AASHTO. (2021). *Guide to Bridge Preservation Actions (1° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Anderson, I. A., Dewoolkar, M. M., Rizzo, D. M., Huston, D. R., Frolik, J., Brand, M., y Howard, L. (2017). *Prediction and mitigation of scour and scour damage to Vermont bridges.* Vermont: Materials and Research Section, Vermont Agency of Transportation.

CDOT. (2020). *Bridge Design Manual-Section 33: Preservation and Rehabilitation of Structures.* Colorado: Colorado Department of Transportation.

FDOT. (2014). *Transportation Costs Reports.* Florida: Florida Department of Transportation.

FHWA. (1995). *Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges (Publication n.° FHWA-PD-96-001).* Washington, D.C: Office of Engineering, Federal Highway Administration.

FHWA. (2016). *Synthesis of National and International Methodologies Used for Bridge Health Indices (Publication n.º FHWA-HRT-15-081).* Virginia: Federal Highway Administration.

FHWA. (2018). *Bridge Preservation Guide-Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility (Publication n.º FHWA-HIF-18-022).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

FHWA. (2019). *Bridge Bundling Guidebook-An Efficient and Effective Method for Maintaining and Improving Bridge Assets (Publication n.° FHWA-HIF-19-057).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

JICA. (2007). *El Estudio sobre el Desarrollo de Capacidad en la Planificación de Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes Basado en 29 Puentes de la Red de Carreteras Nacionales en Costa Rica.* Agencia de Cooperación Internacional Japonesa.

Kim, K. J., Kim, K., y Kang, C. S. (2009). *Approximate cost estimating model for PSC Beam bridge based on quantity of standard work. KSCE Journal of Civil Engineering, 13*, 377-388.

Luko, S. N. (Abril de 2011). *¿Qué es la puntuación estándar? ASTM Standardization News*.

Obtenido de https://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPMA11/datapoints_spma11.html

MDOT. (2020). *Bridge repair cost estimate worksheet.* Michigan Department of Transportation. Obtenido de https://www.michigan.gov/documents/mdot/2020_LAP_Bridge_Scoping_Cost_Estimate_Worksheet_681527_7.xlsx

MnDOT. (2015). *Fiscal Year 2016 through 2020 Bridge Preservation and Improvement Guidelines.* Minnesota: Bridge Office, Minnesota Department of Transportation.

MOPT. (2020). *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes_CR-2020.* San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT, y JICA. (2007). *Lineamiento para Mantenimiento de Puentes.* San José: Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

NCHRP. (2003). *NCHRP Report 483: Bridge Life Cycle Cost Analysis.* Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

NCHRP. (2015). *NCHRP Report 806: Guide to Cross-Asset Resource Allocation and the Impact on Transportation System Performance*. Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board. https://doi.org/10.17226/22177. Washington, DC, USA.

NHI. (2016). *FHWA-NHI-130106B: Establishing a Bridge Preservation Program*. Curso en línea. National Highway Institute, Federal Highway Administration, Washington, D.C, Estados Unidos de América.

Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública de Construcción y Mantenimiento. (Decreto n.° 33114-MEIC, 2006). Costa Rica.

Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling, 9*(3-5), 161-176.

9

Conservación de puentes

9.1 Introducción....1

9.2 Definición e implementación de la conservación....1

9.3 Tipos de actividades de conservación....1

9.3.1 Mantenimiento rutinario u operativo....1

9.3.2 Mantenimiento periódico....1

9.3.3 Mantenimiento cíclico....1

9.3.4 Mantenimiento basado en la condición....1

9.3.5 Rehabilitación....1

9.4 Programa de mantenimiento de puentes....1

9.4.1 Actividades de gestión para el mantenimiento de puentes....1

9.4.2 Cualificaciones de los responsables del programa de mantenimiento....1

9.4.3 Implementación y funcionamiento de un programa de mantenimiento....1

9.5 Costos para la planificación de la conservación....1

9.6 Procedimiento y formularios de conservación....1

9.7 Especificaciones generales para la conservación de puentes....1

9.8 Capacitación....1

9.8.1 Temáticas de cursos enfocados a gestión de conservación de puentes....1

9.8.2 Temáticas de curso enfocado a inspección para la conservación de puentes....1

9.8.3 Temáticas de cursos enfocados a ejecución de conservación de puentes....1

9.9 Bibliografía....1

9.1 Introducción

El enfoque de la conservación de puentes que se incluye en el presente capítulo se basa en la guía llamada "*Bridge Preservation Guide - Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility"* (Federal Highway Administration [FHWA], 2018) (denominada de aquí en adelante como Guía FHWA 2018). Sin embargo, algunos de los aspectos mencionados en dicha guía se modifican o se complementan de acuerdo con las disposiciones mencionadas en este capítulo, con el objetivo de adaptar algunos conceptos y procedimientos a la conservación de puentes que se realiza en Costa Rica, según los criterios presentados en la Ley n.° 7798 correspondiente a la *Ley de Creación del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI)* (1998) junto con su reforma mediante la Ley n.° 9484 correspondiente a la *Reforma Ley de Creación del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI)* (2017) y los manuales de conservación existentes (ver Capítulo 1 del MP-2024 Tomo I). Las adaptaciones con respecto a la Guía FHWA 2018 son indicadas en cada una de las secciones correspondientes.

La gestión de puentes, según se mencionó en el Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I, corresponde a un enfoque sistemático para organizar y ejecutar acciones relacionadas con la planificación, diseño, construcción, inspección, mantenimiento, rehabilitación mayor y reconstrucción (sustitución) de puentes. De la definición anterior, se deriva que las acciones de intervención de puentes existentes contempladas en un sistema de gestión, corresponden al mantenimiento (que incluye la rehabilitación menor), la rehabilitaciónmayor o la reconstrucción (sustitución), las cuales se muestran en la Figura 9.1.

Esta figura corresponde a una adaptación de la Figura 2 de la Guía FHWA 2018, considerando las acciones de reconstrucción (sustitución) bajo el concepto de construcción de obra nueva. Además, en concordancia con la definición de conservación vial de la Ley n.° 7798, se incluye el mantenimiento rutinario u operativo y la rehabilitación (como parte de las actividades de conservación según se explica en la Sección 9.3 del MP-2024 Tomo I. De acuerdo con AASHTO (2021), la rehabilitación se puede separar en mayor, si esta implica mejoras en la capacidad de carga o la capacidad operativa del puente, o menor, si no implica lo anterior. Esta separación se incluyó en la Figura 9.1, de manera que también se adapte al concepto de conservación vial de la Ley n.º 7798, el cual incluye actividades de rehabilitación. Con este mismo objetivo, se coloca el concepto de reconstrucción en el esquema de la Figura 9.1, el cual están definidos en el Glosario de este Manual.

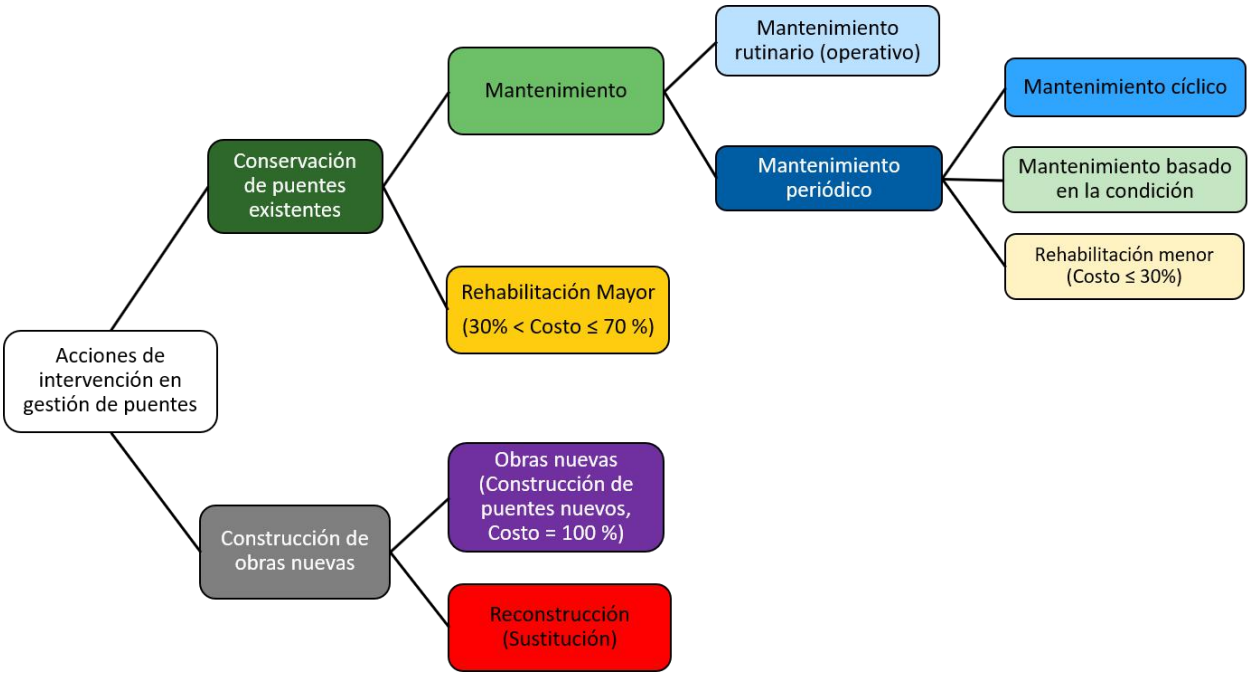


Figura 9.1. Diagrama de acciones de intervención de la gestión de puentes.
Fuente: Adaptado de FHWA, 2018; MnDOT, 2015; Ley n.º 7798

Un Sistema de Gestión de Puentes debe buscar un balance entre las acciones de conservación de puentes existentes y construcción de obra nueva del conjunto de todos los activos. La construcción de obras nueva en puentes debe ser contemplada cuando la conservación del puente deja de ser costo-efectiva debido a factores como el estado de deterioro o por obsolescencia funcional del puente según las variables especificadas en la Sección G.6 del MP-2024 Tomo I. El enfoque de este capítulo corresponde únicamente a la conservación de puentes, específicamente en el mantenimiento de puentes, aunque no debe desestimarse la importancia de la rehabilitación mayor de puentes como parte del sistema de gestión. Los conceptos de rehabilitación mayor y reconstrucción (sustitución) se encuentran en el Glosario del MP-2024 Tomo I.

La rehabilitación menor que se menciona en la Figura 9.1, no implica mejoras en la capacidad operativa o la capacidad de carga del puente. El término Rehabilitación (ver Glosario del MP-2024 Tomo I) se refiere a la necesidad de aplicar de forma extensiva varias acciones distintas de mantenimiento basado en la condición en un puente o sus componentes, debido a que su condición lo amerita y requieren reparaciones, readecuaciones o reemplazos de elementos, con el fin de restituir su condición original (AASHTO, 2021).

Este capítulo se complementa con las disposiciones presentadas en el Apéndice C y el Apéndice D del MP-2024 Tomo I. El Apéndice C corresponde a la *Guía de uso de formularios de conservación*, en el cual se explica cómo debe completarse la información de los formularios que son presentados en la Sección 9.6 del MP-2024 Tomo I. Adicionalmente, el Apéndice D,

según se explica en la Sección 9.7 del MP-2024 Tomo I, corresponde a las *Especificaciones Generales para el Mantenimiento de Puentes_CP-2024* (denominado de aquí en adelante como CP-2024), las cuales remplazan a las especificaciones incluidas en el Capítulo 6 del *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes_MCV-2015* (Ministerio de Obras Públicas y Transportes [MOPT], 2015) (denominado de aquí en adelante como MCV-2015), quedando este capítulo reservado en el MCV-2015.

9.2 Definición e implementación de la conservación

La conservación de puentes consiste en la ejecución de un conjunto de actividades que previenen, retardan o reducen el deterioro normal del puente y sus elementos. De esta manera, la conservación se realiza para mantener y restaurar la funcionalidad e integridad estructural de puentes existentes y preservar los mismos en buenas condiciones, de forma tal que se pueda extender su vida de servicio (FHWA, 2018). El concepto de vida de servicio de un puente se encuentra en el Glosario del MP-2024 Tomo I.

La conservación de puentes debe ser llevada a cabo mediante una metodología estructurada y sistemática, a través de la cual se realice la planificación, ejecución y control de todas las actividades, para garantizar el cumplimiento de las metas y objetivos establecidos por la *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como *Organización*). Una adecuada implementación de las acciones de conservación, suele retrasar la necesidad de realizar intervenciones mayores y más costosas, como lo son las actividades de rehabilitación mayor.

La conservación de puentes es una medida costo-efectiva (es decir, tiene un alto retorno de la inversión) dentro del Sistema de Gestión de Puentes, pero para que esto sea así, las actividades deben ser implementadas en el momento adecuado. En la Tabla 9.1 se muestra que, para asegurar la costo-efectividad de las actividades de conservación, estas deben ser planificadas y ejecutadas preferiblemente en puentes que se encuentren en una condición Regular o superior (ver recuadro en gris claro; ver explicación de la condición en Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I), y que continúen cumpliendo con la función para la cual fueron diseñados. Adicionalmente, en los puentes que se encuentren en condición Deficiente (ver recuadro en gris oscuro; ver explicación de la condición en Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I), deberán de considerarse las necesidades específicas del puente para asegurar que las actividades de conservación requeridas sean costo-efectivas y realizar actividades dentro de lo que se denomina rehabilitación menor o, en caso contrario, realizar la intervención mediante el programa de rehabilitación mayor de la estructura.

A pesar de lo indicado en la Tabla 9.1, la *Organización* puede evaluar la necesidad de realizar actividades de mantenimiento en puentes con un deterioro significativo o con obsolescencia funcional, aunque estas no sean costo-efectivas. Lo anterior, únicamente en los

casos en los que una intervención mayor no es posible en el corto plazo, y el problema identificado represente un riesgo inaceptable para los usuarios del puente pero corresponda aún a una actividad de mantenimiento (incluyendo las actividades de mantenimiento rutinario según se explica en el Apartado 9.3.3 del MP-2024 Tomo I), o cuando por eficiencia en el manejo de contratos, estas actividades de mantenimiento se puedan ejecutar en combinación con la rehabilitación de otros elementos del puente en peor estado. Será responsabilidad de la *Organización* identificar, haciendo uso del juicio profesional y del análisis histórico de situaciones pasadas, los problemas que pueden llegar a representar un riesgo inaceptable, siendo estos los que se encuentran relacionados con deficiencias del puente que puedan conllevar directamente a daño físico o incluso la muerte de los usuarios del mismo.

Tabla 9.1. Propuesta de calificación de puentes aplicables (resaltado en gris claro y gris oscuro) según condición global (ver Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I) para el programa de conservación.

Calificación	Condición global del puente	Acciones de intervención recomendadas
1	Satisfactoria	Mantenimiento cíclico
2	Aceptable	Mantenimiento cíclico / Basado en la condición
3	Regular	Mantenimiento basado en la condición
4	Deficiente	Rehabilitación menor o mayor
5	Alarmante	Rehabilitación mayor / Reconstrucción (sustitución)
6	Falla inminente	Rehabilitación mayor / Reconstrucción (sustitución)

9.3 Tipos de actividades de conservación

A lo largo del ciclo de vida de los puentes, la acción de conservación, según lo indicado en la Guía FHWA 2018, comprende la ejecución de actividades de costo-efectivas correspondientes al mantenimiento cíclico, al mantenimiento basado en la condición y la rehabilitación (ver Figura 9.1). Adicionalmente, en este manual se realiza la adaptación de incluir el mantenimiento rutinario u operativo como parte de las actividades de conservación de puentes, ya que, aunque estas actividades no sean consideradas costo-efectivas o no tengan el mismo retorno de la inversión, son actividades que deberán ser ejecutadas por el mismo responsable, y con el mismo presupuesto, de realizar las actividades de mantenimiento cíclico y mantenimiento basado en la condición.

9.3.1 Mantenimiento rutinario u operativo

El mantenimiento rutinario u operativo (denominado como "*routine maintenance*" en la Guía FHWA 2018) se define como el conjunto de todas las actividades menores realizadas de manera continua y sostenida a través del tiempo, como reacción a un evento especial,

condición climatológica o como parte de las necesidades operacionales del puente (FHWA, 2018). Según lo anterior, estas actividades son aquellas que no fueron contempladas como parte del diseño del puente, pero que deben ser realizadas para preservar la condición operativa, el nivel de servicio y seguridad del tránsito en el puente, tal como recoger animales muertos, remover grafitis, remover rótulos no oficiales colocados en el puente, remover materiales peligrosos derramados sobre el puente (ya sea que puedan generar la pérdida de tracción de los vehículos que circulan por la estructura o por ser tóxicos para los usuarios), entre otras. La definición presentada anteriormente complementa, en lo que respecta al tema de puentes, la definición de mantenimiento rutinario establecida en la Ley n.° 7798 correspondiente a la creación del CONAVI y su reforma correspondiente (Ley n.° 9484)

A diferencia de la programación del mantenimiento cíclico y mantenimiento basado en la condición, la cual se debe realizar de acuerdo con lo indicado en la Sección 9.4 del MP-2024 Tomo I, la definición de la programación y ejecución del mantenimiento operativo es responsabilidad de la *Organización*, la cual deberá establecer los fondos para atender este tipo de necesidades dentro de los programas de conservación. Para ello, debe tener en cuenta que, aunque estas actividades no son costo-efectivas financieramente en términos de conservación, si son requeridas para permitir el funcionamiento continuo del puente en condiciones de transitabilidad seguras para los usuarios (aunque no está relacionado con los dispositivos físicos de seguridad vial, ni con condiciones de servicio, ni con la estabilidad estructural del puente) o para mantener las condiciones estéticas del puente.

9.3.2 Mantenimiento periódico

El mantenimiento periódico se define como el conjunto de actividades programables, cada cierto período o intervalo de tiempo, tendientes a preservar y restaurar la condición original de los puentes mediante actividades cíclicas, basadas en la condición o de rehabilitación menor, siempre que esta rehabilitación no implique un aumento en la capacidad de carga o la capacidad operativa de los puentes (AASHTO, 2021). La definición presentada anteriormente complementa, en lo que respecta al tema de puentes, la de mantenimiento periódico establecida en la Ley n.° 7798 correspondiente a la creación del CONAVI y su reforma correspondiente (Ley n.° 9484).

De la definición anterior se desprende que las actividades de mantenimiento cíclico, mantenimiento basado en la condición y rehabilitación menor se consideran parte del mantenimiento periódico, las cuales se describen, respectivamente, en los Apartados 9.3.3, 9.3.4 y 9.3.5. del MP-2024 Tomo I.

9.3.3 Mantenimiento cíclico

El mantenimiento cíclico se define como el conjunto de actividades que deben programarse

de manera continua según un intervalo de tiempo preestablecido, con el objetivo de preservar y reducir el deterioro del puente y sus distintos elementos (FHWA, 2018). Las actividades de mantenimiento cíclico son parte del concepto de mantenimiento periódico establecido en la Ley n.° 7798 correspondiente a la creación del CONAVI y su reforma correspondiente (Ley n.° 9484). Este concepto fue complementado en este manual en lo que respecta al tema puentes (ver Apartado 9.3.2). La programación del mantenimiento cíclico deberá de realizarse siguiendo lo establecido en la Sección 9.4 del MP-2024 Tomo I.

En la mayoría de las actividades de mantenimiento cíclico, la condición de los componentes no es directamente mejorada, sin embargo, se espera que el deterioro sea retrasado y la vida de servicio extendida. Algunas actividades de mantenimiento cíclico corresponden a la limpieza general de puentes, limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto (losas o tableros), lubricación de apoyos, entre otros. Las actividades de mantenimiento cíclico y su intervalo de tiempo máximo de recurrencia recomendado, se encuentran definidas en la Tabla 9.4 (debe verse la descripción de los códigos de las actividades y procedimientos en la Tabla 9.3) que se incluye en el Inciso 9.4.3.3 del MP-2024 Tomo I.

9.3.4 Mantenimiento basado en la condición

El mantenimiento basado en la condición se define como el conjunto de actividades que son programadas, como medida de respuesta ante deficiencias que son identificadas durante el proceso de inspección de puentes, con el objetivo de restaurar la condición de los elementos del puente que se encuentren dañados y ameriten una intervención (FHWA, 2018). Las actividades de mantenimiento basado en la condición son parte del concepto de mantenimiento periódico establecido en la Ley n.° 7798 correspondiente a la creación del CONAVI y su reforma correspondiente (Ley n.° 9484). Este concepto fue complementado en este manual en lo que respecta al tema puentes (ver Apartado 9.3.2). La programación del mantenimiento basado en la condición deberá de realizarse siguiendo lo establecido en la Sección 9.4 del MP-2024 Tomo I.

La definición de mantenimiento basado en la condición implica que, para la programación de este tipo de mantenimiento, es requerida la realización periódica de las inspecciones rutinarias de puentes según los criterios establecidos en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I. A diferencia de las actividades de mantenimiento cíclico, para este tipo de mantenimiento, la condición del elemento intervenido sí puede llegar a ser mejorada. Algunas actividades de mantenimiento basado en la condición corresponden a limpieza de cauces en puentes, reparación parcial o total de sistemas de contención vehicular y barandas peatonales, reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje, entre otros. Las actividades de mantenimiento basado en la condición se encuentran en el Inciso 9.4.3.2 del MP-2024 Tomo I.

9.3.5 Rehabilitación

La rehabilitación se define como la actividad de intervención que permite restaurar la capacidad estructural y operativa original de un puente (rehabilitación menor) o incrementarla (rehabilitación mayor). Incluye los trabajos necesarios para corregir defectos mayores de seguridad, restaurar parcial o completamente diferentes elementos o componentes mediante actividades basadas en la condición o el refuerzo de elementos estructurales (FHWA, 2018), como medida de respuesta ante deficiencias que son identificadas durante el proceso de inspección de puentes. La definición presentada anteriormente complementa, en lo que respecta al tema de puentes, la definición de rehabilitación establecida en la Ley n.° 7798 correspondiente a la creación del CONAVI y su reforma correspondiente (Ley n.° 9484). La programación de la rehabilitación deberá de realizarse siguiendo lo establecido en la Sección 9.4 del MP-2024 Tomo I, al igual que las actividades de mantenimiento basado en la condición.

La definición de rehabilitación implica que, para la programación de estas actividades de intervención, es requerida la realización periódica de las inspecciones rutinarias de puentes según los criterios establecidos en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I. Esta programación se debe realizar para puentes que resulten con una calificación de condición de 4 - Deficiente o mayor en elementos, componentes o en el puente de forma global.

Además, la definición divide la rehabilitación en menor y mayor, dependiendo de si restaura o incremente, respectivamente, la capacidad estructural y operativa de un puente. La rehabilitación menor se considera parte del programa de mantenimiento periódico (ver Sección 9.3.2), mientras que la rehabilitación mayor se considera un programa de intervención distinto del mantenimiento de puentes. Lo anterior, no implica que en la rehabilitación menor se pasen por alto los análisis y diseños estructurales y las inspecciones detalladas que la Organización determine necesarias para establecer el alcance de las tareas por realizar. Estas inspecciones y análisis estructurales se podrán requerir para determinar tareas de rehabilitación menor como el refuerzo para recuperar la capacidad original de un elemento estructural, el reemplazo de apoyos, la sustitución de elementos dañados o deteriorados, el ensanchamiento de la meseta de asiento, la renovación de sistemas de protección contra la corrosión, entre otras. En la rehabilitación mayor, además de los análisis y diseños estructurales e inspecciones detalladas, se deben realizar estudios preliminares (geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, ambientales, de tránsito, entre otros) y programaciones de la ejecución de obras, según sea el alcance definido en el diseño.

La rehabilitación menor comprende aplicar de forma extensiva varias acciones distintas de mantenimiento basado en la condición o refuerzo en un puente o sus componentes, debido a que su condición lo amerita, con el fin de restituir su condición y capacidad de carga original o llevar el puente a una condición entre 1 - Satisfactoria y 3 - Regular (AASHTO, 2021). Las

actividades de mantenimiento basado en la condición se encuentran definidas en el Inciso 9.4.3.2 del MP-2024 Tomo I. Las actividades de refuerzo no están cubiertas en este tomo del MP-2024.

La rehabilitación menor de puentes puede llegar a no ser costo-efectiva y ser comparable con una intervención de rehabilitación mayor (aunque la intervención requerida no implique una mejora en la capacidad de carga u operativa), si el costo asociado a las acciones de intervención por rehabilitación sobrepasa un porcentaje definido por la *Organización*, el cual, de acuerdo con la guía *"Fiscal Year 2016 through 2020 Bridge Preservation and Improvement Guidelines"* (MnDOT, 2015), puede ser definido en un 30 % del costo de construir un puente nuevo. En el caso de que el costo de la rehabilitación menor de un puente sobrepase el porcentaje indicado, se requiere que la *Organización* valore la posibilidad de realizar una rehabilitación mayor.

La rehabilitación mayor contempla el conjunto de actividades de intervención destinadas a aumentar la capacidad de carga o la capacidad operativa del puente. Como se mencionó, conforma un programa de intervención distinto del mantenimiento. Para la rehabilitación mayor, se considera que el costo asociado no debe ser mayor que el 70 % del costo de construir un puente nuevo (MnDOT, 2015), o el porcentaje que establezca la *Organización*. Si la rehabilitación mayor sobrepasa el porcentaje indicado se debe analizar la posibilidad de sustituir el puente, realizando para esto un análisis de costo-beneficio que determine la mejor opción entre rehabilitar o sustituir. Este análisis debe considerar y comparar el costo de las intervenciones (rehabilitación o reconstrucción (sustitución)), la seguridad de la estructura, el tipo de estructura, consideraciones ambientales, hidrológicas e hidráulicas, control del tránsito durante los trabajos y costos sociales de la intervención, entre otros.

9.4 Programa de mantenimiento de puentes

Un programa de mantenimiento de puentes corresponde a la ejecución de actividades costo-efectivas realizadas con el objetivo de prolongar la vida de servicio de los puentes, aplazando la necesidad de realizar intervenciones de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) de la estructura (FHWA, 2018). Por lo tanto, este debe consistir en un plan debidamente establecido y documentado, que debe ser sistemáticamente aplicado para lograr metas y objetivos establecidos por la *Organización.* Asimismo, debe tener un presupuesto claramente definido que permita la ejecución de las distintas actividades que sean requeridas.

Como se observa en la definición anterior, en esta sección se excluyen las actividadesde rehabilitación mayor que también forman parte de la conservación de puentes existentes. Lo anterior se debe a que la rehabilitación mayor es una actividad costosa que busca mejorar

condiciones de puentes que han superado su vida de servicio y su condición hace que las actividades de mantenimiento no sean costo-efectivas (AASHTO, 2021), ya que no mejorarían su condición. La rehabilitación mayor se considera generalmente como una alternativa a la reconstrucción (sustitución) de un puente y no al mantenimiento (FHWA, 2018).

9.4.1 Actividades de gestión para el mantenimiento de puentes

En el Apartado 2.2.2 del MP-2024 Tomo I, se incluyen distintos esquemas relacionados con las actividades para gestión de puentes de una *Organización y* las distintas funciones y tareas que deben ser ejecutadas como parte de la gestión de puentes. En la Figura 9.2 se presenta un esquema con las distintas actividades de gestión de una *Organización,* y se resaltan en color azul aquellas actividades que tienen funciones y tareas directamente relacionadas con el reporte, planificación, implementación, ejecución y mejora de un programa de mantenimiento de puentes. La Figura 9.2 no se debe interpretar explícitamente como un organigrama de personal de la *Organización* o una estructura organizacional.

A continuación, se presentan, para las distintas actividades de gestión, las tareas o funciones que deben ser ejecutadas por la *Organización* en relación con el programa de mantenimiento.

- Alta gerencia (ver Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I):
  - Planificación estratégica, la cual incluye la definición de las metas, objetivos y la oficialización de los documentos en donde se establecen las actividades, reglas e indicadores de desempeño para el programa de mantenimiento de puentes, como parte del enfoque de gestión basado en desempeño.
  - Asignación de recursos una vez definidas las metas y objetivos del programa.
  - Comunicación de los resultados del programa de mantenimiento a los involucrados.
  - Evaluación para mejora del programa mediante modificación de objetivos, búsqueda de mayor eficiencia o asignación de más recursos.
- Inspección de puentes (ver Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I):
  - Evaluación y determinación de la condición de las estructuras de puentes y sus distintos componentes, el cual es un insumo importante dentro del programa de mantenimiento.
  - En caso de que la *Organización* lo establezca, puede ser una de las tareas dentro de esta actividad la determinación de las necesidades de mantenimiento, en conjunto con la actividad de planificación de intervenciones en puentes y la actividad de conservación.

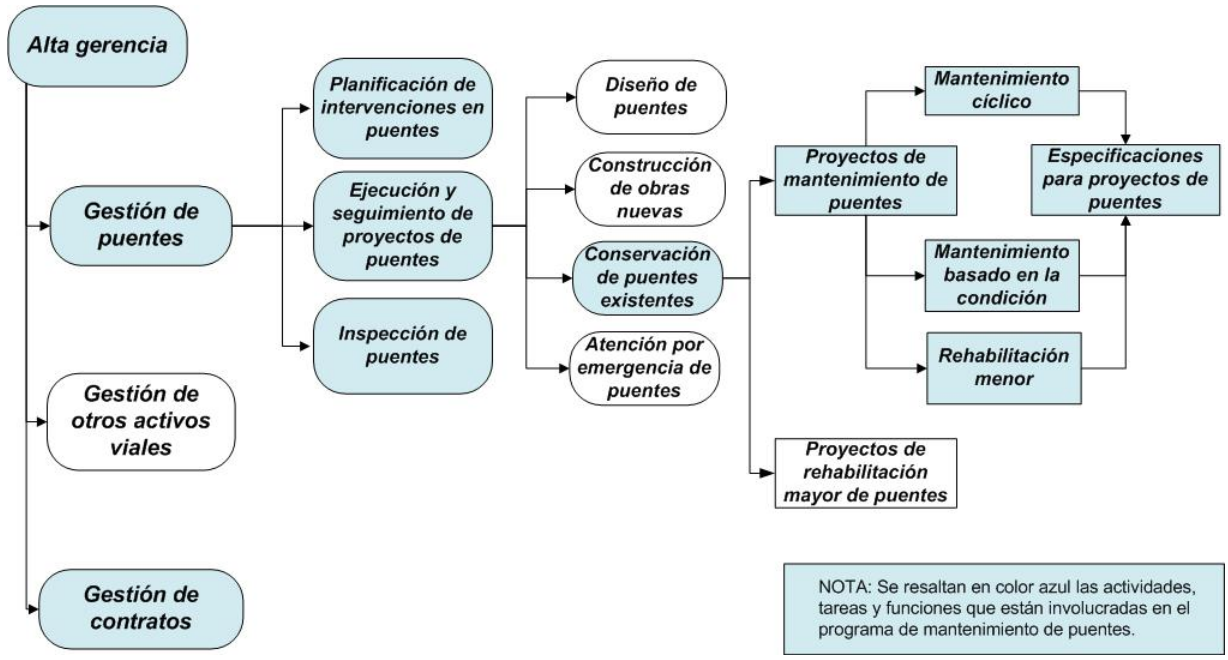


Figura 9.2. Actividades de gestión relacionadas con el programa de mantenimiento de puentes (ver Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I).

- Planificación de intervenciones en puentes (ver Capítulo 2):
  - Evaluación y determinación de las necesidades de mantenimiento, en conjunto con la actividad de conservación de puentes, lo cual incluye la revisión de los resultados de las inspecciones para determinar cuáles puentes necesitan intervención y cuáles actividades de mantenimiento son aplicables.
  - Planificación operativa a través de la cual, contemplando la priorización, pronósticos, estudios de ciclo de vida y el presupuesto disponible en relación con los otros programas, se consolidan los proyectos de mantenimiento que serán ejecutados.
  - Evaluación de los resultados de los proyectos de mantenimiento una vez fueron ejecutados, para presentar los resultados a la alta gerencia.
- Conservación de puentes (ejecución y seguimiento de proyectos de puentes):
  - Evaluación y determinación de las necesidades de mantenimiento, en conjunto con la actividad de planificación de intervenciones en puentes, lo cual incluye la revisión de los resultados de las inspecciones para determinar qué puentes necesitan intervención y cuáles actividades de mantenimiento son aplicables.
  - Planificación operativa a través de la cual, contemplando los proyectos de mantenimiento, ya definidos, se programa la ejecución de las actividades considerando los criterios de agrupación establecidos en el Inciso 9.4.3.6 del MP-2024 Tomo I.
  - Ejecución, control y aseguramiento de la calidad de las distintas actividades del proyecto de mantenimiento. En los casos en los que las actividades se realizan mediante contratación, se realiza la evaluación de los contratistas y del trabajo realizado previo al pago del trabajo realizado.
- Gestión de contratos (ver Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I):

- Colaboración para la realización de los contratos a través de los cuales se realizarán los distintos proyectos de mantenimiento. Dichos contratos deberán ser realizados de acuerdo con las especificaciones disponibles y la información generada de los proyectos de mantenimento que ya han sido ejecutados.

9.4.2 Cualificaciones de los responsables del programa de mantenimiento

En este manual no se establece una estructura organizacional y tampoco se brindan puestos específicos para el desarrollo, implementación y mejora del programa de mantenimiento. Sin embargo, se presentan las cualificaciones mínimas que deberían cumplir el o los responsables de las actividades mencionadas en el Apartado 9.4.1 del MP-2024 Tomo I, de forma tal que puedan demostrar competencia y asegurar que la ejecución de las distintas tareas y funciones bajo su responsabilidad serán realizadas de forma adecuada. Es importante destacar que los requisitos a continuación son mínimos y la *Organización* puede establecer requisitos adicionales o más estrictos. Asimismo, los requisitos establecidos para las actividades ejecutivas y de planificación de intervenciones (ver a continuación el Punto 1), serán exclusivos para las actividades relacionadas con el mantenimientode puentes, por lo que podrán ser complementados con requisitos adicionales relacionados al resto de funciones que deben ser realizadas como parte de estas actividades según lo establecido en el Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I.

1. Requisitos del responsable de áreas ejecutivas y planificación de intervenciones en puentes
   - Ingeniero civil o en construcción, incorporado al CFIA con 6 años de experiencia en gestión, diseño, inspección y/o construcción de puentes u obras de infraestructura vial.
   - Estudios o cursos formales en administración de proyectos o gerencia de proyectos, de una institución autorizada por CONESUP.
   - Haber llevado los cursos con las temáticas de “Fundamentos de conservación de puentes” y “Establecimiento de un programa de conservación de puentes” según se presenta en el Apartado 9.8.1 del MP-2024 Tomo I.

2. Requisitos del responsable de área de inspección
   - Cumplir con los requisitos establecidos en el Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I.
   - En el caso de ser los inspectores los que determinen las necesidades de mantenimiento, haber llevado los cursos con las temáticas de “Determinación de las necesidades de conservación” según se presenta en el Apartado 9.8.2 del MP-2024 Tomo I.

3. Requisitos del responsable de área de conservación de puentes
   - Ingeniero civil o en construcción, incorporado al CFIA con 4 años de experiencia laboral, de los cuales 2 años estén relacionados a trabajos de diseño, supervisión de construcción o conservación de puentes.
   - Haber llevado los cursos con las temáticas de “Fundamentos para la ejecución de las tareas de conservación de puentes” y “Supervisión de las tareas de conservación de puentes” según se presenta en el Apartado 9.8.3 del MP-2024 Tomo I.

9.4.3 Implementación y funcionamiento de un programa de mantenimiento

En la Figura 9.3 se muestran los pasos que se deben seguir para establecer y mantener en funcionamiento un programa de mantenimiento de puentes con un enfoque basado en desempeño. Es importante mencionar que dichos pasos se encuentran basados en la Guía FHWA 2018; sin embargo, se realizan algunas adaptaciones con el objetivo de agruparlos conforme a las responsabilidades de las distintas actividades de gestión que fueron descritas en el Apartado 9.4.1 del MP-2024 Tomo I. Las adaptaciones realizadas corresponden a:

- Modificar el orden de los pasos “Puentes a preservar” y “Medidas de desempeño”.
- Modificar el nombre del paso “Planes de ciclo de vida” por el de “Planificación, presupuestación y creación de proyectos”.
- Combinar los pasos “Evaluación de beneficios” y “Monitoreo y medición de desempeño” en un nuevo paso denominado “Medición de desempeño y evaluación de beneficios”.
- Combinar los pasos de “Fondos” y “Reportar y mejorar” y mantener el nombre de este último.

En los Incisos del 9.4.3.1 al 9.4.3.9 que se muestran a continuación, se explican con detalle y en orden, los pasos de la Figura 9.3.

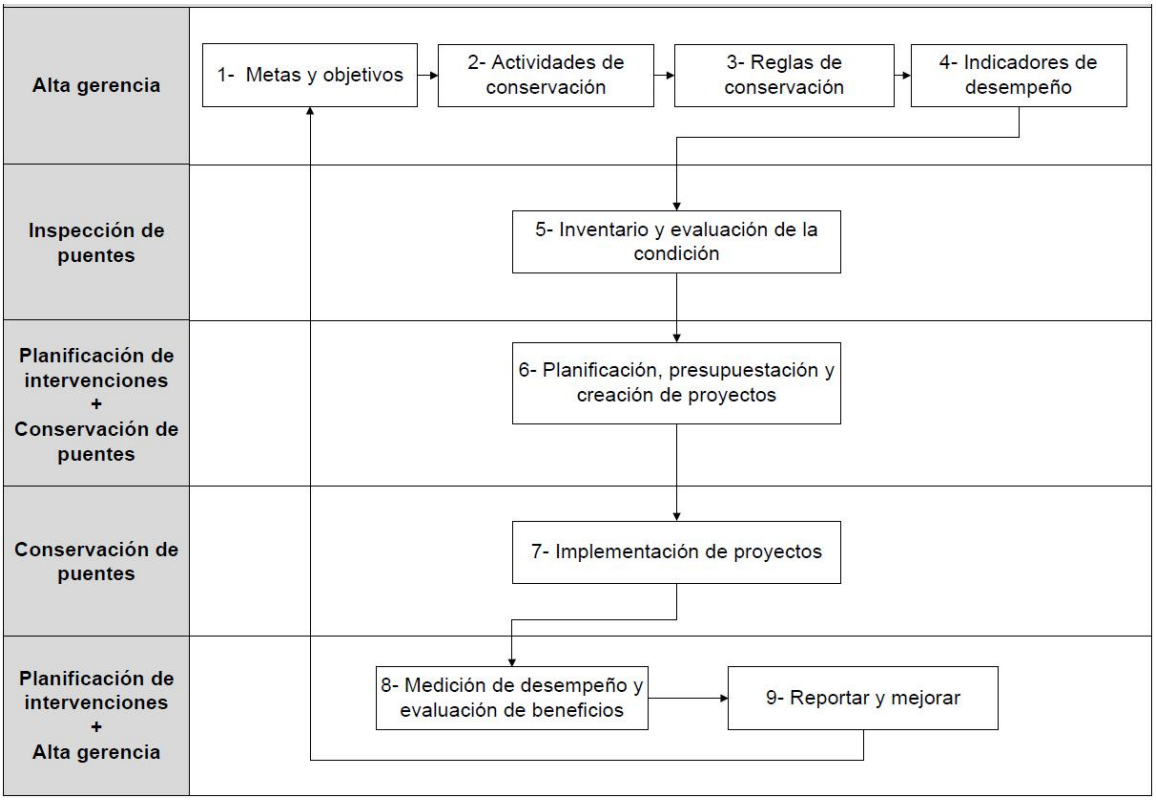


Figura 9.3. Proceso de establecimiento y funcionamiento de un programa de mantenimiento.

Fuente: Adaptado de FHWA, 2018

9.4.3.1 Metas y objetivos

El primer paso corresponde a la definición de las metas y objetivos del programa, para poder establecer un enfoque basado en desempeño y una línea de trabajo. Es importante que, junto a la definición de metas y objetivos, se asigne un financiamiento dedicado al desarrollo de las actividades de mantenimiento (FHWA, 2018). La definición de metas y objetivos se presentó en el Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I; sin embargo, en este capítulo se definen las metas y objetivos que deben ser establecidas específicamente para el programa de mantenimiento de puentes.

- Metas: Las metas de un programa de mantenimiento deben ser definidas por la *Organización*, en la actividad de alta gerencia; sin embargo, para uniformizar los criterios en cuanto al planteamiento de las metas, se presentan los siguientes ejemplos basados en el manual llamado "*WisDOT Bridge Manual"* (Wisconsin Department of Transportation [WisDOT], 2019).
  - Mantener los puentes en condición global Regular o mejor (clasificación global de puentes igual o menor a 3 según Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I; ver además la Tabla 9.1) al implementar actividades de mantenimiento que sean costo-efectivas en sus distintos elementos o componentes.
  - Implementar oportunamente actividades de mantenimiento, ya sean cíclicas o basadas en la condición, a puentes que se encuentren en condición Regular o mejor (clasificación global de puentes igual o menor a 3 según Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I; ver además la Tabla 9.1) para extender su vida de servicio, y retrasar la necesidad de intervenciones de mayores costos como rehabilitación mayoro reconstrucción (sustitución).
  - Optimizar los beneficios y la efectividad en el largo plazo de las inversiones en mantenimiento.
- Objetivos: Los objetivos de un programa de mantenimiento deben ser definidos por la *Organización*, en la actividad de alta gerencia, ya que éstos pueden variar entre distintas organizaciones según múltiples factores como el criterio técnico, tamaño de la *Organización*, presupuesto, entre otros. Sin embargo, con la intención de uniformizar el planteamiento de los objetivos, se establece que los mismos deben plantearse según el enfoque que se presenta en la Tabla 9.2, el cual corresponde a una adaptación del planteamiento de objetivos que se presenta en el "*WisDOT Bridge Manual"* (WisDOT, 2019) . Es importante mencionar, que los objetivos establecidos deben ser cuatificables o medibles de acuerdo con los indicadores de desempeño según se explica en el Inciso 9.4.3.4 del MP-2024 Tomo I.

Tabla 9.2. Planteamiento de objetivos en un programa de mantenimiento de puentes.

Tipo de objetivo	Planteamiento
Según condición global del puente	Mantener el ___ % (1) de los puentes en una condición global aceptable o superior (calificación global de puentes de 2(3) o menos).
Según condición de componente o elemento	Mantener el ___ % (1) de *(componente o elemento del puente)*(2) de los puentes en una condición aceptable o superior (calificación de condición de elementos de 2(3) o menos).

Notas:

(1) **La *Organización* debe completar los porcentajes correspondientes para ambos objetivos.**

(2) **La *Organización* debe establecer los componentes o elementos que serán incluidos en los objetivos. La selección debe realizarse según la Tabla 6.1 presentada en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I.**

(3) **Según lo indicado en el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I.**

Fuente: Adaptado de WisDOT, 2019

9.4.3.2 Actividades de mantenimiento

Una vez establecidas las metas y los objetivos del programa de mantenimiento por parte de la *Organización*, se debe definir un listado de las posibles actividades de mantenimiento que pueden ser realizadas, es decir, se definen los mecanismos operacionales por medio de los cuales se van a lograr las metas y objetivos del programa. Todas las actividades deben tener asignada una codificación única que permita identificarla. De igual manera, debe ser posible identificar, en qué componente o elemento del puente fue ejecutada la actividad de conservación.

En la Tabla 9.3 se presentan las actividades de mantenimiento (cíclico y basado en la condición) que se incluyen en el CP-2024, que constituye el Apéndice D de este manual. Se puede observar que cada actividad tiene uno o más procedimientos a través de los cuales puede ser realizada. Según se mencionó anteriormente, tanto las actividades como los procedimientos deben tener códigos específicos. En el caso de las actividades de mantenimiento, el código a utilizar será el número de sección; mientras que en los procedimientos, corresponde al número de subsección correspondiente del CP-2024.

Se debe mencionar que en la Tabla 9.3, se presenta el listado completo de actividades y procedimientos de mantenimiento de puentes; sin embargo, no se realiza una clasificación según los tipos de actividades de conservación entre mantenimiento cíclico, mantenimiento basado en la condición o rehabilitación menor. Lo anterior, ya que esta clasificación dependerá del elemento o componente al cual se está aplicando el mantenimiento. Adicionalmente, esta clasificación corresponde al establecimiento de las reglas del programa de conservación según

el Inciso 9.4.3.3 del MP-2024 Tomo I.

Tabla 9.3. Actividades y procedimientos de mantenimiento según CP-2024.

Actividad de mantenimiento		**Procedimiento**	
Sección	**Descripción**	**Subsección**	**Descripción**
601	*Limpieza general de puentes*	601.07	Limpieza de puentes a nivel de losa o tablero
602	*Limpieza de cauces en puentes*	602.07	Limpieza de cauces en puentes
603	*Reparación parcial o total de sistemas de contención vehicular y barandas peatonales*	603.07	Sustitución piezas faltantes o reposición de piezas con daños estructurales en concreto
		603.08	Reparación de piezas con deterioros no estructurales en concreto
		603.09	Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en acero
		603.10	Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en acero
		603.11	Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en madera
		603.12	Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en madera
		603.13	Sustitución o reposición de piezas de sujeción en aluminio
		603.14	Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en aluminio
604	*Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje*	604.07	Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas o faltantes
		604.08	Instalación de nuevo sumidero en losa
		604.09	Reparación o construcción de drenajes longitudinales y transversales, bordillos o canaletas
		604.10	Reemplazo o colocación de tubos de extensión de descarga vertical
		604.11	Colocación de drenajes horizontales a lo largo de muros de retención
		604.09	Reparación o construcción de drenajes longitudinales y transversales, bordillos o canaletas
605	*Limpieza de superficies de puentes con agua a presión*	605.07	Limpieza con agua a presión de superficies de concreto
		605.08	Limpieza con agua a presión de superficies de acero
606	*Limpieza y sellado de*	606.07	Sellado de grietas mediante

Tabla 9.3. Actividades y procedimientos de mantenimiento según CP-2024.

Actividad de mantenimiento		Procedimiento	
Sección	**Descripción**	**Subsección**	**Descripción**
	grietas en elementos de concreto		inyección
		606.08	Sellado de grietas mediante relleno por gravedad
607	*Reparación superficial de elementos de concreto*	607.07	Reparación de superficie tipo I
		607.08	Reparación de superficie tipo II
		607.09	Reparación de superficie tipo III
608	*Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo*	608.07	Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes
609	*Reemplazo de juntas de expansión*	609.07	Reemplazo de juntas abiertas
		609.08	Reemplazo de juntas elastoméricas coladas
		609.09	Reemplazo de juntas con sellos comprimidos
		609.10	Reemplazo de juntas de placas deslizantes
		609.11	Reemplazo de juntas dentadas
		609.12	Reemplazo de juntas asfálticas
		609.13	Reemplazo de juntas especiales
610	*Mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo*	610.07	Limpieza de apoyos
		610.08	Lubricación de apoyos metálicos
		610.09	Pintura de apoyos metálicos
		610.10	Realineamiento de apoyos
		610.11	Reemplazo parcial (tornillería y piezas de acero de soporte)
		610.12	Reemplazo total de apoyos
		610.13	Mantenimiento o reemplazo de dispositivos o apoyos especiales
611	*Reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico*	611.07	Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico
		611.08	Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto hidráulico
612	*Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico*	612.07	Reparación parcial de superficie de desgaste de concreto asfáltico
		612.08	Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico
		612.09	Limpieza y sellado de grietas de superficie de desgaste
613	Preparación y protección de superficies y elementos de puentes	613.07	Pintura puntual de superficies metálicas
		613.08	Pintura parcial o por zona de superficies metálicas

Tabla 9.3. Actividades y procedimientos de mantenimiento según CP-2024.

Actividad de mantenimiento		Procedimiento	
Sección	**Descripción**	**Subsección**	**Descripción**
		613.09	Sobrecapa de pintura de superficies de metálicas
		613.10	Pintura de superficies galvanizadas
		613.11	Pintura de superficies de concreto
		613.12	Pintura de superficies de madera
		613.13	Preservantes en superficies de madera
		613.14	Fumigación de elementos de madera
614	*Retiro y reposición de pernos de alta resistencia*	614.07	Retiro y reposición de pernos de alta resistencia
615	*Reparación o reposición de elementos en puentes de acero*	615.07	Reposición de elementos de acero
		615.08	Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto
		615.09	Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas con pernos de alta resistencia
		615.10	Reparación de elementos de acero con corrosión mediante reposición parcial del elemento
616	*Reparación de cimentaciones con problema de socavación*	616.07	Restitución del contacto suelo-cimentación en seco
		616.08	Restitución del contacto suelo-cimentación bajo agua mediante bolsas rellenas de lechada
617	*Protección de riberas*	617.07	Protección de riberas mediante gaviones
		617.08	Protección de riberas mediante colchones para revestimiento
		617.09	Protección de riberas mediante enrocados (escolleras)
		617.10	Protección de riberas mediante concreto ciclópeo
		617.11	Protección de riberas mediante zampeados
		617.12	Protección de riberas mediante revestimientos de sacos de suelo
		617.13	Protección de riberas mediante revestimientos de colchones industriales
		617.14	Protección de riberas mediante revestimientos de hiladas de bloques de concreto
618	*Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y*	618.07	Reparación o reposición de elementos de madera
		618.08	Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios

Tabla 9.3. Actividades y procedimientos de mantenimiento según CP-2024.

Actividad de mantenimiento		Procedimiento	
Sección	**Descripción**	**Subsección**	**Descripción**
	herrajes		
619	*Reparación de muros de contención y/o de refuerzo*	619.07	Reparación de muro de contención en concreto ciclópeo
		619.08	Reparación de muro de mampostería
		618.09	Reparación de muro en gaviones
		619.10	Reparación de muro de contención modular
		619.11	Reparación de muro de contención de concreto reforzado
		619.12	Reparación de muro cosido
620	*Impermeabilización de superficies de concreto*	620.07	Impermeabilización mediante sistemas de membranas con superficie de desgaste de concreto asfáltico
		620.08	Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico
621	*Reposición del nivel de superficie de grava en accesos*	621.07	Reposición parcial de superficie de grava
622	*Colocación o retiro de sobrecapas de asfalto*	622.07	Retiro de sobrecapa de concreto asfáltico existente
		622.08	Colocación de sobrecapa de concreto asfáltico
623	Reparación de superficie de elementos de concreto presforzado	623.07	Reparación de superficie de concreto presforzado

9.4.3.3 Reglas de mantenimiento

Las reglas corresponden a las guías o principios que le indican a la *Organización* cuándo es necesario realizar la actividad de mantenimiento. Para ello, es requerido realizar la clasificación de las actividades según el tipo entre mantenimiento cíclico o basado en la condición, ya que como se indicó anteriormente en este capítulo, al mantenimiento cíclico se le debe asignar un intervalo de tiempo predefinido, mientras que, en el caso del mantenimiento basado en la condición y a la rehabilitación menor, su programación depende de la identificación de la necesidad durante las inspecciones.

En la Tabla 9.4 se presenta un listado de las actividades que deben ser clasificadas como mantenimiento cíclico y su respectivo intervalo máximo de ocurrencia. Los intervalos en esta tabla se encuentran adaptados del reporte denominado "*Bridge Preservation Treatments and Best Practices"* (Bowman y Moran, 2015). Se identifica que, para las actividades presentadas

en el CP-2024, son los procedimientos los que deben ser clasificados como mantenimiento cíclico. En la tabla puede observarse que las actividades clasificadas como mantenimiento cíclico dependerán del elemento o del componente al cuál sean aplicadas.

Con el objetivo de asegurar la costo-efectividad de las acciones de mantenimiento cíclico, y considerando lo establecido en la Sección 9.2 del MP-2024 Tomo I, los procedimientos especificados en la Tabla 9.4 deberán ser realizados en componentes o elementos que se encuentren en una condición aceptable o mejor (clasificación de condición de elementos de 2 o menos). A pesar de lo anterior, la *Organización* podrá evaluar la necesidad de realizar dichos procedimientos en componentes o elementos con una condición menos favorable, aunque en estos, ya no será considerado costo-efectivo y su justificación deberá ser para retrasar la evolución de otras deficiencias o para mantener condiciones seguras para el tránsito de los usuarios del puente.

Tabla 9.4. Intervalos recomendados para actividades y procedimientos de mantenimiento cíclico.

Componente (1)	**Elemento** (1)	**Actividad** (2)	**Procedimiento** (2)	**Intervalo máximo**
Componentes generales (3)	Otros (3)	601	601.07	1 año
		605	605.07	4 años
			605.08	4 años
Superestructura [400] [405]	Tablero **[40001]** Elementos principales **[40501]**	606	606.07	5 años
			606.08	5 años
		607	607.07	5 años
			607.08	5 años
		620	620.07	12 años
Superestructura [403] [406] [409] [410] [411] [412] Subestructura [500]	Elementos principales **[40301] [40601] [40901] [41001] [41101] [41201]** Torres **[50008]**	613	613.07	10 años
			613.08 (4)	10 años
Accesorios [100]	Juntas de expansión **[10001]**	609	609.08	6 años
			609.09	10 años
	Superficie de desgaste del puente **[10004]**	612	612.08	12 años
Subestructura [500]	Apoyos **[50006]**	610	610.07	4 años
			610.08	4 años
			610.09	10 años

Notas:

Tabla 9.4. Intervalos recomendados para actividades y procedimientos de mantenimiento cíclico.

Componente (1)	Elemento (1)	Actividad (2)	Procedimiento (2)	Intervalo máximo

(1) Ver descripción de códigos de componentes y elementos en Tabla 6.1 del MP-2024 Tomo I.
(2) Ver descripción de actividad o procedimiento según códigos en Tabla 9.3 del MP-2024 Tomo I.
(3) Ver listado de componentes y elementos aplicables en descripción de alcances respectivos en CP-2024.
(4) Procedimiento de mantenimiento debe ser programado de manera cíclica únicamente para elementos de alta exposición ambiental, correspondientes a: elementos estructurales de acero dentro de una distancia horizontal de 3 m a partir de las juntas de expansión, elementos de acero adyacentes a la carretera en una distancia vertical de 6 m de la calzada, y almas y alas inferiores de las vigas del costado del puente.

A pesar de que en la Tabla 9.4, se sugieren intervalos máximos para la programación y ejecución de las actividades de mantenimiento cíclico, la *Organización* puede evaluar la posibilidad de modificarlos de acuerdo con el presupuesto disponible, la evaluación del comportamiento de la estructura y la atención de emergencias. Lo anterior, implica que posterior a una inspección o evaluación de la estructura, se puede sugerir que se realice de manera anticipada una actividad de mantenimiento cíclico, o de manera contraria, sugerir que se posponga la acción de conservación, en cuyo caso y debido a la importancia y costo-efectividad de la conservación, se deberá justificar adecuadamente y guardarse de forma accesible en el archivo del puente.

Las reglas para las actividades de mantenimiento basado en la condición o rehabilitación menor deben plantearse de forma tal que puedan asociarse a los resultados de la *Inspección rutinaria*, considerando los distintos aspectos a evaluar para los elementos del puente (según Apéndice B del MP-2024 Tomo I), con los posibles procedimientos de mantenimiento aplicables. Asimismo, con el objetivo de asegurar la costo-efectividad de la actividad de mantenimiento, deberán considerarse las posibles condiciones resultantes del elemento (según Apéndice F del MP-2024 Tomo I), para asociar los procedimientos de mantenimiento.

En la Tabla 9.5 se presenta, a manera de ejemplo, la forma en la que deben plantearse las actividades de mantenimiento basado en la condición, en este caso, cuando se identifique movimiento en apoyos expansivos. Sera responsabilidad de la *Organización* realizar, para cada uno de los aspectos a evaluar durante la *Inspección rutinaria*, la asociación de los procedimientos de conservación aplicables, considerando lo mencionado en el presente inciso y en la Tabla 9.5.

Para mayor información sobre reglas para aplicar actividades de mantenimiento basado en la condición o rehabilitación menor se puede consultar la referencia *AASHTO Guide to Bridge Preservation Actions 1° ed* (AASHTO, 2021), donde aparecen rangos de severidad y extensión donde se considera efectivo aplicar las actividades de mantenimiento de puentes plateadas en esa referencia. La *Organización podrá* realizar una comparación entre las actividades de mantenimiento que se incluyen en la referencia (AASHTO, 2021) y las que se definen en este capítulo para poder aplicar las reglas que mejor se ajusten a las necesidades de la infraestructura y condiciones del proyecto.

Tabla 9.5. Ejemplo de planteamiento de reglas para las actividades y el procedimiento de mantenimiento basado en la condición, según condición de deficiencia.

Aspecto a evaluar (1)	**Severidad del aspecto** (1)	**Descripción** (1)	**Posibles condiciones resultantes del elemento** (2)	**Código de procedimientos de mantenimiento aplicable**
Movimiento en Apoyos **[50006]**	1 Buena	No existe limitación al movimiento de los apoyos.	1 Satisfacoria	Mantenimiento cíclico(3)
	2 Regular	Existe una restricción menor de movimiento. Se requiere limpiar y lubricar los apoyos.	1 Satisfactoria	Mantenimiento cíclico(3)
			2 Aceptable	Mantenimiento cíclico(3)
			3 Regular	610.07 / 610.08 (4)
	3 Deficiente	Los apoyos tienen una restricción de movimiento, pero no requiere una evaluación estructural. Se requiere la limpieza y lubricación de los apoyos. Se requiere el acomodo o reparación de los apoyos.	3 Regular	610.07 / 610.08 / 610.10 (4)
			4 Deficiente	610.07 / 610.08 / 610.10 (4) (Rehabilitación menor)
	4 Grave	Se requiere recolocar, reparar o reemplazar los apoyos. Se requiere una evaluación estructural.	3 Regular	610.07 / 610.08 / 610.10 / 610.12 (4)
			4 Deficiente	610.07 / 610.08 / 610.10 (4) (Rehabilitación menor)
			5 Alarmante	Rehabilitación mayor (5)

Notas:

(1) Aspectos, severidad y descripción de las severidades a evaluar en *Inspección rutinaria* para los elementos Apoyos **[50007]** según Apéndice B del MP-2024 Tomo I.

(2) Las posibles condiciones resultantes del elemento Apoyo **[50007]** para el aspecto evaluado según se explica en Capítulo 8 y en Apéndice F del MP-2024 Tomo I.

(3) Ver Tabla 9.4 para procedimientos de mantenimiento cíclico aplicables.

(4) Ver descripción de procedimiento según códigos en Tabla 9.3.

(5) La rehabilitación mayor es una actividad que no está incluida en los procedimientos especificados el MP-2024 Tomo I.

9.4.3.4 Indicadores de desempeño

Los indicadores de desempeño corresponden a la métrica a través de la cual, es posible medir el cumplimiento de los objetivos del programa de mantenimiento y por lo tanto la eficiencia del mismo en el uso de los recursos. La *Organización* debe establecer un indicador por cada uno de los objetivos que hayan sido planteados. En la Tabla 9.6 se muestran, a manera de ejemplo, los indicadores de desempeño asociados a los objetivos presentados en la Tabla 9.2 del MP-2024 Tomo I. El planteamiento de estos indicadores de desempeño, corresponde a una adaptación del planteamiento que se presenta en "*WisDOT Bridge Manual*" (WisDOT, 2019).

Tabla 9.6. Ejemplo de planteamiento de indicadores de desempeño para cumplimiento de objetivos.

Tipo de Objetivo	Descripción de Objetivo	Indicador de desempeño
Condición global del puente	Mantener el ___% (1) de los puentes en una condición global aceptable o mejor (clasificación global de puentes de 2(3) o menos).	Porcentaje real de puentes en condición aceptable o mejor (clasificación global de puentes de 2(3) o menos).
Condición de elemento	Mantener el ___% (1) de *(componente o elemento del puente)* (2) de los puentes en una condición aceptable o mejor (clasificación de condición de elementos de 2(3) o menos).	Porcentaje real de (*componente o elemento del puente*) del puente en condición aceptable o mejor (clasificación de condición de elementos de 2(3) o menos).

Notas:
(1) La *Organización* debe completar los porcentajes correspondientes para ambos objetivos.
(2) La *Organización* debe establecer cuáles serán los componentes o elementos que serán incluidos en los objetivos del programa de conservación. Los componentes o elementos deben establecerse según la Tabla 6.1 del MP-2024 Tomo I.
(3) Según lo indicado en el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I.

9.4.3.5 Inventario y evaluación de la condición

El inventario de puentes es un insumo de gran importancia dentro de los programas de mantenimiento, por lo que el mismo debe conformarse a través de la realización de las *Inspecciones de inventario*, según se indica en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I. Asimismo, deben realizarse las *Inspecciones rutinarias* (ver Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I), a través de las cuales los inspectores evalúan distintos aspectos, e identifican las principales deficiencias de los distintos componentes y elementos del puente. Los resultados obtenidos durante las *Inspecciones rutinarias* son utilizados para determinar la condición de los elementos, componentes y por último la condición global del puente. Además, esta información generada a través del programa de inspección se convierte en un insumo importante para la priorización de

las acciones de intervención en puentes (ver Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I) y finalmente para determinar, a través de las reglas explicadas en el Inciso 9.4.3.3 del MP-2024 Tomo I, las acciones de mantenimiento que serán aplicables.

9.4.3.6 Planificación, presupuestación y creación de proyectos

El programa de mantenimiento debe tener una metodología establecida para poder realizar, según un presupuesto definido en concordancia con los otros programas, una priorización de las necesidades de mantenimiento a nivel de toda la red de activos, que derive en los proyectos de conservación a ejecutar. En el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I, se profundiza en los procedimientos para realizar la determinación de la condición y la priorización de necesidades de intervención, tanto de mantenimiento como de rehabilitación mayor o de reconstrucción (sustitución), en puentes existentes.

Dentro de dicha metodología de priorización, es altamente recomendado utilizar como herramienta los análisis de costos de ciclo de vida (LCCA por sus siglas en inglés para "*Life-cycle cost analysis*"), con el objetivo de realizar un análisis económico integral comparativo de distintos escenarios de intervención, a lo largo de la vida de servicio de los puentes, tanto a nivel de red como de proyectos. Estos análisis pueden complementarse con el uso de curvas de deterioro o de pronóstico de la condición, en las cuales se presenta la disminución de la condición de los elementos del puente en función del tiempo; para el desarrollo de estas curvas de deterioro debe contarse con una base de datos extensa, en la cual se obtenga la condición real de cada uno de los elementos del puente a través de múltiples inspecciones rutinarias en el tiempo. Finalmente, por medio del monitoreo de los indicadores de desempeño, las curvas de deterioro se pueden complementar con la determinación de la eficacia de las acciones de mantenimiento, para poder predecir qué tan efectiva puede resultar una acción en un elemento, dada su condición.

Una vez que las necesidades de mantenimiento que serán atendidas son definidas, debe realizarse la planificación de agrupación de los proyectos. La agrupación de los proyectos de intervención de puentes tiene como objetivo principal la optimización del uso de recursos (humano, económico y de tiempo), a través de criterios que permiten elaborar proyectos y planes de trabajo, ya sea que por medio de contrataciones específicas o a través de trabajos de contratos por tiempos definidos. Algunos de los criterios que deben ser tomados en cuenta para la agrupación de intervenciones de puentes, se muestran a continuación (FHWA, 2019).

- Ubicación geográfica y proximidad: Permite reducir los costos de movilización y optimizar las cuadrillas de trabajo. Adicionalmente, para la *Organización* podría ser más conveniente realizar el control y la verificación del cumplimiento de las distintas actividades de acuerdo con los objetivos de los proyectos que se encuentren en una misma ubicación.
- Tipo de ruta, geometría, tráfico y zonas de trabajo: Permite optimizar costos de las intervenciones al utilizar zonas de control del tránsito con la misma configuración.
- Tamaño del puente y tipo de puente: Permite homogenizar los diseños, en los casos en los

que son requeridos, de los trabajos a realizar. Asimismo, podrían utilizarse los mismos métodos de acceso, herramientas y materiales para los distintos puentes.

- Similitudes entre trabajos requeridos: Permite optimizar el uso de las herramientas y materiales, así como la disminución de los tiempos de trabajo, y en caso de ser necesario, de las curvas de aprendizaje.
- Requerimiento de permisos: En ocasiones, deben agruparse los proyectos que requieren de permisos de trabajo especiales para ser llevados a cabo, como los proyectos que requieren permisos ambientales específicos. Otro enfoque es agruparlos por la complejidad que puedan requerir estos permisos, por lo que se podría empezar por los más simples para dar tiempo a los más complejos de que se concreten.

Finalmente, en la Sección 9.6 del MP-2024 Tomo I se presenta el registro *CV-AS. Formularios de actividades de conservación solicitadas*, el cual debe ser utilizado por el responsable de definir las necesidades de mantenimiento, según la *Organización* lo defina, posterior a la revisión de los resultados de la *Inspección rutinaria*.

9.4.3.7 Implementación de proyectos

Una vez finalizada la planificación para la determinación de las necesidades de mantenimiento que serán atendidas, se inicia con el proceso de implementación de las mismas. Previo a la ejecución de cualquier actividad de mantenimiento, se deben revisar los procedimientos correspondientes en las *Especificaciones Generales para el Mantenimiento de Puentes_CP-2024* (ver Sección 9.7 del MP-2024 Tomo I) o seguir un procedimiento distinto que sea previamente aprobado por la *Organización*.

Durante la ejecución del proyecto de mantenimiento, se debe realizar el seguimiento y control, para garantizar que las actividades se estén realizando de acuerdo con la planificación y controles de calidad establecidos. Asimismo, se debe verificar que las actividades de mantenimiento sean realizadas en el tiempo definido y con los recursos asignados. En el CP-2024 se incluyen, para las distintas actividades, los criterios mínimos para el control y aseguramiento de la calidad. Será responsabilidad de la *Organización* determinar sí, para el proyecto de mantenimento a ejecutar, se deberán establecer criterios adicionales a los establecidos en el CP-2024 para el control y aseguramiento de la calidad, principalmente cuando se trate de actividades de rehabilitación menor.

En la Sección 9.6 del MP-2024 Tomo I se presentan los registros *CV-AR. Formularios de actividades de conservación realizadas*, *CV-HC. Registro histórico de actividades de mantenimiento cíclico* y *CV-HB. Registro histórico de actividades de mantenimiento basado en la condición,* los cuales deben ser completados por el responsable de la ejecución de los proyectos de conservación una vez las actividades sean realizadas.

9.4.3.8 Medición de desempeño y evaluación de beneficios

Una vez completado el proyecto de mantenmiento, se debe realizar una revisión del cumplimiento de los objetivos del programa, utilizando los indicadores de desempeño previamente establecidos (ver Inciso 9.4.3.4 del MP-2024 Tomo I). Adicional al cumplimiento de los objetivos, se debe verificar si los objetivos planteados son efectivos para el cumplimiento de las metas del programa. Como la meta general del programa de mantenimiento es extender la vida de servicio y retrasar la necesidad de recurrir a la rehabilitación mayor o la reconstrucción (sustitución) en los puentes, se debe evaluar lo siguiente:

- Retraso de necesidad de recurrir a rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) del puente: Se debe cuantificar con el transcurso del tiempo, la disminución de las necesidades de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) del puente. Para lograr lo anterior, es necesario, según la evaluación de la condición global del puente (ver Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I), determinar si existe una reducción de los puentes en una condición global deficiente o inferior (condición global de 4 o mayor) con respecto a los años anteriores y un incremento de los puentes en condición regular o superior (condición global de 3 o menor).
- Evaluación de extensión de vida de servicio: Se debe contar con curvas de predicción del deterioro, a través de las cuales se pueda realizar la comparación de la vida real obtenida contra la predicción de la vida de servicio sin aplicar mantenimiento. Para representar esquemáticamente esta evaluación, en la Figura 9.4 se puede observar la extensión de la vida de servicio hipotética del puente bajo un programa de mantenimiento (línea continua), contra el mismo, pero sin la aplicación de las acciones de mantenimiento (línea punteada). También es posible observar la recomendación planteada en la Sección 9.2 del MP-2024 Tomo I, en donde se indica que para asegurar la costo-efectividad de las actividades de mantenimiento, estas deben aplicarse a puentes que se encuentre en condición Regular o superior (clasificación global de puentes igual o menor a 3 según Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I; ver además la Tabla 9.1).

Los resultados de un proyecto de mantenimiento, incluyendo la efectividad de las actividades de conservación que fueron realizadas, son normalmente identificados y cuantificados hasta el siguiente ciclo de *Inspección rutinaria*. Debido a lo anterior, para la evaluación de las medidas planteadas para la identificación de los beneficios del programa de conservación, es necesario el transcurso de varios ciclos de *Inspección rutinaria* y la continuidad del programa de conservación (FHWA, 2018).

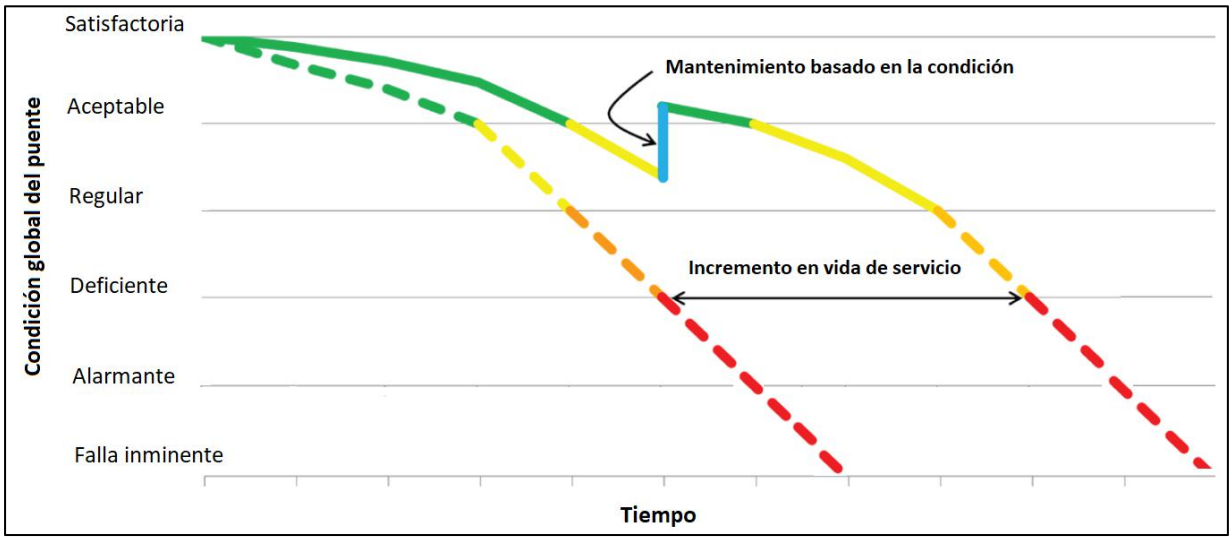


Figura 9.4. Curvas hipotéticas del incremento en vida de servicio del puente con la aplicación de mantenimiento cíclico y basado en la condición.

Fuente: Adaptado de FHWA, 2018

9.4.3.9 Reportar y mejorar

El último paso dentro de la ejecución del programa de mantenimiento en un enfoque basado en el desempeño, corresponde en reportar, tanto a los encargados de realizar la planificación estratégica como a los usuarios del sistema de transporte, los resultados que fueron obtenidos del proyecto. Es importante mencionar que la información debe ser presentada de forma tal que sea correcta y fácilmente interpretada por el usuario final, y que al mismo tiempo despierte su interés. Se recomienda para este fin, el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG), en combinación con ambientes web y tableros operacionales ("*operational dashboards*" como se conoce en inglés).

Con el objetivo de realizar una mejora continua del programa de mantenimiento, se deben analizar los resultados en función de una comparación entre los objetivos planteados del programa y los resultados reales obtenidos cuantificados mediante los indicadores de desempeño. Adicionalmente, se debe evaluar la efectividad de los objetivos para el cumplimiento de la meta general del programa, mediante la cuantificación de los beneficios según se explicó en el paso anterior, y realizar las modificaciones que sean necesarias para mejorar el programa de mantenimiento.

Según los resultados obtenidos, se debe evaluar la posibilidad de destinar más fondos al programa de mantenimiento. Por ejemplo, la obtención de resultados muy positivos y su adecuada divulgación, justifica la solicitud de mayor inversión, pero también se podría dar el

caso de un programa en donde no se obtengan los resultados deseados, pero se demuestre que la razón son recursos insuficientes.

9.5 Costos para la planificación de la conservación

Con el objetivo de que las actividades de conservación puedan ser gestionadas adecuadamente, se introduce el concepto de costo por unidad de planificación. Estas unidades corresponden a una única unidad de medida (área, longitud, cantidad, entre otros), asociada a cada uno de los procedimientos de conservación establecidos por la *Organización*. Las unidades de planificación deben ser fácilmente identificables y cuantificables por el encargado de determinar las necesidades de conservación. Para las actividades de rehabilitación, que son parte de la conservación de puentes existentes y que no están cubiertas por este tomo del Manual, es necesario que la *Organización* establezca las respectivas unidades de planificación. En los siguientes apartados se muestra la determinación de unidades de planificación para las actividades de mantenimiento de puentes.

Según se menciona en el Apartado 2.4.3 del MP-2024 Tomo I, la *Organización* deberá mantener una base de datos que incluya los costos unitarios de todos los procedimientos de conservación finalizados, reportados y aprobados. Para consolidar esta base de datos, deberán utilizarse las unidades de planificación, las cuales deberán ser asociadas a un único costo unitario global, que incluye los costos directos (equipo, mano de obra, materiales), indirectos, administrativos, imprevistos y utilidades de todos los procedimientos de las distintas actividades.

El histórico de los costos unitarios de las distintas actividades de conservación, deberá ser utilizado como mínimo por la *Organización* para las siguientes funciones relacionadas con el proceso de gestión de puentes (ver Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I):

- Identificar el costo total de las necesidades de conservación de la red de activos o de proyectos específicos sin restricción presupuestaria.
- Elaborar presupuestos de conservación y proyecciones de costos.
- Priorizar actividades de conservación a ejecutar con restricción presupuestaria.
- Elaborar proyectos de conservación, de acuerdo con los criterios para la agrupación de proyectos de conservación, según se indica en Inciso 9.4.3.6 del MP-2024 Tomo I.

En la Tabla 9.7 se presentan las unidades de planificación para determinar el costo unitario de cada una de las actividades de mantenimiento que se incluyen en las *Especificaciones Generales para el Mantenimiento de Puentes_CP-2024* (ver Apéndice D del MP-2024 Tomo I).

Tabla 9.7. Unidades de planificación para procedimientos de actividades de mantenimiento.

Actividad de mantenimiento		Procedimiento		
Sección	**Descripción**	**Subsección**	**Descripción**	**Unidades de planificación**
601	*Limpieza general de puentes*	601.07	Limpieza de puentes a nivel de losa o tablero	m^2
602	*Limpieza de cauces en puentes*	602.07	Limpieza de cauces en puentes	m^2
603	*Reparación parcial o total de sistemas de contención vehicular y barandas peatonales*	603.07	Sustitución piezas faltantes o reposición de piezas con daños estructurales en concreto	ml
		603.08	Reparación de piezas con deterioros no estructurales en concreto	ml
		603.09	Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en acero	ud
		603.10	Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en acero	ml
		603.11	Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en madera	ud
		603.12	Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en madera	ml
		603.13	Sustitución o reposición de piezas de sujeción en aluminio	ud
		603.14	Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en aluminio	ml
604	*Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje*	604.07	Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas o faltantes	ud
		604.08	Instalación de nuevo sumidero en losa	ud
		604.09	Reparación o construcción de drenajes longitudinales y transversales, bordillos o canaletas	ml
		604.10	Reemplazo o colocación de tubos de extensión de descarga vertical	ml
		604.11	Colocación de drenajes horizontales a lo largo de muros de retención	ml
605	*Limpieza de superficies de puentes con agua a presión*	605.07	Limpieza con agua a presión de superficies de concreto	m^2
		605.08	Limpieza con agua a presión de superficies de acero	m^2
606	*Limpieza y sellado de*	606.07	Sellado de grietas mediante inyección	ml

Tabla 9.7. Unidades de planificación para procedimientos de actividades de mantenimiento.

Actividad de mantenimiento		Procedimiento		
Sección	**Descripción**	**Subsección**	**Descripción**	**Unidades de planificación**
	grietas en elementos de concreto	606.08	Sellado de grietas mediante relleno por gravedad	m^2
607	*Reparación superficial de elementos de concreto*	607.07	Reparación de superficie tipo I	m^2
		607.08	Reparación de superficie tipo II	m^2
		607.09	Reparación de superficie tipo III	m^2
608	*Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo*	608.07	Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes	m^2
609	*Reemplazo de juntas de expansión*	609.07	Reemplazo de juntas abiertas	ml
		609.08	Reemplazo de juntas elastoméricas coladas	ml
		609.09	Reemplazo de juntas con sellos comprimidos de neopreno	ml
		609.10	Reemplazo de juntas continuas de perfil de acero	ml
		609.11	Reemplazo de juntas de placas dentadas	ml
		609.12	Reemplazo de juntas asfálticas	ml
		609.13	Reemplazo de juntas especiales	ml
610	*Mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo*	610.07	Limpieza de apoyos	ml
		610.08	Lubricación de apoyos metálicos	ud
		610.09	Pintura de apoyos metálicos	ud
		610.10	Realineamiento de apoyos	ud
		610.11	Reemplazo parcial (tornillería y piezas de acero de soporte)	ud
		610.12	Reemplazo total de apoyos	ud
		610.13	Mantenimiento o reemplazo de dispositivos o apoyos especiales	ud
611	*Reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico*	611.07	Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico	m^2
		611.08	Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto hidráulico	ml
612	*Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico*	612.07	Reparación parcial de superficie de desgaste de concreto asfáltico	m^2
		612.08	Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico	m^2

Tabla 9.7. Unidades de planificación para procedimientos de actividades de mantenimiento.

Actividad de mantenimiento		Procedimiento		
Sección	**Descripción**	**Subsección**	**Descripción**	**Unidades de planificación**
		612.09	Limpieza y sellado de grietas de superficie de desgaste	ml
613	*Preparación y protección de superficies y elementos de puentes*	613.07	Pintura puntual de superficies metálicas	m^2
		613.08	Pintura parcial o por zona de superficies metálicas	m^2
		613.09	Sobrecapa de pintura de superficies metálicas	m^2
		613.10	Pintura de superficies galvanizadas	m^2
		613.11	Pintura de superficies de concreto	m^2
		613.12	Pintura de superficies de madera	m^2
		613.13	Preservantes en superficies de madera	m^2
		613.14	Fumigación de elementos de madera	m^2
614	*Retiro y reposición de pernos de alta resistencia*	614.07	Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	ud
615	*Reparación o reposición de elementos de puentes de acero*	615.07	Reposición de elementos de acero	ml
		615.08	Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto	ud
		615.09	Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas con pernos de alta resistencia	ml
		615.10	Reparación de elementos de acero con corrosión mediante reposición parcial del elemento	ml
616	*Restitución del contacto suelo-cimentación*	616.07	Restitución del contacto suelo-cimentación en seco	m^3
		616.08	Restitución del contacto suelo-cimentación bajo agua mediante bolsas rellenas de lechada	m^3
617	*Protección de riberas*	617.07	Protección de riberas mediante gaviones	m^2
		617.08	Protección de riberas mediante colchones para revestimiento	m^2
		617.09	Protección de riberas mediante enrocados	m^2

Tabla 9.7. Unidades de planificación para procedimientos de actividades de mantenimiento.

Actividad de mantenimiento		Procedimiento		
Sección	**Descripción**	**Subsección**	**Descripción**	**Unidades de planificación**
			(escolleras)	
		617.10	Protección de riberas mediante concreto ciclópeo	m^2
		617.11	Protección de riberas mediante zampeados	m^2
		617.12	Protección de riberas mediante revestimientos de sacos de suelo	m^2
		617.13	Protección de riberas mediante revestimientos de colchones industriales	m^2
		617.14	Protección de riberas mediante revestimientos de hiladas de bloques de concreto	m^2
618	*Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes*	618.07	Reparación o reposición de elementos de madera	ml
		618.08	Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios	ud
619	*Reparación de muros de contención y/o de refuerzo*	619.07	Reparación de muro de contención en concreto ciclópeo	m^2
		619.08	Reparación de muro de mampostería	m^2
		619.09	Reparación de muro en gaviones	m^2
		619.10	Reparación de muro de contención modular	m^2
		619.11	Reparación de muro de contención de concreto reforzado	m^2
		619.12	Reparación de muro claveteado (cosido)	m^2
620	Impermeabilización de superficies de concreto	620.07	Impermeabilización mediante sistemas de membranas con superficie de desgaste de concreto asfáltico	m^2
		620.08	Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico	m^2
621	Reposición del nivel de rasante de superficie de grava en accesos	621.07	Reposición parcial de superficie en grava	m^2
622	Colocación de sobrecapa	622.07	Retiro de sobrecapas de	m^2

Tabla 9.7. Unidades de planificación para procedimientos de actividades de mantenimiento.

Actividad de mantenimiento		Procedimiento		
Sección	**Descripción**	**Subsección**	**Descripción**	**Unidades de planificación**
	de concreto asfáltico		concreto asfáltico existente	
		622.08	Colocación de sobrecapas de concreto asfáltico	m^2
623	Reparación superficial de elementos de concreto presforzado	623.07	Reparación superficial de concreto presforzado	m^2

9.6 Procedimiento y formularios de conservación

El procedimiento de conservación consiste en el llenado de los formularios de conservación que se introducen en la presente sección, siendo este procedimiento consecuente con lo indicado en el Inciso 9.4.3.6 y el Inciso 9.4.3.7 del MP-2024 Tomo I, los cuales se encuentran relacionados con la planificación, presupuestación y creación de proyectos y la implementación del proyecto de mantenimiento respectivamente. Se debe mencionar que, aunque estos formularios son introducidos en esta sección, la descripción de la información que debe ser registrada a través de éstos y la forma en cómo hacerlo, se explica en detalle en el Apéndice C del MP-2024 Tomo I correspondiente a la *Guía de uso de formularios de conservación*. Estos formularios pueden adaptarse a actividades de rehabilitación (menor o mayor) de puentes, aunque están enfocados en las actividades de mantenimiento establecidas en el CP-2024

Con el objetivo de que se pueda realizar una gestión efectiva de la conservación de puentes, es necesario que las distintas actividades y tareas que se realizan queden documentadas y que toda la información de conservación sea almacenada en la base de datos del Sistema de Gestión de Puentes, o archivo del puente, según lo indicado en la Sección 2.4 del MP-2024 Tomo I. Para llevar a cabo lo mencionado anteriormente, se presentan las cuatro categorías en que son agrupados los formularios de conservación a continuación:

- CV-AS. Formularios de actividades de conservación solicitadas: Formularios en los cuales se registran las necesidades de conservación (acciones y procedimientos) que hayan sido identificadas, creando el inventario de necesidades de conservación del puente. Estos formularios deberán ser completados por el responsable de definir las necesidades de conservación, según la *Organización* lo defina, posterior a la revisión de los resultados de la *Inspección rutinaria* recopilados en los formularos descritos en el Apartado 6.4.2 del MP-2024 Tomo I. Según se puede observar en el Apéndice C del MP-2024 Tomo I, en estos formularios identifican para los distintos componentes y elementos, los procedimientos de conservación que deben ser ejecutados, así como la

cantidad aproximada de la intervención requerida según las unidades de planificación ya establecidas. Dichos formularios tienen como objetivo principal que se reporten actividades de mantenimiento basado en la condición; sin embargo, se incluyen también las actividades de mantenimiento cíclico en caso de que, a través de los resultados de la inspección, se detecte la necesidad de adelantar alguna de estas actividades. Es posible que la *Organización* requiera esta documentación en actividades de rehabilitación, por lo cual los formularios pueden ser ampliados para agregar estas actividades en los respectivos pliegos de condiciones para contratación.

- CV-AR. Formularios de actividades de conservación realizadas: Formularios en los cuales se registran las actividades de conservación que ya fueron realizadas. Estos formularios deben ser completados por el ingeniero responsable de ejecutar la conservación del puente una vez que las distintas actividades fueron realizadas. Según se puede observar en el Apéndice C del MP-2024 Tomo I, en los formularios se identifican para los distintos componentes y elementos, las actividades y procedimientos de conservación que fueron realizadas, así como la cantidad de trabajo final que fue realizado según la unidad de planificación ya establecida, incluyendo también el costo unitario final y el costo total final del trabajo de conservación. La información recopilada en estos formularios, deberá ser utilizada para consolidar la base de datos de costos de conservación según se indica en la Sección 2.4 del MP-2024 Tomo I. Es posible que la *Organización* requiera esta documentación en actividades de rehabilitación, por lo cual los formularios pueden ser ampliados para agregar estas actividades en los respectivos pliegos de condiciones para contratación.

- CV-HC. Registro histórico de actividades de mantenimiento cíclico: Formulario en el cual se registra, desde la construcción y puesta en operación del puente, todas las actividades de mantenimiento cíclico que han sido llevadas a cabo. Este formulario debe ser constantemente actualizado por el ingeniero responsable de la conservación una vez que las distintas actividades fueron completadas. Como se puede observar en el Apéndice C del MP-2024 Tomo I, en el formulario se identifica la fecha planificada para la tarea de conservación según el intervalo máximo establecido, y la fecha en la que la tarea fue completada, evidenciando el número de reporte de *CV-AR. Formularios de actividades de conservación realizadas* bajo el cual fueron realizadas las actividades.

- CV-HB. Registro histórico de actividades de mantenimiento basado en la condición: Formularios en los cuales se registra, desde la construcción y puesta en operación del puente, todas las actividades de mantenimiento basado en la condición que han sido llevadas a cabo. Estos formularios deben ser constantemente actualizados por el ingeniero responsable de la conservación una vez que las distintas actividades fueron completadas. Como se puede observar en el Apéndice C del MP-2024 Tomo I, en los formularios se identifica la fecha solicitada para la tarea de conservación, así como el número de reporte del formulario *CV-AS. Formularios de actividades de conservación solicitadas* y la fecha en la que la tarea fue completada, evidenciando el número de

reporte de *CV-AR. Formularios de actividades de conservación realizadas.* Es posible que la *Organización* requiera esta documentación en actividades de rehabilitación, por lo cual los formularios pueden ser ampliados para agregar estas actividades en los respectivos pliegos de condiciones para contratación.

9.7 Especificaciones generales para la conservación de puentes

En el Apéndice D del MP-2024 Tomo I, se presentan las *Especificaciones Generales para el Mantenimiento de Puentes_CP-2024*, las cuales remplazan a las especificaciones incluidas en el Capítulo 6 del *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes_MCV-2015* (MOPT, 2015). Dado lo anterior, el Capítulo 6 del MCV-2015 quedará reservado. Las nuevas especificaciones deben ser aplicadas a todos los proyectos de conservación de puentes que sean ejecutados por las distintas Organizaciones, a no ser que se demuestre que pueden ser aplicados procedimientos equivalentes, los cuales deberán ser debidamente aprobados por la *Organización* respectiva.

Como se mencionó en el Apartado 9.3.4 del MP-2024 Tomo I, la rehabilitación menor de puentes considera una aplicación extensiva de actividades de mantenimiento basado en la condición, cuando un elemento, componente o el puente de forma global alcanzó una condición de 4 - Deficiente. Por esta razón, las especificaciones del Apéndice D del MP-2024 Tomo I son aplicables a la rehabilitación menor de puentes.

El CP-2024 actualmente contiene solo actividades del programa de mantenimiento, sea este cíclico o basado en la condición. No se descarta que, en futuras actualizaciones de esta especificación, se incluyan nuevos procedimientos dentro de las actividades ya contempladas o inclusive nuevas actividades de conservación, tanto de mantenimiento cíclico o basado en la condición como de rehabilitación menor y mayor.

9.8 Capacitación

El objetivo principal de los cursos de capacitación en materia de conservación de puentes, es presentar y diseminar los respectivos fundamentos que deben ser conocidos por los responsables de la gestión de puentes, inspectores de puentes y por los responsables de la ejecución de las actividades de conservación. A continuación, se enlistan las temáticas que deben abarcar los cursos relacionados con las labores de conservación de puentes, realizando una distinción entre la temática de los cursos enfocados a gestión, inspección y ejecución del programa de conservación. En cada caso se muestra el tema y de manera general los contenidos.

9.8.1 Temáticas de cursos enfocados a gestión de conservación de puentes

a. Fundamentos de conservación de puentes
   - Conceptos de conservación de puentes.
   - Identificación de beneficios de conservación por un lado, y de las consecuencias de la no conservación por el otro.
   - Tratamientos y estrategias comunes de conservación.
b. Establecimiento de un programa de conservación de puentes
   - Establecimiento de metas, objetivos y medidas de desempeño.
   - Determinación de la condición y evaluación de necesidades.
   - Elaboración de presupuesto y asignación de recursos.
   - Elaboración de planes de trabajo e implementación de estrategias.
   - Monitoreo del programa de conservación.

9.8.2 Temáticas de curso enfocado a inspección para la conservación de puentes

a. Determinación de las necesidades de conservación
   - Conceptos de conservación de puentes.
   - Tratamientos y estrategias comunes de conservación.
   - Identificación de necesidades de mantenimiento durante la inspección de puentes.
   - Selección de la mejor estrategia de conservación.
   - Reconocimiento de defectos que requieren una evaluación estructural detallada.

9.8.3 Temáticas de cursos enfocados a ejecución de conservación de puentes

a. Fundamentos para la ejecución de las tareas de conservación de puentes
   - Conceptos de conservación de puentes.
   - Clasificación de componentes, elementos asociados y comportamiento estructural básico de puentes.
   - Descripción del paso a paso de los procedimientos de las actividades de conservación en varios elementos de puentes.
   - Pasos involucrados para usar concreto como material de reparación.
   - Descripción de los sistemas de protección de superficies metálicas y prácticas actuales de pintura.
b. Supervisión de las tareas de conservación de puentes
   - Aplicación de técnicas de administración efectivas tales como planificación, monitoreo y reporte, durante las operaciones diarias de conservación.
   - Manejo e interpretación de presupuestos.
   - Manejo de la calidad y entregables según un cronograma.
   - Monitorear y controlar el tránsito para mantener una zona segura de trabajo.
   - Identificar y reportar riesgos relativos a la zona de trabajo y el trabajo a ejecutar.
   - Identificar y garantizar el cumplimiento de los requerimientos ambientales.

- Realización de monitoreo de proyectos y evaluación de avance.
- Comunicación con involucrados y contratistas.

9.9 Bibliografía

AASHTO. (2021). *Guide to Bridge Preservation Actions (1° ed.)*. Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Bowman, M. D., y Moran, L. M. (2015). *Bridge Preservation Treatments and Best Practices (Joint Transportation Research Program Publication n.° FHWA/IN/JTRP-2015/22).* Indiana: Purdue University.

FHWA. (2018). *Bridge Preservation Guide - Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility (Publication n.° FHWA-HIF-18-022).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

FHWA. (2019). *Bridge Bundling Guidebook-An Efficient and Effective Method for Maintaining and Improving Bridge Assets (Publication n.° FHWA-HIF-19-057).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

Ley de Creación del Consejo de Vialidad (CONAVI). (Ley n.° 7798, 1998). Costa Rica.

MnDOT. (2015). *Fiscal Year 2016 through 2020 Bridge Preservation and Improvement Guidelines.* Minnesota: Bridge Office, Minnesota Department of Transportation.

MOPT. (2015). *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes_MCV-2015.* San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Reforma Ley de Creación del Consejo de Vialidad (CONAVI). (Ley n.° 9484, 2017). Costa Rica.

WisDOT. (2019). *WisDOT Bridge Manual*. Wisconsin: Wisconsin Department of Transportation.

10

Evaluación de la capacidad y restricción de carga en puentes

10.1 Introducción.....10/3

10.2 Alcance de este capítulo.....10/5

10.3 Objetivos de la evaluación de capacidad de carga en puentes.....10/5

10.4 Razones para realizar una evaluación de capacidad de carga en puentes.....10/6

10.5 Responsabilidades de los encargados de realizar la evaluación de capacidad de carga. 10/8

10.5.1 Requisitos para el profesional responsable de realizar la evaluación de capacidad de carga.....10/9

10.5.2 Evaluación de capacidad de carga de puentes nuevos.....10/9

10.5.3 Control y aseguramiento de la calidad en la evaluación de la capacidad de carga 10/10

10.6 Métodos para evaluar la capacidad de carga en puentes.....10/12

10.6.1 Método a utilizar para evaluar la capacidad de carga.....10/13

10.6.2 Ecuación para obtener el factor de capacidad de carga (RF).....10/13

10.7 Procedimientos para calcular la resistencia nominal (R_n) o el esfuerzo admisible (f_R) de los elementos.....10/21

10.7.1 Puentes con información suficiente.....10/23

10.7.2 Puentes con información limitada o inexistente..... 10/24

10.7.3 Cálculo de resistencia nominal (R_n) o el esfuerzo admisible de servicio (fR) utilizando el Método A..... 10/25

10.7.4 Cálculo del esfuerzo admisible (f_R) utilizando el Método B..... 10/27

10.8 Procedimientos para la evaluación de la capacidad de carga en puentes..... 10/28

10.8.1 Método A..... 10/30

10.8.2 Método B..... 10/35

10.9 Evaluación por fatiga para puentes de acero..... 10/37

10.10 Restricción de la carga vehicular..... 10/38

10.10.1 Restricción de la carga vehicular con el Método A..... 10/38

10.10.2 Restricción de la carga vehicular con el Método B..... 10/39

10.10.3 Señalización vertical para advertir sobre una restricción de carga..... 10/40

10.10.4 Otras señales verticales relacionadas con la restricción de carga en los puentes..... 10/43

10.10.5 Reducción de la velocidad de tránsito en el puente..... 10/44

10.11 Bibliografía..... 10/45

10.1 Introducción

La evaluación de capacidad de carga es un estudio especial realizado a criterio de la Administración, para determinar la capacidad de soportar carga viva vehicular de un puente existente (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2018).

Esta evaluación refleja la capacidad actual de un puente en servicio, considerando varios factores como: la condición actual de la estructura y los cambios en la carga a lo largo del tiempo, proporcionando una base para determinar la capacidad de carga segura de un puente.

Como parte de este proceso, se realizan cálculos ingenieriles para determinar un factor de capacidad de carga (RF por sus siglas en inglés para "*Rating Factor*"). En términos generales, si el RF es mayor o igual que 1 significa que los elementos del puente tienen capacidad suficiente para soportar la circulación de vehículos pesados. Si el RF es menor que 1, implica que los elementos del puente no tienen capacidad suficiente para soportar la circulación de vehículos pesados y puede ser necesaria la colocación de restricciones de carga viva.

La evaluación de capacidad de carga viva en puentes se debe realizar utilizando la Sección 6 del manual *"The Manual for Bridge Evaluation"* de AASHTO (2018) (denominado de aquí en adelante como AASHTO MBE 2018). Se debe prestar especial atención a los artículos que se muestran en la Tabla 10.1. los cuales se modifican o complementan, por alguna de las disposiciones de este capítulo, con el fin de adaptarlas al contexto nacional. Los restantes artículos de AASHTO MBE 2018 que no se mencionan en el Tabla 10.1, aplican para la evaluación de capacidad de carga de puentes en Costa Rica, tal cual están escritos en esa publicación.

Tabla 10.1. Artículos de AASHTO MBE 2018 que se modifican o complementan en este capítulo.

Sección o Apartado de este capítulo	Artículos de AASHTO MBE 2018 que son modificados o complementados
10.2	1.5, 6.1, 6.1.5, 6.1.6
10.3	6.1
10.4	No aplica
10.5	6.1.2
10.5.1	6.1.8

Tabla 10.1. Artículos de AASHTO MBE 2018 que se modifican o complementan en este capítulo.

Sección o Apartado de este capítulo	Artículos de AASHTO MBE 2018 que son modificados o complementados
10.5.2	No aplica
10.5.3	No aplica
10.6	6.1.3
10.6.1	6.1
10.6.2	6A.1.5, 6A.4.2.1, Ecuación 6A.4.2.1-1, Ecuación 6A.4.2.1-2, Inecuación 6A.4.2.1-3, Ecuación 6A.4.2.1-4, 6A.4.2.3, Tabla 6A.4.2.3-1, Tabla C6A.4.2.3-1. 6B.2, 6B.4.1, Ecuación 6B.4.1-1.
10.7	6.1.4
10.7.1	6.1.4
10.7.2	6.1.4
10.7.3	6.1.4
10.8	6A.1.5 y 6B.2
10.8.1	6A.1.5, 6A.4.3.2, 6A.4.4.2, Tabla 6A.4.4.2.3a-1, 6A.4.4.3, 6A.4.5.1, 6A.4.5.3
10.8.2	6B.2.1, 6B.2.2, 6B.6.2.5, 6B.7.2, 6B.8.1, 6B.8.2, 6B.8.3 y 6B.8.4
10.9	6A.6.4.1, 7.2.5
10.10	6A.8 y 6B.7
10.10.1	6A.8.3
10.10.2	6B.7, 6B.7.2, Ecuación 6B4.1-2
10.10.3	No aplica
10.10.4	No aplica
10.10.5	6A.8.5, 6B.7.5

10.2 Alcance de este capítulo

Este capítulo solamente cubre la evaluación de capacidad y la restricción de carga vehicular de puentes, analizando principalmente los elementos de la superestructura, tal como lo establece AASHTO MBE 2018 en los Artículos 6.1 y 6.1.5. La *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como *Organización*) (ver Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I) debe establecer los criterios para la evaluación de otros elementos del puente, como son los elementos de la subestructura y de los apoyos. Para este propósito, la *Organización* puede considerar el uso de las especificaciones para diseño de puentes "*AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*" (AASHTO, 2020), denominada de aquí en adelante como AASHTO LRFD 2020.

La evaluación de capacidad de carga de puentes complejos, tales como, los que tienen superestructuras móviles, suspendidos, atirantados, con vigas curvas y con características inusuales en su forma estructural (ver Artículos 1.5 y 6.1.6 AASHTO MBE 2018), no se abordan específicamente en los procedimientos establecidos en el AASHTO MBE 2018 y en este capítulo, ya que puede involucrar análisis complejos, así como consideraciones y cargas adicionales. En este capítulo, también se considera como puente complejo a una estructura que cuentan con al menos una luz libre mayor que 150 m, según se especifica en los *Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes* (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos [CFIA], 2013). En la Sección 6 de AASHTO MBE 2018 y en este capítulo se brindan orientaciones generales para el análisis de estos puentes, sin embargo, los procedimientos para evaluar la capacidad de carga de puentes complejos, deben ser ampliados en los términos de referencia del pliego de condiciones de la contratación para la evaluación de capacidad de carga, con criterios o requisitos de evaluación adicionales que establezca la *Organización*.

Los métodos para la evaluación de puentes existentes ante eventos extremos como sismos, impacto por crecidas de ríos, vientos fuertes, colisiones vehiculares o fuego, no están incluidos en AASHTO MBE 2018 y no está dentro del alcance de este capítulo. Para la evaluación por sismos se deben seguir las disposiciones indicadas en los *Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes* (CFIA, 2013). Para la evaluación de puentes por otros eventos extremos diferentes a sismo, se deben seguir las especificaciones que establezca la *Organización* en los pliegos de condiciones de licitación para contratar estas evaluaciones.

10.3 Objetivos de la evaluación de capacidad de carga en puentes

El objetivo principal de una evaluación de capacidad de carga es obtener el factor de capacidad (RF) para los distintos elementos de la superestructura de un puente. El Artículo 6.1 de AASHTO MBE 2018 menciona algunos objetivos de la evaluación de capacidad de carga, que en esta sección son complementados y ampliados con recomendaciones de la referencia

Minnesota Department of Transportation [MnDOT], 2018). Estos objetivos son:

1. Determinar si el puente es seguro para la circulación de vehículos pesados.
2. Identificar, en caso de una insuficiente capacidad de carga, la necesidad de restringir la carga vehicular que puede circular sobre la estructura, mediante la colocación de rótulos en los accesos del puente informando de la carga vehicular máxima permitida.
3. Identificar la necesidad de reforzar el puente en caso de una insuficiente capacidad de carga.
4. Tomar decisiones sobre el otorgamiento de permisos de circulación de vehículos especiales, es decir, un vehículo que transporta cargas mayores que la carga viva legal que se permite en Costa Rica.

   Nota: Estos vehículos especiales pueden ser muy diferentes en tamaño, forma y peso con respecto a los especificados en el Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT denominado *Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga* (2003), los cuales, son los vehículos permitidos para transitar sin restricciones en Costa Rica. Además, estos vehículos pueden producir fuerzas internas en los elementos de los puentes, mayores a las que se obtienen con la carga viva del diseño original.
5. Agregar los resultados al sistema informático para gestión de puentes de la *Organización*, con el fin de mejorar la toma de decisiones en favor de una adecuada atención de las estructuras.

10.4 Razones para realizar una evaluación de capacidad de carga en puentes

AASHTO MBE 2018 no indica razones específicas para realizar una evaluación de la capacidad de carga en puentes. Por esto, se utilizan como base las razones que presenta MnDOT (2018), las cuales, fueron modificadas para adaptarlas al contexto nacional. Estas razones, que la *Organización* puede considerar para realizar evaluaciones de capacidad de carga, se presentan a continuación:

1. El puente es nuevo, siguiendo los requisitos para evaluación que se establecen en el Apartado 10.5.2 del MP-2024 Tomo I.
2. El puente existente no tiene registro previo de una evaluación de capacidad de carga viva.

3. Por recomendación de un inspector, cuando después de realizar una inspección de las descritas en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I, se encuentran daños en elementos del puente que hacen dudar de su resistencia estructural y capacidad de soportar carga viva.

   Nota: En el caso que se detecten elementos de la superestructura con degradación severa de la resistencia por pérdida de sección, no es necesario realizar de inmediato una evaluación de capacidad de carga viva del puente, sino hasta que el elemento o elementos dañados sean sustituidos o rehabilitados. Lo anterior, se debe a que la aplicabilidad y precisión de los resultados puede ser cuestionable en los cálculos para elementos con esta condición.

4. Existe evidencia (datos de tránsito) que muestran un aumento en la cantidad de vehículos pesados que transitan sobre un puente, que fue diseñado para una carga viva menor a la carga viva de diseño vigente. En estos casos es probable que se presente un aumento en el peso de la carga viva vehicular con respecto al peso de la carga viva de diseño especificada originalmente en los planos del puente.

5. Existe evidencia de un incremento en la carga muerta sobre el puente. Por ejemplo, cuando se coloca una sobrecapa asfáltica sobre el tablero, se construyen aceras vinculadas a la superestructura, se colocan estructuras de paso para servicios públicos vinculados a la estructura o se realiza un cambio en el tipo de barrera vehicular del puente.

6. Se realizaron trabajos de rehabilitación o trabajos de mantenimiento basado en la condición del puente que tengan efectos sobre el tablero o en los elementos estructurales primarios de la superestructura, o se realizó un cambio en las condiciones de apoyo de la superestructura.

7. Se produjo un cambio en la normativa nacional, que modifica los pesos vehiculares autorizados para circulación en la red vial nacional o en la red vial cantonal, los cuales están especificados en el Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT denominado *Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga* (2003).

8. Se requiere brindar permisos de circulación a vehículos especiales que van a transportar cargas mayores a la carga de diseño original del puente.

9. Por una solicitud expresa del MOPT, el CONAVI o la Municipalidad para realizar la evaluación de capacidad de carga.

10.5 Responsabilidades de los encargados de realizar la evaluación de capacidad de carga

La *Organización* es la responsable final de la evaluación de capacidad de carga de los puentes que tiene en su cargo, aunque, no necesariamente es la que debe llevarla a cabo. La evaluación de la capacidad de carga, está enmarcada dentro de las actividades de diseño y evaluación de puentes de una *Organización* (ver Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I), la cual, puede ser realizada por el personal de ingeniería de la misma organización o por profesionales contratados, a los cuales se les ha asignado la labor de realizar evaluaciones de grupos de puentes o de puentes individuales.

Esta evaluación de la capacidad de carga se debe realizar apoyándose en las *Inspecciones rutinarias* que permiten determinar la condición de los elementos del puente, como está estipulado en el Artículo 6.1.2 de AASHTO MBE 2018, el cual, se complementa con las disposiciones de esta sección.

La evaluación de capacidad de carga se puede realizar en conjunto con las *Inspecciones rutinarias* de los puentes o se pueden realizar de forma separada. La *Organización* es la responsable de definir si se incluyen las evaluaciones de capacidad de carga en las labores de *Inspección rutinaria*, el cual sería el enfoque recomendado pues se haría un uso más eficiente de los recursos.

Si se realiza la evaluación de capacidad de carga del puente independiente de la *Inspección rutinaria*, se permite utilizar la información recabada de la última *Inspección rutinaria* realizada al puente. Esto es posible, si la última *Inspección rutinaria* fue realizada dentro del intervalo de tiempo específico entre inspecciones del puente por evaluar, que se establece en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I, de lo contrario se debe realizar una nueva *Inspección rutinaria* del puente.

Los profesionales responsables de realizar la inspección rutinaria del puente, que se utilice como base para evaluar la capacidad de carga, deben cumplir con los requisitos establecidos en el Capítulo 4 del MP-2024 Tomo I.

La evaluación de capacidad de carga de un puente debe seguir el proceso que se establece en la Sección 10.8 del MP-2024 Tomo I. Si este proceso resulta en que se debe colocar una restricción de carga en el puente, el profesional responsable de la evaluación y la *Organización* deben buscar que se realice todo lo posible para minimizar el impacto en la economía debido a restricciones relacionadas con el transporte de bienes y servicios sin poner en peligro la seguridad de los usuarios del puente. Para esto, el profesional responsable debe documentar y justificar completamente, todos los datos utilizados en la determinación de los criterios para la evaluación de capacidad de carga del puente (AASHTO, 2018).

10.5.1 Requisitos para el profesional responsable de realizar la evaluación de capacidad de carga

El Artículo 6.1.8 de AASHTO MBE 2018 establece los requisitos, la calificación y responsabilidades que debe cumplir un profesional responsable de realizar una evaluación de capacidad de carga, los cuales, se modifican como se muestra a continuación. El profesional responsable de realizar la evaluación de capacidad de carga debe cumplir con todos los siguientes requisitos:

a. Estar incorporado al Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos como ingeniero civil o ingeniero en construcción.

b. Tener 3 años de experiencia como mínimo en diseño estructural de puentes, con tipologías estructurales y dimensiones similares al puente que se desea evaluar.

c. Contar con experiencia práctica en la evaluación de capacidad de carga de al menos tres (3) puentes, utilizando el método LRFR (Método A, de la Sección 10.6 del MP-2024 Tomo I y de la Sección 6A de AASHTO MBE 2018) o los métodos LFR y ASR (Método B, de la Sección 10.6 del MP-2024 Tomo I y de la Sección 6B de AASHTO MBE 2018).

La evaluación de la capacidad de carga de puentes complejos, que no es parte del alcance de este capítulo (ver la Sección 10.2 del MP-2024 Tomo I), puede requerir conocimientos especializados de ingeniería y mayor experiencia por parte del profesional responsable. Por lo tanto, los requisitos para los profesionales responsables de la evaluación de estos puentes deben ser especificados por la *Organización* en el pliego de condiciones para la contratación de la respectiva evaluación.

10.5.2 Evaluación de capacidad de carga de puentes nuevos

En este capítulo, se entiende por puente nuevo a una estructura cuya construcción ha finalizado, de acuerdo con los criterios establecidos por la *Organización* para declarar la construcción como finalizada, y se ha abierto al tránsito vehicular.

La evaluación de capacidad de carga de puentes nuevos se debe incluir como un entregable del proceso de diseño del puente. El profesional responsable del diseño es el que debe realizar esta evaluación y entregarla a la *Organización*.

Adicionalmente, la *Organización* debe solicitar una nueva evaluación de capacidad de carga, cuando se realicen cambios que modifiquen el diseño original de los elementos de la superestructura durante el proceso constructivo del puente. Esta nueva evaluación de capacidad de carga se debe realizar utilizando alguna de las siguientes posibilidades:

a. Solicitar en los pliegos de condiciones para la contratación de la construcción de puentes la realización de una evaluación de capacidad de carga. Esta evaluación debe ser entregada

antes de la finalización de la construcción del puente, para lo cual, los responsables del contrato de construcción por parte de la *Organización* deben solicitarla al contratista.

b. Solicitar que la evaluación de la capacidad de carga sea realizada por los responsables de ejecutar evaluaciones de capacidad de carga por demanda dentro de un periodo no mayor a 6 meses después de que haya finalizado la construcción y el puente se haya abierto al tránsito. Los responsables de realizar estas evaluaciones pueden ser personal propio de la *Organización* o contratado para tales fines.

Todo puente nuevo debe ser evaluado mediante el procedimiento de evaluación de la carga de diseño para el nivel de inventario (ver Inciso 10.8.1.1 del MP-2024 Tomo I). Para ello, se debe utilizar la información contenida en los planos finales de como quedó construido el puente ("*as-built*" como se conoce en inglés) e información disponible de la construcción, la cual, se debe utilizar para determinar la resistencia de los elementos, según se indica en el Inciso 10.7.3.1 del MP-2024 Tomo I. En el caso de puentes nuevos, siempre se debe obtener un factor de capacidad de carga (RF) mayor o igual que 1. La *Organización* debe prever, en el pliego de condiciones de la contratación, las acciones por realizar, si la evaluación de capacidad de carga no brinda un factor de capacidad de carga (RF) mayor o igual que 1.

Esta primera evaluación de la capacidad de carga no es una verificación del diseño. Mas bien, es el primer registro de la capacidad de carga del puente que se usa como referencia para su comparación con el resultado de otras evaluaciones de capacidad de carga que se realicen durante la vida de servicio del puente. Esta información permite apoyar el proceso de toma de decisiones de la *Organización* para realizar actividades de intervención en puentes.

10.5.3 Control y aseguramiento de la calidad en la evaluación de la capacidad de carga

Para mantener la precisión y la consistencia de las evaluaciones de capacidad de carga, la *Organización* debe implementar medidas apropiadas de control y aseguramiento de la calidad. En la Sección 4.3 del MP-2024 Tomo I se presentan las definiciones para control y aseguramiento de la calidad.

Los procedimientos usuales de control y aseguramiento de la calidad para la evaluación de capacidad de carga, consideran el uso de listas de verificación para garantizar la uniformidad e integridad de los cálculos, y la revisión de informes y cálculos por parte de un profesional independiente al que originó la evaluación de capacidad de carga (Ohio Department of Transportation [ODOT], 2020). Además, en la Sección 4.3 del MP-2024 Tomo I se establecen los requisitos para control y aseguramiento de la calidad de las *Inspecciones rutinarias* de puentes, que se utilizan para las evaluaciones de capacidad de carga.

El plan y el seguimiento del control de calidad lo deben realizar las empresas o los

profesionales que realizan evaluaciones de capacidad de carga para asegurar la precisión y la integridad de las evaluaciones. Este plan debe incluir los lineamientos especificados por la *Organización* en el pliego de condiciones, los cuales, deben ser revisados y aprobados por la misma *Organización* antes de la adjudicación del contrato. En la memoria de cálculo se debe indicar el nombre y número de carné de incorporación al Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos del profesional que realizó la evaluación y del profesional que realizó el control de calidad de los cálculos (MnDOT, 2018). Este último es parte del proceso interno del responsable de realizar la evaluación de capacidad de carga.

El aseguramiento de calidad de la evaluación de capacidad de carga lo debe realizar la *Organización*, como parte de las actividades enmarcadas en el diseño de puentes (ver Sección 2.2 del MP-2024 Tomo I). Este proceso se utiliza para verificar la idoneidad de los procedimientos de control de calidad que utilizan los profesionales o las empresas responsables de realizar las evaluaciones de capacidad de carga. Para esto, se revisa si los procesos y metodologías utilizadas cumplen o superan los estándares establecidos por la *Organización* para la evaluación de capacidad de carga. El aseguramiento de la calidad se realiza de manera independiente al control de calidad, y aplica para todas las evaluaciones que realice la *Organización*, ya sea, con personal propio o contratado (MnDOT, 2018).

El responsable de realizar el aseguramiento de la calidad debe ser un profesional calificado (según los requisitos del Apartado 10.5.1 del MP-2024 Tomo I) e independiente del que realiza la evaluación. Si la *Organización* lo decide así, puede incluir en los mismos pliegos de condiciones de las evaluaciones de capacidad de carga la previsión para contratar los servicios de un profesional que realice aseguramiento de calidad. No obstante, el responsable de realizar el aseguramiento de la calidad debe ser elegido por la *Organización*. Además, los resultados de la verificación de aseguramiento de la calidad deben ser entregados directamente a la *Organización* y no al responsable de realizar la evaluación.

Cuando la *Organización* realiza la evaluación de capacidad de carga con personal propio, se debe buscar un profesional independiente a la unidad a la que pertenece el evaluador para realizar el aseguramiento de la calidad. El control de calidad, lo debe realizar la misma unidad de la *Organización* que realiza la evaluación.

El control y aseguramiento de la calidad debe considerar, como mínimo, la realización de las siguientes acciones (modificado de MnDOT, 2018):

a. Revisar que el profesional responsable de la evaluación de capacidad de carga cumpla con los requisitos del Apartado 10.5.1 del MP-2024 Tomo I.

b. Revisar todos los datos de entrada utilizados en la memoria de cálculo y las fuentes de donde se obtuvieron los mismos.

c. Revisar los supuestos realizados para modelar y evaluar la capacidad de carga de un

puente.

d. Revisar que se hayan utilizado las resistencias de los materiales correctas, basados en la información disponible (ver la Sección 10.7 del MP-2024 Tomo I).

e. Revisar que las cargas utilizadas son correctas.

f. Revisar que las memorias de cálculo muestren de forma transparente y ordenada los pasos necesarios para obtener los resultados que se reportan en la evaluación de capacidad de carga.

g. De ser necesario, revisar los resultados de los elementos críticos (los cuales son aquellos en los que se obtuvo un RF menor y principalmente si el RF es menor que 1).

h. Revisar la concordancia entre los resultados reportados en el informe de evaluación de capacidad de carga y los cálculos indicados en la memoria respectiva.

i. En el caso de puentes complejos (ver la Sección 10.2 del MP-2024 Tomo I), se debe verificar que el profesional responsable de la evaluación cumpla con lo establecido para este tipo de puentes en el Apartado 10.5.1 del MP-2024 Tomo I.

10.6Métodos para evaluar la capacidad de carga en puentes

En el Artículo 6.1.3 de AASHTO MBE 2018 se especifican dos métodos para evaluar la capacidad de carga en puentes. Esta sección modifica este artículo al agregar un tercer método y al modificar parte del Método B según se describe a continuación:

Método A: Evaluación de capacidad de carga con el método de factores de carga y resistencia (LRFR por sus siglas en inglés para "*Load and Resistance Factor Rating*") (ver Sección 6A de AASHTO MBE 2018). Este método es consistente con la filosofía de diseño de la especificación de diseño de puentes AASHTO LRFD 2020. Los puentes en los que aplica este método se especifican en el Apartado 10.6.1 del MP-2024 Tomo I.

Método B: Evaluación de capacidad de carga por el método de esfuerzos de trabajo (ASR por sus siglas en inglés para "*Allowable Stress Rating*") (ver Sección 6B de AASHTO MBE 2018). No se permite la evaluación de capacidad de carga por el método de factores de carga (LFR por sus siglas en inglés para "*Load Factor Rating*"), ya que es un método de resistencia última, que se considera cubierto por el Método A. Los puentes a los que se puede aplicar el Método B se especifican en el Apartado 10.6.1 del MP-2024 Tomo I.

Método C: Evaluación de la capacidad de carga mediante una prueba de carga. Este método se detalla en el Capítulo 12 del MP-2024 Tomo I y en la Sección 8 de AASHTO MBE 2018. Los puentes en los que aplica este método, se especifican en el Apartado 10.6.1 del MP-2024 Tomo I.

10.6.1 Método a utilizar para evaluar la capacidad de carga

El Artículo 6.1 de AASHTO MBE 2018 permite utilizar cualquiera de los Métodos A o B para evaluar la capacidad de carga. Sin embargo, en los Incisos 10.6.1.1, 10.6.1.2 y 10.6.1.3 del MP-2024 Tomo I se especifica el método que se debe utilizar, de acuerdo con el tipo de puente. Además, se ofrece la posibilidad de utilizar el Método C (pruebas de carga), definido en la Sección 10.6 del MP-2024 Tomo I.

10.6.1.1 Puentes nuevos

La evaluación de capacidad de carga de puentes nuevos, se debe realizar utilizando el método A (LRFR) y se deben considerar las disposiciones incluidas en el Apartado 10.5.2 del MP-2024 Tomo I. También, se permite utilizar el Método C, si la *Organización* así lo solicita.

10.6.1.2 Puentes existentes de acero, de concreto reforzado, de concreto preesforzado y de madera

La evaluación de capacidad de carga de puentes existentes de acero, concreto reforzado, concreto presforzado y madera, se debe realizar utilizando el Método A (LRFR). Las características y las propiedades de los elementos requeridos para obtener la resistencia de los elementos estructurales se deben determinar de acuerdo con la Sección 10.7 del MP-2024 Tomo I. También, se permite utilizar el Método C, si la *Organización* así lo solicita.

10.6.1.3 Puentes existentes de mampostería y puentes antiguos de otros materiales

La evaluación de la capacidad de carga de puentes existentes de mampostería y puentes antiguos de otros materiales se puede realizar con el Método A (LRFR) o con el Método B (ASR) siempre y cuando se justifique que este último método permite obtener resultados más acordes con la realidad del puente que está siendo evaluado. Las características y las propiedades de los elementos para obtener la resistencia de los elementos estructurales se deben determinar de acuerdo con la Sección 10.7 del MP-2024 Tomo I. También, se permite utilizar el Método C, si la *Organización* así lo solicita.

10.6.2 Ecuación para obtener el factor de capacidad de carga (RF)

Tal y como se indicó en la Sección 10.1 del MP-2024 Tomo I, la evaluación de capacidad de carga viva permite obtener un factor de capacidad de carga (RF), el cual considera: la capacidad estructural de los elementos primarios tomando en cuenta su condición estructural, las fuerzas internas que produce la carga muerta en el elemento estructural evaluado y las fuerzas internas que produce, en el mismo elemento, la carga viva vehicular con el procedimiento de evaluación utilizado, según se establece en el Artículo 6.A.1.5 y el Artículo 6B.2 del AASHTO MBE 2018, los cuales se complementan con la Sección 10.8 del MP-2024 Tomo I.

La ecuación para obtener el factor de capacidad de carga (RF) es diferente para cada método de evaluación (ver Sección 10.6 del MP-2024 Tomo I). A continuación, se presentan los métodos para obtener el factor de capacidad de carga.

10.6.2.1 Método A

El Método A se basa en la filosofía de diseño LRFD para obtener el factor de capacidad de carga (RF). Este factor se obtiene con la Ecuación 10-1 la cual es la misma expresión de la Ecuación 6A.4.2.1-1 de AASHTO MBE 2018. Esta ecuación considera factores de carga y factores de resistencia, calibrados estadísticamente por medio de un análisis de confiabilidad para considerar la incertidumbre en la determinación de las cargas y la resistencia.

$$RF = \frac{C - (\gamma_{DC})(DC) - (\gamma_{DW})(DW) \pm (\gamma_P)(P)}{(\gamma_{LL})(LL + IM)} \quad \text{(10-1)}$$

(AASHTO MBE 2018 6A.4.2.1-1)

Donde:

RF: Factor de capacidad de carga viva del elemento evaluado.

C: Capacidad estructural del elemento evaluado.

γ_{DC} : Factor de carga muerta por elementos estructurales y elementos anclados al puente (Artículo 6A.4.2.2 de AASHTO MBE 2018)

γ_{DW}: Factor de carga muerta por superficie de ruedo y servicios públicos (Artículo 6A.4.2.2 de AASHTO MBE 2018)

γ_p : Factor de carga permanente distinta a carga muerta = 1,00 (Artículo 6A.4.2.1 de AASHTO MBE 2018)

γ_{LL}: Factor de carga viva para el nivel de evaluación que esté siendo analizado, de acuerdo con la Sección 10.8 del MP-2024 Tomo I (Artículos 6A.4.2.2, 6A.4.3.2.2, 6A.4.4.2.3 y 6A.4.5.4.2 de AASHTO MBE 2018)

DC: Fuerzas internas o esfuerzos debidos a la carga muerta de los elementos estructurales y elementos anclados al puente.

DW: Fuerzas internas o esfuerzos debidos a la carga muerta de la superficie de ruedo y los servicios públicos colocados en el puente.

P: Fuerzas internas o esfuerzos debidos a cargas permanentes distinta a la carga muerta.

LL : Fuerzas internas o esfuerzos debidos a la carga viva del nivel de evaluación de la Sección 10.8 del MP-2024 Tomo I que está siendo analizada.

IM: Fuerzas internas o esfuerzos debidos al efecto dinámico de la carga viva en el elemento

estructural evaluado, especificado en los artículos 6A.4.3.3, 6A.4.4.3 y 6A.4.5.5 de AASHTO MBE 2018 como un porcentaje de las fuerzas internas por carga viva (LL)

La capacidad estructural (C) del elemento evaluado se obtiene con la Ecuación 10-2 para el estado límite de resistencia. Esta ecuación es una versión modificada de la Ecuación 6A.4.2.1-2 de AAHSTO MBE. La modificación consiste en la inclusión de un factor de resistencia denominado factor de reducción de resistencia por incertidumbre (φ_I), cuyo uso opcional se especifica en el Punto b del Inciso 10.6.2.1 del MP-2024 Tomo I.

La capacidad estructural (C), se obtiene con la Ecuación 10-4 para el estado límite de servicio la cual es la misma Ecuación 6A.4.2.1-4 de AASHTO MBE 2018, la cual, no ha sido modificada.

Estado límite de resistencia:

$$C = \varphi_c \varphi_s \varphi_I \varphi R_n \quad (10\text{-}2)$$

(Modificada de AASHTO MBE 2018 6A.4.2.1-2)

Se debe aplicar el siguiente límite inferior, que se modifica de la Inecuación 6A.4.2.1-3 de AASHTO MBE 2018:

$$\varphi_c \varphi_s \varphi_I \geq 0{,}70 \quad (10\text{-}3)$$

(Modificada de AASHTO MBE 2018 6A.4.2.1-3)

Estado límite de servicio:

$$C = f_R \quad (10\text{-}4)$$

(AASHTO MBE 2018 6A.4.2.1-4)

Donde:

φ_c: Factor por la calificación de la condición del elemento (Artículo 6A.4.2.3 de AASHTO MBE 2018, modificado en el Punto a del Inciso 10.6.2.1 del MP-2024 Tomo I).

φ_S: Factor por el sistema estructural (Artículo 6A.4.2.4 de AASHTO MBE 2018).

φ_I: Factor por la incertidumbre en la determinación de la resistencia estructural del elemento (Punto b del Inciso 10.6.2.1 del MP-2024 Tomo I), el cual no se incluye en AASHTO MBE 2018.

φ: Factor de resistencia de diseño por el método LRFD, que varía en función del material (ver la especificación de diseño AASHTO LRFD 2020 en el Articulo 5.5.4.2 para concreto, el Articulo 6.5.4.2 para acero y el Artículo 8.5.2.2 para madera).

R_n: Resistencia nominal del elemento, utilizando las dimensiones del elemento como se encuentra en la inspección realizada.

f_R: Esfuerzo admisible para cargas de servicio, que varía en función del material (ver

AASHTO MBE 2018 en el Artículo 6A.5 para concreto, el Artículo 6A.6 para acero y el Artículo 6A.7 para madera).

a. Factor por la calificación de la condición de los elementos (φ_c)

Cuando se utiliza el Método A, AASHTO MBE 2018 especifica el uso del factor por la calificación de la condición (φ_c) en el Artículo 6A.4.2.3 y en la respectiva Tabla 6A.4.2.3-1, que considera la incertidumbre en la determinación de la capacidad estructural debido al deterioro del elemento. Esa tabla muestra que el factor φ_c se puede relacionar con las calificaciones de condición que establece la Federal Highway Administration (FHWA, 1995) (ver Tabla C6A.4.2.3-1 de AASHTO MBE 2018).

Debido a lo anterior y considerando que en el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I, se presenta una escala de calificación de la condición basada en FHWA (1995), entonces es que la Tabla 6A.4.2.3-1 de AASHTO MBE 2018 se modifica según se muestra en la Tabla 10.2.

Las calificaciones de condición “5-Alarmante” y “6-Falla inminente” corresponden con deterioros significativos y grandes pérdidas de sección en los elementos, que pueden resultar en una reducción significativa de la capacidad estructural de un elemento (National Cooperative Highway Research Program [NCHRP], 1987). Por esto, se permite reducir el factor φ_c, a criterio del profesional responsable de la evaluación en los elementos que estén calificados en alguna de las condiciones mencionadas. En caso de la calificación de condición “5-Alarmante”, se permite reducir φ_c hasta 0,75 (Wang, 2010) y en el caso de la calificación de condición “6-Falla inminente”, hasta 0,70 (Wang, 2010). Se recomienda a los profesionales responsables de realizar la evaluación de capacidad de carga de los puentes, seguir los criterios establecidos en el Reporte NCHRP 301 denominado “*Load Capacity Evaluation of Existing Bridges”* (NCHRP, 1987) para la reducción gradual del factor por calificación de la condición φ_c, al considerar elementos con deterioros significativos y grandes pérdidas de sección.

Tabla 10.2. Factor por calificación de la condición de los elementos del puente.

Calificación de la condición del elemento evaluado (Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I)	**Factor por calificación de la condición φ_c**
1- Satisfactoria	1,00
2- Aceptable	1,00
3- Regular	0,95

Tabla 10.2. Factor por calificación de la condición de los elementos del puente.

Calificación de la condición del elemento evaluado (Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I)	**Factor por calificación de la condición φ_c**
4- Deficiente	0,85
5- Alarmante	0,85 [(1)]
6- Falla inminente	0,85 [(2)]

[(1)] El factor se puede reducir hasta 0,75 a criterio del profesional responsable de realizar la evaluación de capacidad de carga.

[(2)] El factor se puede reducir hasta 0,70 a criterio del profesional responsable de realizar la evaluación de capacidad de carga.

Si el factor φ_c se reduce se debe respetar el siguiente límite inferior:

$$\varphi_c\varphi_s \geq 0{,}70 \quad \text{(10-5)}$$

(aplica para calificaciones de condición "5-Alarmante" y "6-Falla inminente" cuando se reduce φ_c)

(Modificada de AASHTO MBE 2018 6A.4.2.1-3)

Si el factor φ_c no se reduce se debe respetar el límite inferior, que coincide con el límite inferior de la Inecuación 6A.4.2.1-3 de AASHTO MBE 2018:

$$\varphi_c\varphi_s \geq 0{,}85 \quad \text{(10-6)}$$

(aplica para todas las calificaciones cuando no se reduce φ_c)

(AASHTO MBE 2018 6A.4.2.1-3)

Si las propiedades de las secciones de los elementos se obtienen de forma precisa, midiendo en sitio las pérdidas de sección en lugar de estimar el porcentaje de pérdidas, y si el profesional responsable de la evaluación lo considera pertinente y lo justifica adecuadamente, se puede incrementar el valor del factor φ_c en 0,05 para cada estado de condición de la Tabla 10.2, teniendo en cuenta que φ_c no debe ser mayor que 1,00 ($\varphi_c \leq 1{,}00$), de acuerdo con el Comentario C6A.4.2.3 de AASHTO MBE 2018.

b. Factor por incertidumbre en la información disponible (φ_I)

El factor por incertidumbre en la información disponible (φ_I) es de uso opcional y no se incluye en el Capítulo 6 de AASHTO MBE 2018. Este factor considera la incertidumbre relacionada con el tipo y la cantidad de información disponible que se puede utilizar para calcular la resistencia nominal de los elementos de un puente. El uso de este factor requiere de juicio y criterio del profesional responsable de la evaluación de capacidad de carga. Si se decide aplicarlo, solamente se debe utilizar con el Método A. Este es un factor adicional a los factores por sistema φ_s y por calificación de la condición φ_c, especificados, respectivamente, en los Artículos 6A.4.2.4 de AASHTO MBE 2018 y en el Punto a del Inciso 10.6.2.1 del MP-2024 Tomo I.

Si el profesional responsable de la evaluación de capacidad de carga, considera reducir la resistencia por la incertidumbre en el tipo de información disponible para estimar la capacidad de los elementos del puente, debe aplicar los factores que se especifica en la Tabla 10.3, para determinar el factor de resistencia adecuado. Si se aplica el factor por incertidumbre, se debe respetar el límite superior de la Inecuación 10-7 y el límite inferior de la Inecuación 10-3.

$$\varphi_I \leq 1{,}00 \quad \text{(10-7)}$$

Se debe recordar que se requiere de un mínimo de información para poder realizar el

análisis de capacidad de carga de forma adecuada. Dicha información se incluye en el Apartado 10.7.1 del MP-2024 Tomo I.

Se recomienda a la *Organización* y al profesional responsable, mejorar la calidad y el nivel de la información, en caso de ser posible, para evitar la reducción de la capacidad de los elementos por la incertidumbre en la información disponible. Esta mejora requiere de estudios adicionales que pueden implicar costos a la *Organización*. Se debe valorar el beneficio de mejorar la información para obtener resultados más favorables en el factor de capacidad de carga (RF) con respecto al costo de los estudios que permitan mejorar la información de un puente.

Tabla 10.3. Factor por incertidumbre (φ_I) que considera el tipo y cantidad de información disponible del puente para la determinación de la resistencia nominal de los elementos

	Nivel de información disponible	Factor por incertidumbre en la determinación de la resistencia nominal φ_I
1.	Puentes con toda la información mínima y toda la información complementaria, especificada en el Apartado 10.7.1 del MP-2024 Tomo I.	1,00
2.	Puentes con toda la información mínima especificada en el Apartado 10.7.1 del MP-2024 Tomo I, a la que se suman, *Inspecciones detalladas* o estudios avanzados, que pueden ser verificados con la información disponible.	1,00
3.	Puentes con toda la información mínima especificada en el Apartado 10.7.1 del MP-2024 Tomo I y alguna información complementaria de diseño y construcción. No se dispone de planos "a*s-built*", no se realizan *Inspecciones detalladas* y no se utilizan estudios avanzados.	0,95
4.	Puentes con, solamente, la información mínima especificada en el Apartado 10.7.1 del MP-2024 Tomo I.	0,95
5.	Puentes con información limitada o inexistente (Apartado 10.7.2 del MP-2024 Tomo I), pero, se realiza una *Inspección detallada* exhaustiva o se utilizan estudios avanzados para determinar los detalles estructurales de los elementos.	0,95
6.	Puentes con información limitada o inexistente (Apartado 10.7.2 del MP-2024 Tomo I), cuyos faltantes se subsanan con la verificación de dimensiones en sitio y con la información de resistencias históricas de materiales, incluidas en los Artículos	0,85

Tabla 10.3. Factor por incertidumbre (φ_I) que considera el tipo y cantidad de información disponible del puente para la determinación de la resistencia nominal de los elementos

Nivel de información disponible	Factor por incertidumbre en la determinación de la resistencia nominal φ_I
de AASHTO MBE 2018: 6A.5, 6A.6, 6A.7, 6A.9.	

10.6.2.2 Método B

El Método B se basa en la filosofía de diseño de esfuerzos admisibles (ASR) para obtener el factor de capacidad de carga (RF). Este factor se obtiene con la Ecuación 10-8 la cual resulta ser igual a la Ecuación 6B.4.1-1 de AASHTO MBE 2018. Esta ecuación considera, principalmente, factores de seguridad que reducen la resistencia.

$$RF = \frac{C - A_1 D}{A_2 L (1 + I)} \quad \text{(10-8)}$$

(AASHTO MBE 2018 6B.4.1-1)

Donde:

RF: factor de capacidad de carga viva del elemento evaluado.

C: capacidad estructural del elemento evaluado.

D: fuerzas internas o esfuerzos por carga permanente en el elemento estructural evaluado.

L: fuerzas internas o esfuerzos por carga viva (incluyendo el efecto dinámico) en el elemento estructural evaluado.

I : Factor de efecto dinámico de la carga viva en el elemento estructural evaluado, especificado en el artículo 6B.6.4 de AASHTO MBE 2018 como un porcentaje de las fuerzas internas por carga viva (L).

A_1: Factor de carga permanente, el cual para el método ASR es igual a 1,00 (Artículo 6B.4.2 de AASHTO MBE 2018).

A_1 : Factor de carga viva, el cual para el método ASR es igual a 1,00 (Artículo 6B.4.2 de AASHTO MBE 2018).

La capacidad estructural (C) del elemento evaluado se obtiene con la Ecuación 10-9:

$$C = f_R \quad \text{(10-9)}$$

Donde:

f_R : Esfuerzo admisible para el material del elemento evaluado, que se encuentra

especificado en las tablas del Artículo 6B.5.2 de AASHTO MBE 2018.

En el Artículo 6B.5.2 de AASHTO MBE 2018, el esfuerzo admisible f_R se debe elegir según corresponda con el procedimiento de evaluación utilizado, para el nivel de inventario o para el nivel de operación (ver la Sección 10.8 del MP-2024 Tomo I).

En la Ecuación 10-9, se observa que no se incluyen factores de reducción de resistencia, como sí se utilizan en el Método A (ver Ecuación 10-2). En el caso de que exista incertidumbre en la determinación de la resistencia admisible por la información disponible o a la condición de los elementos, se debe seguir lo indicado en el Apartado 10.7.4 del MP-2024 Tomo I.

10.7 Procedimientos para calcular la resistencia nominal (R_n) o el esfuerzo admisible (f_R) de los elementos

La resistencia nominal (R_n o f_R) de los elementos, que se muestra en las Ecuaciones 10-2 y 10-4 para el Método A y 10-9 para el Método B, es uno de los parámetros más importantes para realizar la evaluación de la capacidad de carga viva de un puente. Además, su cálculo depende de si se cuentan con información suficiente del puente o la información disponible es limitada o inexistente.

El Artículo 6.1.4 de AASHTO MBE 2018 especifica un procedimiento para evaluar puentes cuando se dificulta el cálculo de la resistencia nominal porque la información es limitada o inexistente (*"hidden bridges*" como se conoce en inglés) (ver Apartado 10.7.2 del MP-2024 Tomo I), como, por ejemplo, cuando falta información sobre el acero de refuerzo de un puente de concreto, por la ausencia de planos. Sin embargo, no se especifica, explícitamente, cómo evaluar puentes cuando se tiene información suficiente (*"known bridges"* como se conoce en inglés) para determinar la resistencia nominal de los elementos (ver Apartado 10.7.1 del MP-2024 Tomo I). Debido a esta situación, en esta sección se modifica el Artículo 6.1.4 de AASHTO MBE 2018, para incluir un procedimiento que permita estimar la resistencia nominal de los elementos cuando la información es limitada o inexistente (ver Apartado 10.7.2 del MP-2024 Tomo I) y cuando la información es suficiente (ver Apartado 10.7.1 del MP-2024 Tomo I).

El procedimiento para el cálculo de la resistencia nominal del elemento según el Método A se describe en el Apartado 10.7.3 del MP-2024 Tomo I y según el Método B se describe en el Apartado 10.7.4 del MP-2024 Tomo I. En la Figura 10.1 se resumen estos procedimientos.

Debido a la variedad, alcance y calidad de las posibles fuentes de información para obtener la resistencia nominal de los elementos estructurales, el profesional responsable debe aplicar su experiencia profesional para determinar si la información disponible permite determinar de una manera confiable la resistencia nominal de los elementos.

El profesional responsable debe justificar sus suposiciones y cálculos en una memoria de cálculo clara, concisa y trazable, en el caso de que exista disponibilidad limitada de información.

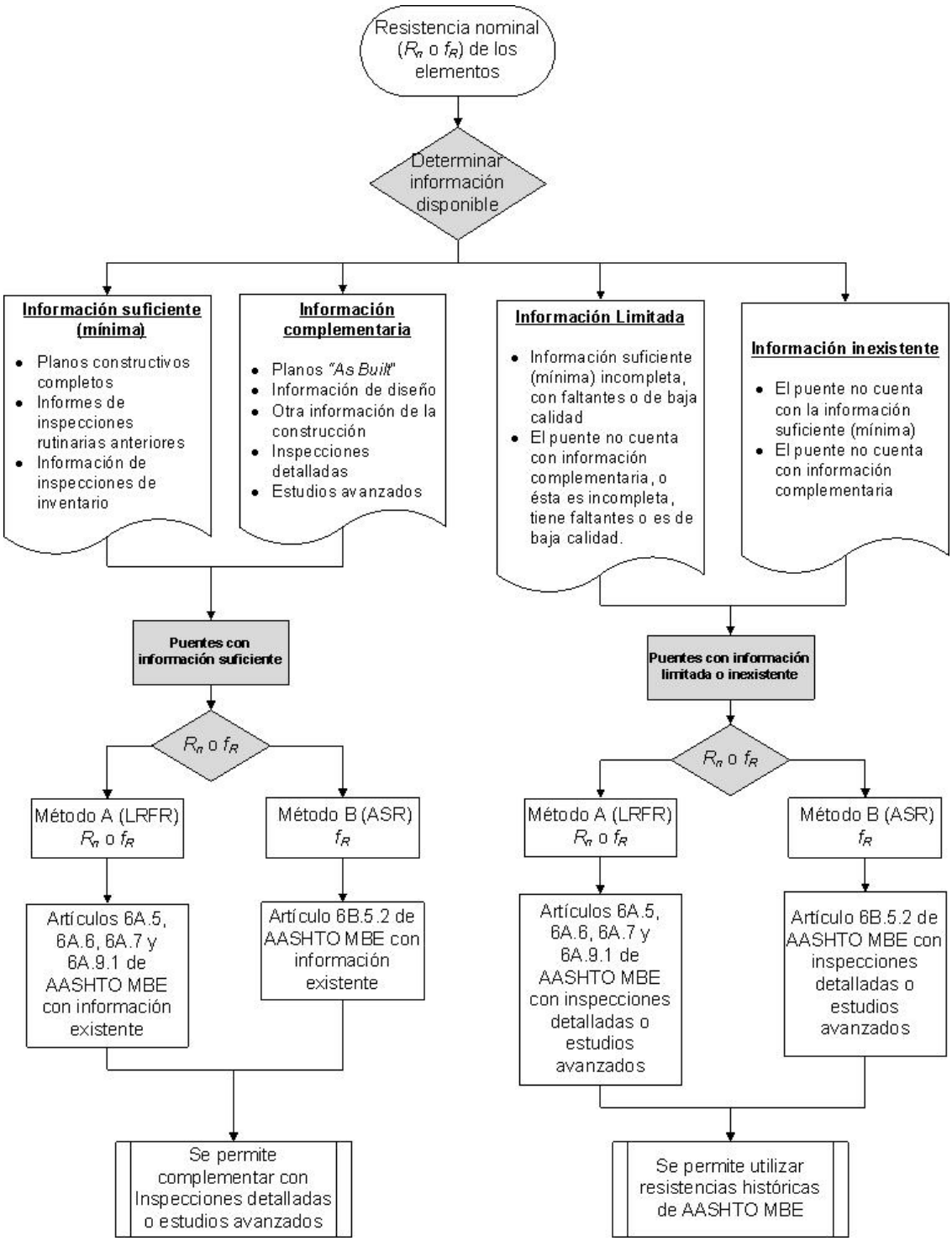


Figura 10.1. Procedimiento para obtener la resistencia nominal de los elementos de puentes.

10.7.1 Puentes con información suficiente

En este grupo de puentes se encuentran los que poseen información suficiente en su base de datos, de manera que el profesional responsable de realizar la evaluación de capacidad de carga puede obtener la resistencia nominal de los elementos estructurales con esta información.

Para clasificar un puente con información suficiente, se debe contar con toda la siguiente información como mínimo:

- Planos constructivos, completos, del diseño original.
- Informes de *Inspecciones rutinarias* realizadas dentro de los últimos dos años anteriores a la evaluación (ver Sección 3.2 del MP-2024 Tomo I).
- Información de *Inspecciones de inventario* de dimensiones de los elementos estructurales, características estructurales del puente, tránsito promedio diario y porcentaje de vehículos pesados, según se especifica en el Capítulo 6 y en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I.

Si un puente cuenta con la información mínima solamente, entonces el nivel de incertidumbre al calcular la resistencia estructural será intermedio.

El nivel de incertidumbre del cálculo de la resistencia nominal puede ser reducido si se cuenta con al menos una de la siguiente información complementaria, la cual, sustenta y permite verificar la información mínima indicada anteriormente:

- Información de diseño: memorias de cálculo, especificaciones técnicas del diseño y planos estándar.
- Información de la construcción: planos finales de como quedó construido el puente ("*as-built*"), bitácora de la construcción, resultados de los ensayos de laboratorio para control de calidad de los materiales de la construcción, certificados de calidad de los materiales y planos de taller de los elementos.
- Inspección detallada: Una *Inspección detallada* realizada de acuerdo con lo especificado en el Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I, permite, principalmente, determinar las propiedades mecánicas de los materiales, las dimensiones de los elementos, la ubicación, el área y el recubrimiento del acero de refuerzo y para conocer de forma más detallada la condición de los elementos. Los resultados obtenidos pueden ser contrastados con la información disponible de diseño y construcción del puente.
- Estudios avanzados: Se pueden utilizar pruebas de carga, especificadas en el Capítulo 12 del MP-2024 Tomo I, y monitoreo estructural, especificado en el Capítulo 11 del MP-2024 Tomo I, para obtener las características de los elementos y propiedades de los

materiales que permitan realizar la evaluación de capacidad de carga. Estos resultados se deben contrastar con la información disponible de diseño y construcción del puente. Si estos estudios no se encuentran entre la información disponible del puente y la *Organización* requiere realizarlos para mejorar la información disponible, debe existir un análisis previo de que respalde la decisión de utilizar estos métodos. En ese análisis se deben comparar los beneficios que implica tener más información para reducir la incertidumbre en la determinación de la resistencia nominal de los elementos con los costos de realizar los estudios avanzados.

Si se dispone de planos constructivos del puente (de diseño o planos finales de como quedó construido "*as-built*"), se deben realizar mediciones de control en sitio, para verificar si los elementos especificados en planos y los elementos construidos son homólogos en dimensiones, en un orden de magnitud adecuado para la precisión requerida en el análisis.

Si el puente fue construido a partir de planos estándar, se permite obtener la resistencia estructural de los elementos con base en la información incluida en dichos planos. De igual manera, se deben realizar mediciones de control en sitio, para verificar que éstas coinciden con las dimensiones de los elementos especificadas en los planos estándar, en un orden de magnitud adecuado para la precisión requerida en el análisis.

10.7.2 Puentes con información limitada o inexistente

Los puentes con información limitada o inexistente son aquellos en los cuales el profesional responsable de realizar la evaluación de capacidad de carga, no tiene a disposición la información mínima (ver Apartado 10.7.2 del MP-2024 Tomo I), tiene información mínima con faltantes o no tiene información del todo para calcular la resistencia nominal de los elementos estructurales. Esta situación aumenta la incertidumbre en el cálculo de la resistencia estructural.

Si la información del puente es limitada o inexistente, se deben utilizar las siguientes alternativas para obtener información que permita determinar la resistencia nominal de los elementos estructurales:

- Inspección detallada: Los resultados de una *Inspección detallada* realizada de acuerdo con lo especificado en el Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I permiten determinar, principalmente, las propiedades mecánicas de los materiales, las dimensiones de los elementos, la ubicación, el área y el recubrimiento del acero de refuerzo y la condición detallada de los elementos. Los resultados obtenidos se deben contrastar con la información disponible de diseño y construcción del puente, en caso de existir, aunque ésta sea limitada. Si la información del puente es inexistente, se debe verificar que la información derivada de las *Inspecciones detalladas* tenga la precisión requerida y sea la suficiente para llevar a cabo el análisis de forma adecuada.

- Estudios avanzados: Se pueden utilizar pruebas de carga, especificadas en el Capítulo 12 del MP-2024 Tomo I, y monitoreo estructural, especificado en el Capítulo 11 del MP-2024 Tomo I, para obtener las características de los elementos y propiedades de los materiales que permitan realizar la evaluación de capacidad de carga. Para esto, debe existir un análisis previo de que respalde la decisión de utilizar estos estudios, donde se comparen los beneficios que implica tener más información para reducir la incertidumbre en la determinación de la resistencia nominal de los elementos con los costos de realizar los estudios avanzados. Los resultados obtenidos se deben contrastar con la información disponible de diseño y construcción del puente, en caso de existir, aunque ésta sea limitada.

10.7.3 Cálculo de resistencia nominal (R_n) o el esfuerzo admisible de servicio (f_R) utilizando el Método A

El cálculo de la resistencia nominal de los elementos estructurales depende de la cantidad de información del puente que se tenga disponible, por lo cual, se detallan aspectos por considerar en puentes con información suficiente y en puentes con información limitada o inexistente.

10.7.3.1 Puentes con información suficiente

Se debe seguir lo que se especifica en los Artículos de AASHTO MBE 2018, que se indican a continuación, utilizando la información disponible para el puente:

- 6A.5 para elementos de concreto.
- 6A.6 para elementos de acero.
- 6A.7 para elementos de madera.
- 6A.9.1 para elementos de mampostería sin reforzar.

En el caso de que se disponga de información complementaria (ver Apartado 10.7.1 del MP-2024 Tomo I), esta debe ser utilizada por el profesional responsable para calcular la resistencia nominal o el esfuerzo admisible de servicio, con el fin de reducir la incertidumbre, si es que considera que esta información es confiable y completa (ver Tabla 10.3).

Se permite complementar la información existente con nuevas *Inspecciones detalladas* o nuevos estudios avanzados, si la *Organización* lo decide así.

El factor por calificación de la condición φ_c (ver Punto a del Inciso 10.6.2.1 del MP-2024 Tomo I), se debe obtener de los resultados de una *Inspección rutinaria* que fue realizada al puente dentro del intervalo de inspección especificado en la Sección 3.2 del MP-2024 Tomo I. Si se realiza una *Inspección detallada* para determinar la condición de los elementos

estructurales, el profesional responsable debe utilizar los resultados de dicha inspección para determinar este factor.

Por otra parte, el factor de incertidumbre φ_I (ver Punto b del Inciso 10.6.2.1 del MP-2024 Tomo I), debe ser obtenido de acuerdo con la disponibilidad de la información que se tenga del puente (ver Tabla 10.3), teniendo en cuenta que, en puentes con información suficiente, se asume que la información mínima especificada en el Apartado 10.7.1 del MP-2024 Tomo I se encuentra disponible.

10.7.3.2 Puentes con información limitada o inexistente

Se debe seguir lo que se especifica en los Artículos de AASHTO MBE 2018, que se indican a continuación, utilizando la información disponible del puente a pesar de ser limitada:

- 6A.5 para elementos de concreto.
- 6A.6 para elementos de acero.
- 6A.7 para elementos de madera.
- 6A.9.1 para elementos de mampostería sin reforzar.

Ante un faltante de información, se debe realizar una *Inspección detallada*, de acuerdo con lo especificado en el Apartado 10.7.2 y el Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I. En caso de no existir información, también se permite el uso de estudios avanzados, de acuerdo con lo indicado en el Apartado 10.7.2 del MP-2024 Tomo I.

En los Artículos 6A.5 y 6A.6 del AASHTO MBE 2018, se establecen resistencias históricas para elementos de concreto y de acero, respectivamente, las cuales, se utilizaron en puentes de los Estados Unidos y que pueden servir como base para evaluar la capacidad de los elementos. Sin embargo, el profesional responsable debe utilizar en primer lugar, la información disponible de diseño y de construcción del puente, en caso de existir. En caso de no existir dicha información, queda a criterio del profesional responsable valorar el uso de la información provista por AASHTO MBE 2018.

El factor por calificación de la condición φ_c (ver Punto a del Inciso 10.6.2.1 del MP-2024 Tomo I), se debe obtener con base en los resultados de la *Inspección rutinaria* realizada al puente dentro del intervalo de inspección especificado en la Sección 3.2 del MP-2024 Tomo I. Si se realiza una *Inspección detallada* que permite determinar la condición de los elementos estructurales, el profesional responsable de realizar la evaluación debe utilizar los resultados obtenidos para determinar el factor por calificación de la condición φ_c.

Por otra parte, el factor por incertidumbre de la información disponible φ_I (ver Punto b del Inciso 10.6.2.1 del MP-2024 Tomo I), debe ser obtenido de acuerdo con la disponibilidad de la

información que se tenga del puente que se está evaluando, siguiendo los criterios de la Tabla 10.3

10.7.4 Cálculo del esfuerzo admisible (f_R) utilizando el Método B

Al igual que en el Apartado 10.7.3 del MP-2024 Tomo I, el cálculo del esfuerzo admisible de los elementos estructurales depende de la cantidad de información disponible del puente. A continuación, se detallan los aspectos por considerar en puentes con información suficiente y en puentes con información limitada o inexistente.

10.7.4.1 Puentes con información suficiente

Se debe seguir lo que se especifica en el Artículo 6B.5.2 de AASHTO MBE 2018, para obtener el esfuerzo admisible para los procedimientos de evaluación en los niveles de inventario y de operación, utilizando la información disponible. Este esfuerzo, está en función del material de los elementos, que puede ser: concreto, acero, madera y mampostería sin reforzar.

En el caso de que se disponga de información complementaria (ver Apartado 10.7.1 del MP-2024 Tomo I), ésta debe ser utilizada por el profesional responsable para calcular el esfuerzo admisible, con el fin de reducir la incertidumbre, si es que considera que esta información es confiable y completa.

Se permite complementar la información existente con nuevas *Inspecciones detalladas* o nuevos estudios avanzados, si la *Organización* lo decide así.

En el caso de puentes con información suficiente, se asume que la información mínima especificada en el Apartado 10.7.1 del MP-2024 Tomo I se encuentra disponible.

10.7.4.2 Puentes con información limitada o inexistente

Se debe seguir lo que se especifica en el Artículo 6B.5.2 de AASHTO MBE 2018 para calcular el esfuerzo admisible respectivo para los procedimientos de evaluación en los niveles de inventario y de operación, utilizando la información disponible para el puente, aunque esta sea limitada. Este esfuerzo, está en función del material de los elementos: concreto, acero, madera y mampostería sin reforzar.

Ante cualquier faltante de información, se deben realizar *Inspecciones detalladas*, de acuerdo como se especifica en el Apartado 10.7.2 y el Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I. En caso de no existir información, se permite el uso de estudios avanzados, de acuerdo con lo indicado en el Apartado 10.7.2 del MP-2024 Tomo I.

En el Artículo 6B.5.2 de AASHTO MBE 2018, se establecen esfuerzos admisibles para los procedimientos de evaluación en los niveles de inventario y de operación, utilizando

resistencias históricas para elementos de acero, hierro forjado, acero de refuerzo, concreto, mampostería sin refuerzo y madera, las cuales, se utilizaron en puentes de los Estados Unidos y que pueden servir como base para evaluar la capacidad de los elementos. Sin embargo, el profesional responsable debe utilizar en primer lugar, la información disponible de diseño y de construcción del puente, en caso de existir. En caso de no existir dicha información, queda a criterio del profesional responsable valorar el uso de la información provista por AASHTO MBE 2018.

10.8 Procedimientos para la evaluación de la capacidad de carga en puentes

Los procedimientos para realizar la evaluación de la capacidad son diferentes si se utiliza el Método A o el Método B:

Los procedimientos de evaluación si se utiliza el Método A, que se describen en el Artículo 6A.1.5 de AASHTO MBE 2018 y en el Apartado 10.8.1 del MP-2024 Tomo I, son:

- Evaluación de la carga de diseño, que se evalúa para dos niveles: inventario y de operación (ver el Artículo 6A.4.3 de AASHTO MBE 2018 y el Inciso 10.8.1.1 del MP-2024 Tomo I).
- Evaluación de las cargas legales (ver el Artículo 6A.4.4 de AASHTO MBE 2018 y el Inciso 10.8.1.2 del MP-2024 Tomo I).
- Evaluación de la carga de un vehículo especial (ver el Artículo 6A.4.5 de AASHTO MBE 2018 y el Inciso 10.8.1.3 del MP-2024 Tomo I).

Los procedimientos de evaluación si se utiliza el Método B, que se describen en el Artículo 6B.2 de AASHTO MBE 2018 y en el Apartado 10.8.2 del MP-2024 Tomo I, son:

- Evaluación en el nivel de inventario (ver el Artículo 6B.2.1 de AASHTO MBE 2018 y el Inciso 10.8.2.1 del MP-2024 Tomo I).
- Evaluación en el nivel de operación (ver el Artículo 6B.2.2 de AASHTO MBE 2018 y el Inciso 10.8.2.2 del MP-2024 Tomo I).

En la Figura 10.2 se presenta el proceso de evaluación de capacidad de carga de cada método utilizando los distintos procedimientos. De forma general, si el factor de capacidad de carga es menor que uno (RF<1,0) para cargas de diseño y cargas legales, utilizando cualquiera de los dos métodos con sus respectivos procedimientos de evaluación, AASHTO MBE 2018 permite realizar análisis computacionales más refinados para obtener una estimación más precisa de la capacidad de carga y verificar si se satisface la capacidad de carga para cargas legales (RF≥1,0). También, se permite realizar una prueba de carga de acuerdo con lo

especificado para el Método C en el Capítulo 12 del MP-2024 Tomo I (ver Figura 10.2).

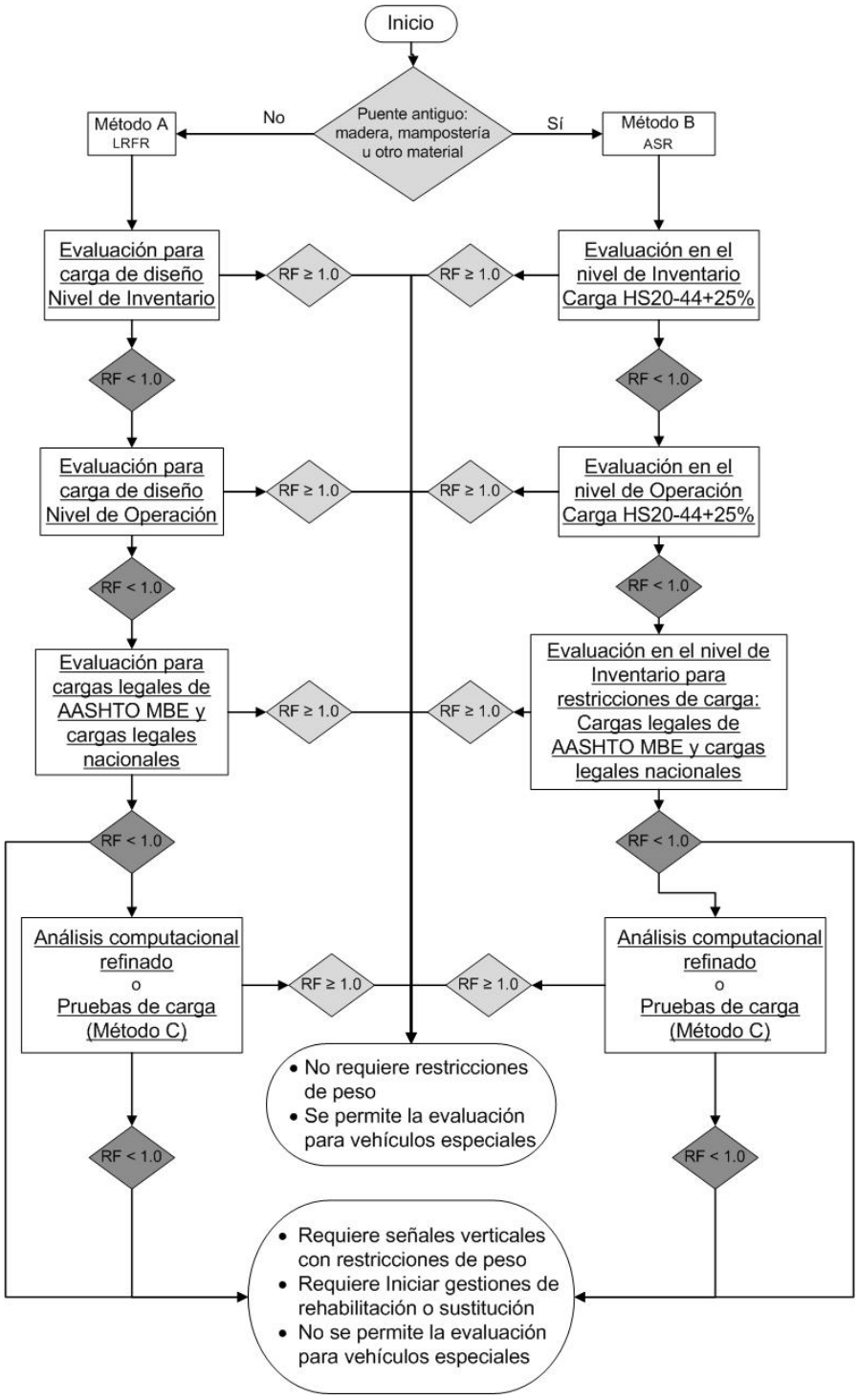


Figura 10.2. Esquema para la evaluación de capacidad de carga viva en puentes (Modificado de AASHTO, 2018).

10.8.1 Método A

10.8.1.1 Evaluación de la carga de diseño para el nivel de inventario y el nivel de operación:

Como se especifica en el Artículo 6A.4.3.2 de AASHTO MBE 2018, se evalúa la carga HL-93, que es la carga de diseño de la especificación para diseño de puentes AASHTO LRFD 2020 para los niveles de inventario y operación.

El nivel de inventario permite evaluar si los puentes se comportan como una estructura diseñada, con la misma confiabilidad estructural de la especificación para diseño de puentes AASHTO LRFD 2020.

El nivel de operación permite evaluar los puentes con una confiabilidad estructural menor que la indicada en la especificación AASHTO LRFD 2020 lo cual, podría no considerar vehículos de carga legal locales, que sean significativamente más pesados que las cargas legales de AASHTO.

Los factores de carga a utilizar, se especifican en la Tabla 6A.4.3.2.2-1 de AASHTO MBE 2018, para el nivel de inventario y para el nivel de operación.

10.8.1.2 Evaluación de cargas legales:

El Artículo 6A.4.4.1 de AASHTO MBE 2018 especifica que esta evaluación se realiza solamente si no se obtiene un factor de capacidad de carga (RF), mayor o igual que uno (RF≥1.0) para cargas de diseño en el nivel de operación.

Las cargas legales que se deben utilizar en el análisis son las que se especifican en el Artículo 6A.4.4.2.1 de AASHTO MBE 2018, las cuales, representan los vehículos que están autorizados en Estados Unidos para transitar sin restricción sobre los puentes (ver artículo C6A.4.4.2.1 de AASHTO MBE 2018).

En el caso de Costa Rica, los vehículos que pueden transitar sin restricción sobre las carreteras y los puentes están autorizados en el Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT denominado *Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga* (2003) y sus reformas, de los cuales, no existe información oficial que indique que puedan ser representados por las cargas legales del Artículo 6A.4.4.2.1 de AASHTO MBE 2018. Una investigación realizada por Fernández-González (2017), ha demostrado que los vehículos T3-S3, C4-R3 y T3-S2-S2 del Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT, pueden generar fuerzas internas que son mayores que las que producen las cargas legales de AASHTO MBE 2018. Con estos vehículos se pueden definir cargas para evaluación que se denominarán de aquí en adelante como *cargas legales nacionales*.

Por lo tanto, si el profesional responsable de la evaluación de capacidad de carga considera, a su criterio, que las cargas legales especificadas en el Artículo 6A.4.4.2 de AASHTO MBE

2018 no representan, desde el punto de vista de seguridad estructural, las cargas que transitan sobre el puente en evaluación, se pueden definir *cargas legales nacionales* cumpliendo con los siguientes requisitos:

1. Los vehículos que se utilicen como carga legal no deben superar los pesos de los ejes y el peso bruto total autorizado por el Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT y sus reformas. Como mínimo se deberían utilizar los pesos autorizados de los vehículos T3-S3, C4-R3 y T3-S2-S2, que son las que Fernández-González (2017) concluyó que superan los esfuerzos generados por las cargas legales de AASHTO.
2. Las distancias entre los ejes de los vehículos que se utilicen como carga legal, deben ser variables dentro de los límites prácticos para el tipo de vehículo elegido del Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT, de manera que, al aplicarlas sobre el puente en evaluación, se generen las fuerzas internas máximas en los elementos estructurales. Como referencia, en el caso de no contar con información más precisa para el tipo de vehículo en estudio, se pueden utilizar los rangos de variación de las distancias entre ejes mostrados en la Tabla 10.4, que fueron obtenidos por Fernández-González (2017), para los vehículos que este autor concluyó que tienen más presencia en Costa Rica (vehículos tipo C2, C2+, C3, C4, T3-S2 y T3-S3). Además, de las distancias entre ejes obtenidas para los vehículos C4-R3 y T3-S2-S2, que son dos de los tipos de vehículos cuyos esfuerzos superan los generados por las cargas legales de AASHTO (Fernández-González, 2017).

Tabla 10.4. Rango de variación de referencia para definir las distancias entre ejes para las *cargas legales nacionales.*

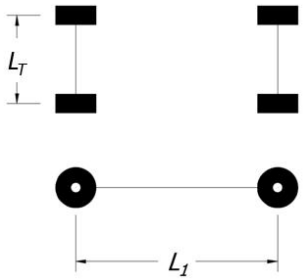
Tipo de vehículo (Decreto n.º 31363-MOPT)	Diagrama (Modificados de Fernández-González, 2017)	Dimensión	Rango de variación de la distancia entre ejes (m) (Fernández-González, 2017)
C2+		L_1	2,50 m – 2,80 m

Tabla 10.4. Rango de variación de referencia para definir las distancias entre ejes para las *cargas legales nacionales.*

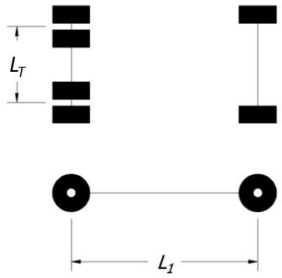
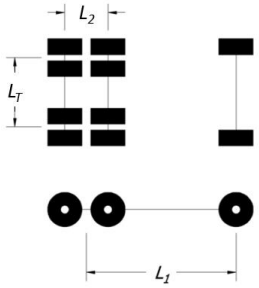
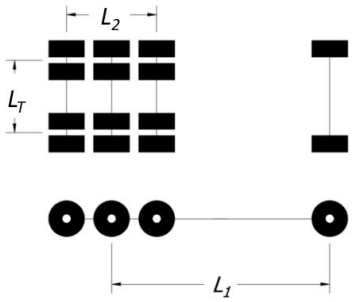
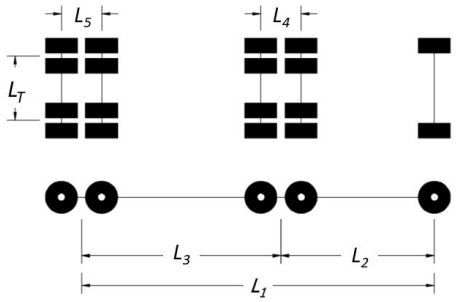
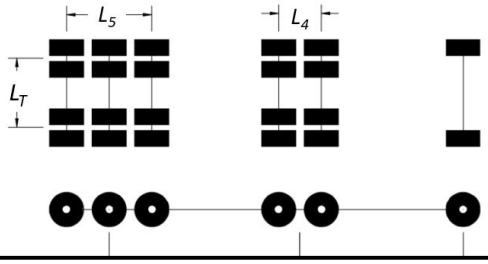
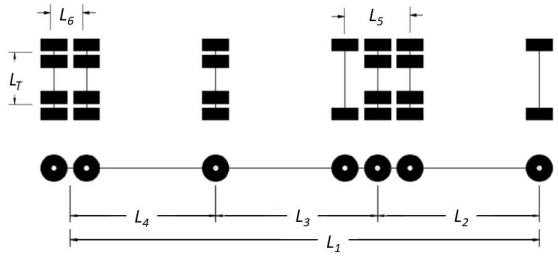
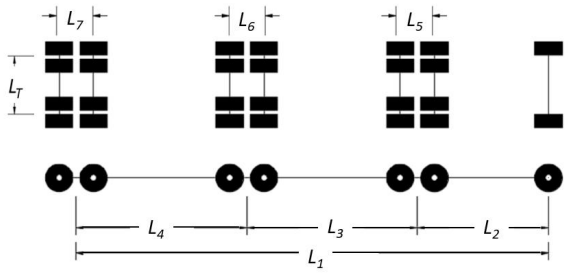
Tipo de vehículo (Decreto n.º 31363-MOPT)	Diagrama (Modificados de Fernández-González, 2017)	Dimensión	Rango de variación de la distancia entre ejes (m) (Fernández-González, 2017)
C2		L_1	3,40 m – 7,80 m
C3		L_1	4,60 m – 7,70 m
		L_2	1,40 m – 1,60 m
C4		L_1	5,30 m – 7,00 m
		L_2	2,60 m – 2,80 m
T3-S2		L_1	13,70 m – 18,00 m
		L_2	3,80 m – 7,20 m
		L_3	6,80 m – 11,70 m
		L_4	1,40 m – 1,90 m
		L_5	1,30 m – 1,50 m
T3-S3		L_1	11,40 m – 17,60 m
		L_2	3,80 m – 7,20 m
		L_3	5,70 m – 12,20 m
		L_4	1,40 m – 1,90 m

Tabla 10.4. Rango de variación de referencia para definir las distancias entre ejes para las *cargas legales nacionales.*

Tipo de vehículo (Decreto n.º 31363-MOPT)	Diagrama (Modificados de Fernández-González, 2017)	Dimensión	Rango de variación de la distancia entre ejes (m) (Fernández-González, 2017)
		L_5	2,50 m – 2,70 m
C4-R3		L_1	< 21,00 m
		L_2	5,30 m – 7,00 m
		L_3	≥ 3,00 m
		L_4	4,60 m – 7,70 m
		L_5	2,60 m – 2,80 m
		L_6	1,40 m – 1,60 m
T3-S2-S2		L_1	< 21,00 m
		L_2	3,80 m – 7,20 m
		L_3	6,80 m – 11,70 m
		L_4	6,80 m – 11,70 m
		L_5	1,30 m – 1,50 m
		L_6	1,30 m – 1,50 m
		L_7	1,30 m – 1,50 m

3. La distancia entre las ruedas del vehículo (L_T), medida en el eje perpendicular a la dirección de avance del vehículo, debe ser 1,83 m (AASHTO, 2017; AASHTO, 2018), a menos que se tenga un valor representativo para el tipo de vehículo utilizado como *carga legal nacional*.
4. El profesional responsable de la evaluación de capacidad de carga, debe presentar en la memoria de cálculo, los esquemas de distribución de cargas para los vehículos utilizados en la evaluación como *carga legal nacional*. Si se utiliza más de un vehículo, debe mostrar el diagrama de distribución de carga para cada uno.

La evaluación para la *carga legal nacional* no sustituye a la evaluación para cargas legales de AASHTO (Artículo 6A.4.4.2 de AASHTO MBE 2018). Por esto, se deben evaluar los vehículos elegidos como *carga legal nacional* y la carga legal de AASHTO MBE 2018.

Para la evaluación, se deben utilizar los factores de carga que se especifican en las Tablas 6A.4.4.2.3a-1 y 6A.4.4.2.3b-1 de AASHTO MBE 2018, según corresponda con la carga legal de AASHTO MBE 2018 utilizada. Estos factores varían en función del tránsito promedio diario de vehículos pesados sobre el puente (ADTT por sus siglas en inglés para "*Average Daily Truck Traffic*"). El factor de carga dinámica se debe considerar de acuerdo con el Artículo 6A.4.4.3 de AASHTO MBE 2018.

Para las *cargas legales nacionales*, se deben utilizar los factores de la Tabla 6A.4.4.2.3a-1 de AASHTO MBE 2018. Se permite variar el factor en función del tránsito promedio diario de vehículos pesados sobre el puente (ADTT). El factor de carga dinámica se debe considerar de acuerdo con el Artículo 6A.4.4.3 de AASHTO MBE 2018.

10.8.1.3 Nivel de evaluación para permisos de circulación de vehículos especiales:

Los vehículos especiales se definen en este manual como los que tienen pesos por eje y pesos totales que sobrepasan los límites establecidos en el Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT y sus reformas, lo cual, modifica lo que establece el Artículo 6A.4.5.1 de AASHTO MBE 2018 para adaptarlo a Costa Rica, ya que, ese artículo hace referencia a los límites de peso vehicular establecidos legalmente en Estados Unidos.

La evaluación de la capacidad de carga de un vehículo especial para emitir un permiso de circulación, se debe realizar únicamente los puentes donde se obtuvieron factores de capacidad de carga mayores o iguales que uno (RF≥1), con el procedimiento de evaluación de cargas de diseño para los niveles de inventario y operación o con el procedimiento de evaluación de cargas legales, de acuerdo como se indica en el Artículo 6A.4.5.2 de AASHTO MBE 2018.

La *Organización* debe contar con un procedimiento disponible al público para el trámite, revisión, trazabilidad, aprobación o rechazo, de permisos para la circulación de vehículos especiales por rutas específicas bajo su responsabilidad.

En la evaluación de capacidad de carga para permisos de circulación de vehículos especiales, se debe seguir en su totalidad lo especificado en el Artículo 6A.4.5.4 de AASHTO MBE 2018, para considerar la forma de colocar la carga del vehículo especial en el puente (6A.4.5.4.1), para combinarla con la presencia de otros vehículos (6A.4.5.4.1) y para identificar los factores de carga aplicables (6A.4.5.4.1); el Artículo 6A.4.5.5 de AASHTO MBE 2018 para considerar la carga dinámica, el Artículo 6A.4.5.6 de AASHTO MBE 2018 para considerar aspectos relacionados con la interacción de la carga en vigas externas, y el Artículo 6A.4.5.7 de AASHTO MBE 2018 para considerar aspectos relacionados con tramos continuos de puentes.

10.8.1.3.1 Tipos de permisos de circulación de vehículos especiales

De acuerdo con los Artículos 6A.4.5.1 y 6A.4.5.3 de AASHTO MBE 2018, los permisos de circulación de vehículos especiales se deben emitir para un solo viaje, un número de viajes

limitado durante un tiempo específico menor a un año o un número de viajes ilimitado durante un año. Estos permisos se denominan, permiso de circulación de viaje único, permiso de circulación de viajes limitados y permiso de circulación de viajes ilimitados, respectivamente. Estos permisos se describen a continuación:

1. El permiso de circulación de viaje único es un permiso que autoriza a un vehículo particular realizar un único viaje por una ruta especifica. El permiso debe especificar la configuración de ejes del vehículo, los límites de peso bruto y peso por eje autorizados por la *Organización* y la ruta por donde se permite la circular. Además, se debe especificar si el vehículo puede circular sobre el puente con el tráfico normal o si se requiere restringir parcial o totalmente la circulación de otros vehículos, si se requiere escolta o si se requiere restringir la velocidad de tránsito. Finalmente, se debe especificar el carril de tránsito por donde circular.
2. El permiso de circulación de viajes limitados es un permiso que autoriza a un vehículo particular realizar un número limitado de viajes durante un tiempo determinado menor a un año. El permiso debe especificar la configuración de ejes del vehículo, indicar los límites de peso bruto y peso por eje autorizados por la *Organización* e indicar la ruta o rutas por donde se permite la circulación. Además, se debe especificar si el vehículo puede circular sobre el puente con el tráfico normal o si se requiere restringir parcial o totalmente la circulación de otros vehículos, si se requiere escolta o si se requiere restringir la velocidad de tránsito. Finalmente, se debe especificar el carril de tránsito por donde circular.
3. El permiso de circulación de viajes ilimitados es un permiso anual que autoriza a un vehículo particular un número ilimitado de viajes. El permiso debe especificar la configuración de ejes del vehículo, indicar los límites de peso bruto y peso por eje autorizados por la *Organización* e indicar la ruta o rutas por donde se permite la circulación. Además, se debe especificar si el vehículo puede circular sobre el puente con el tráfico normal o si se requiere restringir parcial o totalmente la circulación de otros vehículos, si se requiere escolta o si se requiere restringir la velocidad de tránsito. Finalmente, se debe especificar el carril de tránsito por donde circular.

10.8.2 Método B

10.8.2.1 Evaluación en el nivel de inventario:

Este procedimiento de evaluación corresponde con el nivel habitual de esfuerzos de diseño de puentes, pero reflejando las condiciones existentes del puente al considerar el deterioro y la perdida de sección de los elementos, de acuerdo con el Artículo 6B.2.1 de AASHTO MBE 2018.

Un factor de capacidad de carga favorable (RF ≥ 1,00) en el procedimiento de evaluación de capacidad de carga de inventario es comparativamente similar a si se evaluara un puente

nuevo, resultando así, en una carga viva que puede ser utilizada en un puente por un periodo indefinido de tiempo (AASHTO, 2018).

De acuerdo con el Artículo 6B.4.2 de AASHTO MBE 2018 y el Inciso 10.6.2.2 del MP-2024 Tomo I, en este procedimiento los factores de carga son iguales a 1,0. El esfuerzo admisible (f_R) que se utiliza como capacidad (C) debe ser obtenido conforme se indica en el Artículo 6B.5.2 de AASHTO MBE 2018, para la evaluación en el nivel de inventario.

Las cargas deben estar de acuerdo con el Artículo 6B.6 de AASHTO MBE 2018, donde se especifica también la carga viva (L), que se debe modificar como se indica en el Inciso 10.8.2.3 del MP-2024 Tomo I.

10.8.2.2 Evaluación en el nivel de operación:

El procedimiento de evaluación de capacidad de carga en el nivel de operación, está descrito de la siguiente manera en el Artículo 6B.2.2 de AASHTO MBE 2018: representa la carga viva máxima permitida a la que puede estar sujeta la estructura. Permitir que un número ilimitado de vehículos use el puente que cumple únicamente con la evaluación de capacidad de carga a un nivel operativo (RF ≥ 1,00) puede acortar la vida útil del puente (AASHTO, 2018).

De acuerdo con el Artículo 6B.4.2 de AASHTO MBE 2018 y el Inciso 10.6.2.2 del MP-2024 Tomo I, en este procedimiento los factores de carga son iguales a 1,0. El esfuerzo admisible (f_R) que se utiliza como capacidad (C) debe ser obtenido conforme se indica en el Artículo 6B.5.2 de AASHTO MBE 2018, para la evaluación en el nivel de operación.

Las cargas deben estar de acuerdo con el Artículo 6B.6 de AASHTO MBE 2018, donde se especifica también la carga viva (L), que se debe modificar como se indica en el Inciso 10.8.2.3 del MP-2024 Tomo I.

10.8.2.3 Carga viva vehicular utilizada en los procedimientos de evaluación:

En el Artículo 6B.6.2.5 de AASHTO MBE 2018 se especifica realizar la evaluación con la carga HS20-44. Esto se modifica en este capítulo para la evaluación de cargas de diseño, en donde se debe utilizar la carga viva HS20-44 incrementada en un 25% (denominada HS20-44+25%) en los niveles de inventario y de operación, con los factores de carga especificados en el artículo 6B.4.2 de AASHTO MBE 2018 2018 para el método de esfuerzos de trabajo, que, también, se especifican en el Inciso 10.6.2.2 del MP-2024.

La carga HS20-44+25% se utiliza debido a que es la carga que se ha especificado en contrataciones de diseño de puentes en Costa Rica, cuando se colocan en los términos de referencia las especificaciones estándar de AASHTO (2002).

Si se obtiene un factor de capacidad de carga menor que 1 (RF<1,0) para la carga HS20-44+25% con el procedimiento de evaluación en el nivel de operación, se debe determinar si es necesario colocar restricciones de carga vehicular, utilizando las cargas que se definen en el

Artículo 6B.7.2 de AASHTO MBE 2018 y las *cargas legales nacionales*, que se definieron en el Inciso 10.8.1.2 del MP-2024 Tomo I. Esta evaluación se debe realizar con el procedimiento de evaluación en el nivel de inventario, lo cual, modifica lo establecido en el Artículo 6B.7.1 de AASHTO MBE 2018, donde se especifica que la evaluación para colocar restricciones de carga se debe realizar para los procedimientos de evaluación en el nivel de inventario y en el nivel de operación.

Si después de analizar cada una de las cargas legales se obtiene al menos un RF<1,0, para alguna de las cargas legales de AASHTO (Artículo 6B.7.2 de AASHTO MBE 2018) y las *cargas legales nacionales* (Inciso 10.8.1.2 del MP-2024 Tomo I), entonces se debe colocar una restricción de carga siguiendo las disposiciones del Apartado 10.10.2 del MP-2024 Tomo I.

Además, si se requiere realizar evaluaciones de capacidad de carga en puentes para brindar permisos de circulación de vehículos especiales (los cuales se definen en el Inciso 10.8.1.3 del MP-2024 Tomo I), se debe realizar una evaluación de capacidad de carga considerando el peso, las dimensiones y la distribución de cargas por eje del vehículo especial, con el procedimiento de evaluación en el nivel de operación, como se indica en el Artículo 6B.8.1 de AASHTO MBE 2018.

Los Artículos 6B.8.2, 6B.8.3 y 6B.8.4 de AASHTO MBE 2018, deben ser complementados con los aspectos del Inciso 10.8.1.3 del MP-2024 Tomo I, sobre los permisos de circulación de viajes ilimitados, los permisos de circulación de viajes limitados y. los permisos de circulación de viaje único, respectivamente.

10.9Evaluación por fatiga para puentes de acero

Como está planteado en AASHTO MBE 2018, la evaluación de elementos de acero en tensión con detalles estructurales propensos a fatiga solamente se debe realizar con el Método A. La fatiga es el inicio y la propagación de grietas debido a la variación repetida de esfuerzos en un elemento en tensión (AASHTO, 2020). De acuerdo con el artículo 6A.6.4.1 de AASHTO MBE 2018, los detalles estructurales propensos a fatiga son los que se clasifican en la Categoría C o alguna categoría inferior especificada en la Tabla 6.6.1.2.3-1 de la especificación para diseño de puentes AASHTO LRFD 2020.

En el artículo 6A.6.4.1 de AASHTO MBE 2018 se especifica la evaluación por fatiga para elementos de acero en tensión, la cual, no se considera opcional en este capítulo y se debe realizar para todos los elementos de acero en tensión que tengan detalles estructurales propensos a fatiga. Esta evaluación por fatiga debe seguir los procedimientos especificados en la Sección 7 de AASHTO MBE 2018, en donde se debe determinar si se satisfacen los requerimientos para vida infinita de fatiga o, si no se satisfacen estos requerimientos, se debe determinar la vida remanente por fatiga.

Para determinar la vida remanente de fatiga, de acuerdo con el Artículo 7.2.5 de AASHTO MBE 2018, son necesarios los datos de tránsito promedio diario de vehículos pesados (ADTT), el año de medición y la tasa de crecimiento anual del tránsito. Estos datos, se deben obtener de la información de inventario del puente (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I). Si estos datos no existieran en la información de inventario, deben ser incluidos en los términos de referencia de las contrataciones para evaluación de puentes. Si los datos no se incluyeron en los términos de referencia, el profesional responsable de la evaluación debe solicitarlos al personal de la *Organización*.

La *Organización* puede realizar *Inspecciones detalladas* (ver Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I) o utilizar estudios avanzados (como los que se especifican en el Capítulo 11 y el Capítulo 12 del MP-2024 Tomo I) para determinar los parámetros que se definen en la Sección 7 de AASHTO MBE 2018 para realizar la evaluación por fatiga. Lo anterior, se debe justificar con un análisis que respalde la decisión de realizar lo anterior, comparando el costo de realizar las *Inspecciones detalladas* o los estudios avanzados con el beneficio de obtener una mejor evaluación de la seguridad estructural del puente ante fatiga.

10.10 Restricción de la carga vehicular

Si en la evaluación de la capacidad de carga utilizando cargas legales (con el Método A o con el Método B) se obtiene un RF menor que uno (RF<1,0), se debe colocar señalización vertical en el puente, indicando una restricción de carga vehicular, cuya magnitud se debe calcular de acuerdo con el Apartado 10.10.1 del MP-2024 Tomo I, si se utiliza el Método A o el Apartado 10.10.2 del MP-2024 Tomo I si se utiliza el Método B.

La restricción de carga se debe colocar en una señal vertical. Las señales verticales están especificadas en el *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito* (Secretaría de Integración Económica Centroamericana [SIECA], 2014) (denominado de aquí en adelante como *Manual de señalización vial de SIECA 2014*). En el Apartado 10.10.3 del MP-2024 Tomo I se especifican las cargas y los tipos de vehículos que se utilizan para determinar la restricción de carga en estas señales. Además, en los Apartados 10.10.4 y 10.10.5 del MP-2024 Tomo I se especifican otros tipos de señales verticales, relacionadas con las restricciones de carga en puentes.

Cualquier evaluación de capacidad de carga que resulte en la necesidad de restringir la carga vehicular que puede transitar sobre un puente, debe ser registrada en una memoria de cálculo, en donde se justifiquen todos los criterios y juicios utilizados por el profesional responsable de realizar la evaluación.

10.10.1 Restricción de la carga vehicular con el Método A

La magnitud de la restricción de carga se debe calcular de acuerdo como se indica en el

Artículo 6A.8.3 de AASHTO MBE 2018, con la Ecuación 6A.8.3-1, la cual se replica en la Ecuación 10-10:

$$Restriccion\ de\ carga = \frac{W}{0{,}7}[RF - 0{,}3] \quad \text{(10-10)}$$

(AASHTO MBE 2018 6A.8.3-1)

Donde,

RF: factor de capacidad de carga mínimo para el puente que se obtuvo después de evaluar cada una de las cargas legales.

W: Peso total o peso del eje más cargado del vehículo de carga legal de AASHTO MBE 2018 (Artículo 6A.4.4.2.1) o el vehículo de *carga legal nacional* (Inciso 10.8.1.2 del MP-2024 Tomo I) utilizado para obtener el RF respectivo (ver Tabla 10.5).

La restricción de carga en las señales verticales R12-3, R12-4 y R12-5 (SIECA, 2014) se coloca en toneladas métricas, por lo cual, el resultado de la Ecuación 10-8 se debe redondear a la tonelada inferior más cercana. En el Apartado 10.10.3 del MP-2024 Tomo I se especifica la forma de utilizar los pesos W para obtener la restricción de carga que se colocará en estas señales.

10.10.2 Restricción de la carga vehicular con el Método B

El Artículo 6B.7 de AASHTO MBE 2018 no especifica una ecuación para calcular la restricción de carga según el Método B. Por lo tanto, se utiliza el método de cálculo denominado en este apartado como "capacidad de carga por peso" (*"rating in tons*" como se conoce en inglés). Este método de cálculo está definido en la Ecuación 6B4.1-2 de AASHTO MBE 2018, la cual se modifica para representar la restricción de carga (MnDOT, 2018), como se muestra en la Ecuación 10-11 a continuación:

$$Restriccion\ de\ carga = (RF)\ W \quad \text{(10-11)}$$

(Modificada de AASHTO MBE 2018 6B4.1-2)

Donde,

RF: factor de capacidad de carga mínimo para el puente que se obtuvo después de evaluar cada una de las cargas legales.

W: Peso total o peso del eje más cargado del vehículo de AASHTO MBE 2018 (Artículo 6B.7.2) o de la *carga legal nacional* (Inciso 10.8.1.2 del MP-2024 Tomo I) utilizada para obtener el RF respectivo (ver Tabla 10.5).

La restricción en las señales verticales para restricciones de carga R12-3, R12-4 y R12-5 (SIECA, 2014) se colocan en toneladas métricas, por lo cual, el resultado de la Ecuación 10-9 se debe redondear a la tonelada inferior más cercana. En el Apartado 10.10.3 del MP-2024

Tomo I se especifica la forma de utilizar los pesos W para obtener la restricción de carga que se colocará en estas señales.

Las cargas vehiculares que se utilizan para determinar si se requiere restringir la carga que transita por el puente están especificadas en el Artículo 6B.7.2 de AASHTO MBE 2018. Estas cargas representan los vehículos de Estados Unidos que están autorizados para transitar sin restricción sobre los puentes (ver Artículo C6B.7.2 de AASHTO MBE 2018). En el Artículo 6B.7.2 de AASHTO MBE 2018, se indica que estas cargas tienen la misma magnitud y distribución que las cargas legales especificadas en el Artículo 6A.4.4.2 de AASHTO MBE 2018.

Tal y como se mencionó en el Inciso 10.8.1.2 del MP-2024 Tomo I, en Costa Rica, los vehículos que pueden transitar sin restricción sobre los puentes, están autorizados en el Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT denominado *Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga* (2003) y sus reformas. Sin embargo, no existe información que permita determinar que los vehículos autorizados en este Decreto Ejecutivo, estén representados por las cargas del artículo 6B.7.2 de AASHTO MBE 2018.

Por lo tanto, el profesional responsable de la evaluación, debe considerar disposiciones del Inciso 10.8.1.2 del MP-2024 Tomo I, las cuales, permiten el uso de *cargas legales nacionales*. Estas *cargas legales nacionales* deben ser utilizadas de manera adicional a las cargas especificadas en el Artículo 6B.7.2 AASHTO MBE 2018, para evaluar la capacidad de carga en puentes que requieren restricciones de peso vehicular, utilizando el Método B.

Para la determinación del factor de capacidad de carga (RF), se debe utilizar, únicamente, la capacidad estructural (C) que se especifica para el nivel de evaluación de inventario. Los factores A_1 y A_2, ambos iguales a 1,00, correspondientes al método ASR (Artículo 6B.4.2 de AASHTO MBE 2018) y los esfuerzos por carga viva L, correspondientes con las cargas legales de AASHTO MBE 2018 (Artículo 6B.7.2) o las *cargas legales nacionales* (Inciso 10.8.1.2 del MP-2024 Tomo I).

10.10.3 Señalización vertical para advertir sobre una restricción de carga

En la Tabla 10.5 se muestran tres tipos de señalización denominadas R-12-3, R-12-4 y R-12-5, que se pueden utilizar para advertir sobre una restricción de carga en puentes (SIECA, 2014).

Para calcular la restricción de carga en las Ecuaciones 10-10 y 10-11 se debe utilizar un amplio rango de vehículos representados por las cargas legales de AASHTO (ver Artículo 6A.4.4.2.1 o 6B.7.2 de AASHTO MBE 2018) y las *cargas legales nacionales* (ver Inciso 10.8.1.2 del MP-2024 Tomo I).

Para seleccionar la magnitud adecuada de la restricción de carga vehicular que se debe colocar en cada señal, se deben considerar los criterios para seleccionar el peso W que se indican en la Tabla 10.5, en donde se hace referencia a las cargas legales de AASHTO MBE 2018 y a los artículos del Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT con los cuales se definen las *cargas legales nacionales*.

Tabla 10.5. Criterios para definir la magnitud de la restricción de carga en la señalización

Tipo de señal (SIECA, 2014)	Criterio de restricción de carga en puentes	Magnitud de la restricción de carga vehicular calculada con la Ecuación 10-10 o la Ecuación 10-11
 **R-12-3**	Se restringe el paso de vehículos que tengan un peso mayor que el peso máximo indicado en la señal instalada.	Restricción de carga obtenida a partir del peso total del vehículo (W) con el que se obtuvo el menor RF. Los vehículos que se deben analizar son: • Cargas legales de AASHTO (Artículo 6A.4.4.2.1 o 6B.7.2 de AASHTO MBE 2018) • Carga legal nacional basada en alguno de los vehículos especificados en los diagramas de los Artículos 84, 85, 86 y 87 del Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT
 **R-12-4**	Se restringe el paso de vehículos que tengan al menos un eje con un peso mayor que el peso máximo por eje indicado en la señal.	Restricción de carga obtenida a partir del peso (W) del eje más cargado del vehículo con el que se obtuvo el menor RF. Los vehículos que se deben analizar son: • Cargas legales de AASHTO (Artículo 6A.4.4.2.1 o 6B.7.2 de AASHTO MBE 2018) • Carga legal nacional basada en alguno de los vehículos especificados en los diagramas de los Artículos 84, 85, 86 y 87 del Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT
 **R-12-5**	Con el símbolo  se restringe el paso de vehículos unitarios que tengan un peso mayor que el peso máximo indicado la señal.	Restricción de carga obtenida a partir del peso total del vehículo (W) con el que se obtuvo el menor RF. Los vehículos que se deben analizar son: • Cargas legales Tipo 3, NRL, SU4, SU5, SU6 y SU7 de AASHTO (Artículo 6A.4.4.2.1 o 6B.7.2 de AASHTO MBE 2018) • Carga legal nacional basada en alguno de los vehículos unitarios especificados en los diagramas del Artículo 84 del Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT
	Con el símbolo  se restringe el paso de vehículos con semirremolque que tengan un peso mayor que el peso máximo indicado en la señal.	Restricción de carga obtenida a partir del peso total del vehículo (W) con el que se obtuvo el menor RF. Los vehículos que se deben analizar son: • Cargas legal Tipo 3S2 de AASHTO y combinaciones para puentes con claros mayores que 60 m (200 pies) y para momento negativo en claros interiores (Artículo 6A.4.4.2.1 o 6B.7.2 de AASHTO MBE 2018) • Carga legal nacional basada en alguno de los vehículos con semirremolque o doble semirremolque especificados en los diagramas de los Artículos 86 y 87 del Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT
	Con el símbolo  se restringe el paso de vehículos pesados con remolque que tengan un peso mayor que el peso máximo indicado en la señal.	Restricción de carga obtenida a partir del peso total del vehículo (W) con el que se obtuvo el menor RF. Los vehículos que se deben analizar son: • Cargas legal Tipo 3S2 de AASHTO (Artículo 6A.4.4.2.1 o 6B.7.2 de AASHTO MBE 2018) • Carga legal nacional basada en alguno de los vehículos con remolque especificados en los diagramas del Artículo 85 del Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT

Las magnitudes de las restricciones de carga vehicular indicadas en las señales de la Tabla 10.5 se muestran a manera de ejemplo, ya que, deben ser calculadas con la Ecuación 10-10 si se utiliza el Método A o con la Ecuación 10-11 si se utiliza el Método B.

La señalización vertical por utilizar debe ser clara y sin obstrucciones a la vista de los conductores. Se debe colocar en los accesos del puente y en zonas de la carretera donde los vehículos, que sobrepasan el peso indicado en la restricción de carga, se puedan desviar por otra ruta donde los puentes no tengan restricción de carga vehicular (FHWA, 2009).

10.10.4 Otras señales verticales relacionadas con la restricción de carga en los puentes

Además de las señales verticales del Apartado 10.10.3 del MP-2024 Tomo I, es necesario considerar otras que se pueden utilizar cuando se requiere restringir el paso a vehículos pesados, si se requiere cerrar el puente al tránsito vehicular o si se requiere que en el puente solo pase un vehículo pesado a la vez, debido a una deficiencia en la capacidad de carga.

Si después de evaluar la capacidad de carga utilizando cargas legales (de AASHTO MBE 2018 o *cargas legales nacionales*) se obtiene un RF menor que 0,3, entonces se debe restringir totalmente el paso a los vehículos pesados, y solo podrán circular vehículos livianos y de carga liviana. Para esto se deben utilizar las señales verticales R-7-1, R-7-2 o R-7-3, especificadas en el *Manual de señalización vial de SIECA 2014* y que se muestran la Figura 10.3. Estas señales verticales se deben colocar a la entrada de la carretera donde se encuentra el puente en el cual se aplica la restricción (SIECA, 2014).

El puente debe ser cerrado por completo al tránsito si no es capaz de soportar una carga vehicular de 30 kN (3 toneladas). Se debe indicar a los conductores de esta situación, como mínimo con una señal tipo R-3-1a que indique que el paso por el puente está cerrado, de acuerdo con el *Manual de señalización vial de SIECA 2014* (ver Figura 10.4). Esta señal vertical debe ser colocada en zonas de la carretera donde los vehículos se puedan desviar por otra ruta. También, se deben utilizar señales y dispositivos de control temporal de tránsito, de acuerdo con el Capítulo 6 del *Manual de señalización vial de SIECA 2014* o con el *Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos en las Vías* (Ministerio de Obras Públicas y Transportes [MOPT], 2015).

En el caso de que la *Organización* o el profesional responsable de la evaluación decida que solamente un vehículo pesado a la vez podrá transitar sobre el puente, después de realizar la evaluación de capacidad de carga para colocar la restricción, entonces se debe colocar la señal vertical R-12-6 (SIECA, 2014) (ver Figura 10.5), de forma conjunta a las señales indicadas en la Tabla 10.5.



Figura 10.3. Señales verticales para prohibir el paso de vehículos pesados (SIECA, 2014)



Figura 10.4. Señal vertical para prohibir el paso del tránsito por un puente (SIECA, 2014)



Figura 10.5. Señal vertical para indicar que solo un vehículo pesado a la vez debe transitar sobre un puente (SIECA, 2014)

10.10.5 Reducción de la velocidad de tránsito en el puente

En algunos casos, reducir los límites de velocidad para el tránsito sobre el puente puede generar una reducción de las cargas de impacto y puede no ser necesario colocar restricciones de carga. En este apartado se muestran las señales verticales que se deben utilizar para reducir los límites de velocidad, complementando lo establecido en los Artículos 6A.8.5 y 6B.7.5 de AASHTO MBE 2018, que están relacionados con límites a la velocidad del tránsito sobre el

puente. El profesional responsable de realizar la evaluación de capacidad de carga, debe fundamentar en la memoria de cálculo los criterios establecidos para reducir el impacto por medio de una reducción en la velocidad de tránsito sobre el puente.

Cuando se considere reducir la velocidad de tránsito, se debe colocar una señal vertical que limite la velocidad máxima, tomando en cuenta el alineamiento de la carretera, la ubicación general de la estructura, el volumen y el tipo de tránsito sobre el puente. Esta señal debe estar conforme con lo que se indica en el *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito* (SIECA, 2014), las cuales están especificadas como R-2-1 y R-2-8. Además, se puede utilizar la señal vertical R-2-2 para restringir la velocidad únicamente a vehículos pesados. En la Figura 10.6 se muestran ejemplos de estas señales.

Además, las señales verticales de la Figura 10.6 se pueden colocar en conjunto con una señal R-12-6 (ver Figura 10.5) que limita el tránsito de un vehículo pesado a la vez sobre un puente.

Colocar una señal vertical que restrinja la velocidad no se debe considerar como una justificación que permita aumentar la magnitud de la restricción de carga en sitios donde sea difícil controlar su aplicación. En estos sitios se pueden prever violaciones frecuentes al límite de velocidad y a la restricción de carga. Debido a esta situación, la *Organización* debe buscar opciones alternativas para garantizar la seguridad de los usuarios del puente, como restricciones de altura o reductores de velocidad, velando por el menor impacto negativo a la economía del lugar.



Figura 10.6. Señales verticales para restringir la velocidad del tránsito por un puente (SIECA, 2014)

10.11 Bibliografía

AASHTO. (2002). *Standard Specifications for Highway Bridges (17° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2018). *The Manual for Bridge Evaluation (3° ed.).* Washington, D.C: American

Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

CFIA. (2013). *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes.* San José: LanammeUCR.

Fernández-González, E. J. (2017). *Efecto de los pesos vehiculares máximos autorizados con respecto a los modelos de carga vehicular de la normativa AASHTO para puentes nacionales.* (Tesis para optar el título de Licenciatura en Ingeniería Civil). Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

FHWA. (1995). *Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges (Publication n.° FHWA-PD-96-001).* Washington, D.C: Office of Engineering, Federal Highway Administration.

FHWA. (2009). *The Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways (MUTCD).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

MnDOT. (2018). *Bridge Load Rating and Evaluation Manual.* Minnesota: Minnesota Department of Transportation.

MOPT. (2015). *Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos en las Vías.* San José: Dirección General de Ingeniería de Tránsito, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

NCHRP. (1987). *NCHRP Report 301: Load Capacity Evaluation of Existing Bridges.* Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

ODOT. (2020). *Bridge Design Manual.* Ohio: Ohio Department of Transportation.

Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga. (Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT, 2003). Costa Rica.

SIECA. (2014). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.* Ciudad de Guatemala: Secretaría de Integración Económica Centroamericana.

Wang, N. (2010). *Reliability-Based Condition Assessment of Existing Highway Bridges.* (Tesis para optar el título de Doctorado en Ingeniería Civil y Ambiental). Georgia Institute of Technology, Georgia, Estados Unidos de América.

11

Monitoreo de salud estructural en puentes

11.1 Introducción 11/3

11.1.1 Generalidades 11/3

11.1.2 Instrumentación, monitoreo y monitoreo estructural 11/4

11.1.3 Definición de monitoreo de salud estructural 11/5

11.1.4 Relación entre monitoreo de salud estructural y evaluación no destructiva 11/5

11.2 Principios básicos de monitoreo de salud estructural 11/6

11.2.1 Identificación de deficiencias 11/6

11.2.2 Niveles de identificación de las deficiencias 11/7

11.2.3 Axiomas fundamentales de monitoreo de salud estructural 11/8

11.2.4 Componentes del sistema de monitoreo de salud estructural 11/9

11.2.5 El proceso de monitoreo de salud estructural 11/11

11.2.6 Beneficios del monitoreo de salud estructural 11/12

11.3 Implementación de un sistema de monitoreo de salud estructural 11/14

11.3.1 Consideraciones generales 11/14

11.3.2 Estrategias para la implementación del monitoreo de salud estructural 11/15

11.3.3 Avances y plataformas tecnológicas para la implementación del monitoreo de salud estructural 11/21

11.3.4 Metodología para el diagnóstico estructural 11/21

11.3.5 Metodología para la identificación de deficiencias 11/22

11.4 Requerimientos generales para un sistema de monitoreo de salud estructural 11/22

11.4.1 Reglas generales para el diseño de un sistema de monitoreo de salud estructural en puentes..... 11/22

11.4.2 Componentes funcionales del sistema de monitoreo de salud estructural.....11/23

11.4.3 Requisitos de diseño para el subsistema del sensor..... 11/25

11.4.4 Requisitos de diseño para el subsistema de adquisición y transmisión de datos... ..... 11/26

11.4.5 Requisitos de diseño para el subsistema de diagnóstico y evaluación de seguridad estructural del puente..... 11/29

11.4.6 Requisitos de diseño para el subsistema de gestión de bases de datos..... 11/31

11.4.7 Aceptación de un sistema de monitoreo permanente y automatizado.....11/32

11.4.8 Mantenimiento del sistema de monitoreo permanente y automatizado..... 11/33

11.5 Calificación del personal..... 11/34

11.6 Bibliografía..... 11/34

11.1Introducción

En este capítulo se norma la práctica ingenieril denominada Monitoreo de Salud Estructural, a la cual se referirá de aquí en adelante como MSE (SHM por sus siglas en inglés para "*Structural Health Monitoring"*), el cual es un estudio especial realizado a criterio de la Administración. En esta sección, esta práctica se describe de forma general, así como su relación con prácticas antecesoras y complementarias tales como instrumentación, monitoreo estructural y ensayos no destructivos. En la Sección 11.2 del MP-2024 Tomo I, se presenta un resumen sobre el marco conceptual de MSE en cuanto a su finalidad, principios fundamentales, componentes y proceso. La Sección 11.3 del MP-2024 Tomo I se refiere a las consideraciones generales, las estrategias y metodologías recomendadas, junto a las plataformas tecnológicas disponibles para llevarlas a cabo. Finalmente, en la Sección 11.4 del MP-2024 Tomo I se puede encontrar una lista de los requerimientos técnicos generales que deben cumplir los diferentes componentes y procesos de un sistema de MSE

El MSE se considera una actividad complementaria a las inspecciones visuales que forman parte de los sistemas de gestión de puentes, que proveen de información necesaria para la toma de decisiones en ciertos proyectos específicos, por lo que su inclusión, utilización o contratación dentro de las actividades de la Figura 2.2 del Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I es opcional, pero altamente recomendada cuando la situación del puente lo amerite. En el Inciso 11.3.2.4 del MP-2024 Tomo I se brindan ejemplos de casos en los que se recomienda la implementación de una estrategia de MSE.

11.1.1 Generalidades

El término MSE es un "estándar" (es decir, puede ser utilizado en muchas aplicaciones) reciente que tiene como actividades precursoras la instrumentación, el monitoreo estructural o simplemente el monitoreo, las cuales involucran varios de los componentes del paradigma de MSE moderno, tal como el diseño de la colocación de sensores, la recolección de datos, su procesamiento, seguido por un diagnóstico. En el nivel más simple, las inspecciones visuales rutinarias y la evaluación de la condición estructural (en las que se inspeccionan deficiencias como agrietamiento, desprendimiento de recubrimiento, deformaciones, entre otros) podrían verse como MSE; sin embargo, y aunque las anteriores actividades siguen siendo aún la base de la información para la toma de decisiones en los sistemas de gestión de puentes (ver Capítulos 3, 6 y 8 del MP-2024 Tomo I), los objetivos de las investigaciones que se realizan hoy día, buscan desarrollar medios cada vez más efectivos y confiables para la adquisición, manejo, integración e interpretación de los datos sobre el desempeño estructural, para el máximo aprovechamiento de la información a un mínimo costo. Además, se busca minimizar el factor cualitativo humano (Brownjohn, 2006).

En las últimas dos décadas, se han desarrollado procedimientos experimentales de recolección de información extensiva de campo mediante mediciones específicas, que permiten validar modelos y respaldar análisis computacionales. Estos han demostrado su idoneidad práctica en muchas aplicaciones. Los avances en la tecnología de sensores junto con las aplicaciones de las tecnologías de información y el análisis de datos han contribuido a este desarrollo (Rücker, Hille, y Rohrmann, 2006). Una de las aplicaciones de estos procedimientos o técnicas, se da en los sistemas de gestión de puentes y en los respectivos proyectos de rehabilitación (mayor o menor) de puentes, donde se requiere de alguna forma la validación y el aseguramiento de la efectividad del trabajo realizado con datos o mediciones concretas. En este sentido, el MSE puede proveer a la Administración evidencias (como un ejemplo muy básico, validación de la efectividad de una rehabilitación (mayor o menor) por incremento en las frecuencias) y respaldo para su toma de decisiones (Brownjohn, 2006).

11.1.2 Instrumentación, monitoreo y monitoreo estructural

Anteriormente se mencionó que las actividades de instrumentación, monitoreo y monitoreo estructural son precursoras del MSE, debido a que involucran distintos componentes que deben ser considerados como parte de este. A continuación, se definen cada una de estas actividades con el fin de aclarar las terminologías y las relaciones que existen.

i. Instrumentación:

Se refiere al uso de un conjunto de dispositivos con el objetivo de medir, controlar o registrar variables de un proceso. En el caso específico de la infraestructura civil, puede tener distintos objetivos, tal como conocer el estado (deflexiones, esfuerzos, deformaciones, entre otros) de los elementos o componentes estructurales, o del sistema estructural como un todo.

ii. Monitoreo:

Es una inspección u observación continua del desempeño o salidas de un proceso para un propósito especial dentro de un alcance definido (por ejemplo: mediante una muestra de cierto tamaño o durante cierto período), y manteniendo los registros de dichas observaciones (International Organization for Standardization [ISO], 2015).

iii. Monitoreo estructural:

El monitoreo estructural es un proceso que consiste en la captura continua o periódica (ver Punto iv del Inciso 11.3.2.3 del MP-2024 Tomo I), de forma permanente o temporal (ver Punto iii del Inciso 11.3.2.3 del MP-2024 Tomo I), de los parámetros de interés que permiten conocer el estado de una estructura, lo cual significa que puede realizarse a corto, mediano, o largo plazo e inclusive durante la vida útil de un activo. La actividad de monitoreo estructural se diferencia del MSE, en

que la primera consta en la observación y seguimiento de fenómenos físicos y parámetros o variables que se adquieren a través de la instrumentación, mientras que la segunda implica un acercamiento más integral y global desde la perspectiva de gestión y alerta temprana que se explica más adelante en el capítulo (Mendoza-Salas, 2011).

11.1.3 Definición de monitoreo de salud estructural

El concepto de Monitoreo de la Salud Estructural (MSE), consiste en “dar, periódica o continuamente durante la vida útil de una estructura, un diagnóstico del estado de los materiales constituyentes de sus diferentes componentes y/o del sistema global” (Balageas, Fritzen, y Güemes, 2006).

En un sentido más práctico, el MSE es un método de identificación y evaluación no-destructivo en el sitio, que utiliza distintos tipos de sensores para obtener datos de diversa índole (de manera continua o periódica), colocados o embebidos en una estructura para recolectar, analizar y almacenar información, con el objetivo de:

- Monitorear la respuesta estructural y analizar sus características, con el propósito de estimar la severidad del daño o deterioro, y evaluar sus consecuencias en la estructura en términos de su respuesta, capacidad y vida útil (Housner et al., 1997; Karbhari, 2005; Mufti, 2001).
- Que estos sirvan de referencia o línea base y puedan ser utilizados para identificar daños incipientes, así como para evaluar la seguridad, integridad, resistencia o desempeño de la estructura (Dong, Song, y Liu, 2010).

Por lo tanto, el MSE puede entenderse como la identificación de un sistema (este término se refiere al proceso de hallar un modelo matemático a partir de datos medidos (Peeters, 2000), de un modelo físico, paramétrico o no-paramétrico de la estructura, utilizando datos temporales, es decir, tomados en diferentes tiempos. Las señales utilizadas en el MSE pueden no solo provenir de las vibraciones, la cual es una de las formas más difundidas a nivel de los puentes, sino también de los efectos cuasiestáticos, como los ciclos térmicos. Una vez identificado un modelo de sistema de línea de base, es decir, contra el cual se realizan las comparaciones posteriores, los procedimientos de MSE tienen como objetivo identificar y alertar cuando las señales de salida se desvían del comportamiento esperado (Brownjohn, 2006).

11.1.4 Relación entre monitoreo de salud estructural y evaluación no destructiva

El MSE también puede incluir el uso de muchos dispositivos, técnicas y sistemas que tradicionalmente se designan como herramientas de ensayos no destructivos (END) y

evaluación no destructiva (NDE). No hay una delimitación formal entre cada enfoque, pero hay una diferencia entre END/NDE y MSE. END/NDE, como se menciona en el Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I, normalmente se refiere a una evaluación única de la condición de los materiales en un solo punto o componente, y al efecto o alcance de las deficiencias identificadas en la estructura, utilizando para ello equipos externos a la misma. El MSE normalmente se refiere a actividades enfocadas en evaluar la condición de la estructura o sus componentes clave en función de la respuesta a varios tipos de cargas, y generalmente implica una evaluación continua o repetida de esta respuesta (Dong et al., 2010).

Según Balageas et al. (2006), como diferencia adicional con respecto a los END, el MSE implica la integración de sensores, materiales inteligentes, transmisión de datos, potencia computacional y capacidad de procesamiento dentro de las estructuras (ver Figura 11.1). Adicionalmente, el MSE permite retroalimentar el diseño de la estructura debido a que se pueden comprobar las hipótesis de diseño, la gestión completa de la estructura y la estructura considerada como parte de sistemas más amplios, como por ejemplo un sistema inteligente de infraestructura vial y transporte.

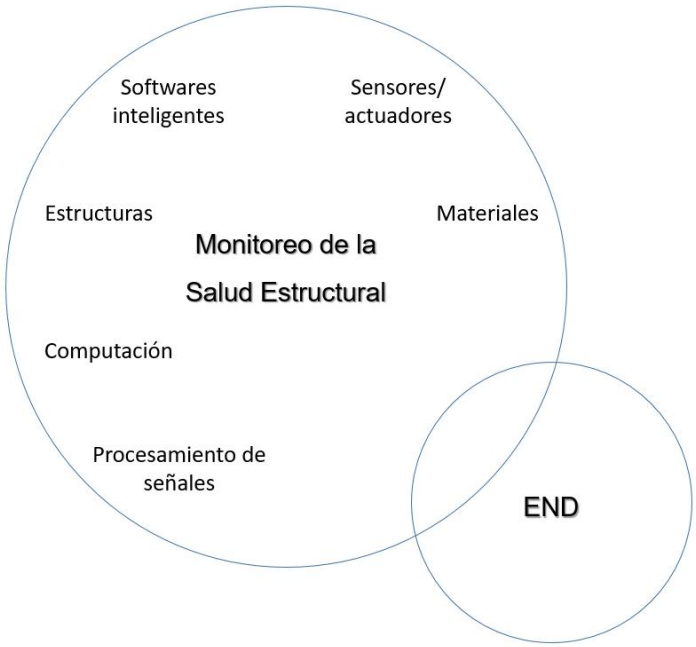


Figura 11.1. Relación entre MSE y END.

Fuente: Balageas et al., 2006.

11.2 Principios básicos de monitoreo de salud estructural

11.2.1 Identificación de deficiencias

Previo a establecer la forma en que el MSE permite la identificación de deficiencias en estructuras de puentes, es importante definir en este contexto lo que se entiende por

deficiencia (concepto que abarca tanto daños como deterioros), en relación con lo expuesto en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I. En la literatura de referencia de este capítulo, la identificación de deficiencias se puede hallar como "*damage identification"*, donde *damage* se traduce al español como daño, pero en inglés se utiliza una definición de "*damage"* igual a la que se emplea en este manual para deficiencias.

La deficiencia se define como los cambios en el material y/o en las propiedades geométricas de los elementos, incluyendo los cambios en las condiciones de frontera y la conectividad del sistema, que afectan adversamente el desempeño actual o futuro de este último. Implícito en esta definición, está el concepto de que la deficiencia no es significativa sin una comparación entre dos estados diferentes del sistema, uno de los cuales se supone que representa el estado inicial, y a menudo, sin deficiencia (Farrar y Worden, 2007).

Aunque no necesariamente es un concepto universalmente aceptado, la deficiencia se podría explicar, como defectos o imperfecciones que se presentan, en cierto grado, en todos los materiales, pero que, bajo ciertos escenarios de demanda o carga, pueden expandirse y unirse a diferentes tasas, provocando daños generalizados a los componentes y hasta a nivel del sistema.

El término deficiencia no implica necesariamente una pérdida total de la funcionalidad del sistema, sino que este no está en su condición original. A medida que aumente la deficiencia, llegará a un punto en que afectará su funcionalidad, hasta que ya no es aceptable para el usuario o su seguridad se ve comprometida. Este punto se le conoce como falla. Por otro lado, en términos de escalas de tiempo, la deficiencia puede acumularse gradualmente durante largos períodos, como es el caso de acumulación de daños por fatiga o corrosión (Farrar y Worden, 2007).

11.2.2 Niveles de identificación de las deficiencias

Existen 4 niveles de identificación de deficiencias referidas en la literatura (Rytter, 1993; Bisby, 2006; Peeters, 2000), los cuales se describen a continuación. Cada uno responde a la pregunta planteada en cada nivel.

- **Nivel 1 Detección: ¿Presenta la estructura alguna deficiencia o no?**
  El sistema de MSE da una indicación cualitativa de que podría existir alguna deficiencia en la estructura. En este nivel no se puede proveer información acerca de la naturaleza, ubicación o severidad de la deficiencia; tampoco evaluar la seguridad estructural.

- **Nivel 2 Localización: ¿Dónde está la deficiencia?**
  Un poco más avanzado que Nivel 1. El sistema de MSE no sólo indica la existencia de la deficiencia, sino también su ubicación más probable.

- **Nivel 3 Cuantificación: ¿Cuál es la extensión de la deficiencia?**
  El sistema de MSE detecta la existencia de la deficiencia, su ubicación y cuantifica su severidad.

- **Nivel 4 Predicción: ¿Cuánto es la vida remanente de servicio de la estructura?**
  Este es el nivel más sofisticado. El sistema de MSE no sólo abarca los tres niveles anteriores, sino que también puede evaluar la seguridad del sistema estructural ante un cierto estado de deficiencia.

Se puede observar que entre más alto sea el nivel de identificación de la deficiencia del sistema de MSE, mayor cantidad de información se deberá recolectar para la evaluación y toma de decisiones. Sin embargo, este mayor nivel del sistema también estará asociado a una mayor sofisticación de este y por lo tanto a un mayor costo. Por esta razón, será responsabilidad de la *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como *Organización*) definir cuáles son los objetivos del sistema de MSE y el nivel de identificación de la deficiencia requerido para cumplir dichos objetivos, según lo indicado en este capítulo.

11.2.3 Axiomas fundamentales de monitoreo de salud estructural

Worden, Farrar, Manson, y Park (2007) definieron los axiomas fundamentales del MSE. Es importante mencionarlos ya que, por la misma definición de axioma, estos postulados se consideran verdaderos y constituyen la base para el razonamiento y argumentación posterior.

I. Todos los materiales tienen defectos o imperfecciones inherentes.

II. La evaluación de la deficiencia requiere una comparación entre dos estados del mismo sistema correspondientes a diferentes tiempos.

III. La identificación de la existencia y ubicación de la deficiencia se puede hacer en un modo de aprendizaje no supervisado, pero la identificación del tipo de deficiencia presente y la gravedad de esta generalmente solo se puede hacer en un modo de aprendizaje supervisado (ver Apartado 11.2.5 del MP-2024 Tomo I).

IV. Este axioma se divide en dos partes:

   a. Los sensores no pueden medir la deficiencia directamente. La extracción de características a través del procesamiento de señales y la clasificación estadística, son necesarias para convertir los datos del sensor en información de

la deficiencia.

b. Cuanto más sensible es una medición a la deficiencia, más sensible es a las condiciones ambientales y operativas cambiantes, por ello es necesario una extracción inteligente de las características de las señales.

V. Las propiedades requeridas para el sistema de identificación de MSE dependen del tamaño de la deficiencia y la tasa de su evolución a través del tiempo.

VI. Entre más sensible es un algoritmo a la detección de deficiencias, menor es su capacidad de rechazo de ruido, entendiéndose por ruido a las fluctuaciones irregulares e interferencias que no tienen un significado, presentes en una señal eléctrica.

VII. El tamaño de la deficiencia que puede detectarse a partir de cambios en la dinámica del sistema es inversamente proporcional al rango de frecuencia de excitación y de estudio.

11.2.4 Componentes del sistema de monitoreo de salud estructural

Si bien es cierto los detalles específicos de cada sistema MSE pueden variar sustancialmente, tal y como se indicó en el Apartado 11.1.3 del MP-2024 Tomo I, el MSE básicamente implica la adquisición de datos mediante sensores, su transferencia y comunicación, análisis e interpretación, y su gestión. Lo anterior implica que, aunque el sistema pueda contar con múltiples variaciones, pueden reconocerse generalmente seis componentes comunes, los cuales se enlistan a continuación (Dong et al., 2010):

i) Sensores y redes de adquisición de datos.

ii) Comunicación de datos.

iii) Procesamiento de datos.

iv) Almacenamiento de datos procesados.

v) Análisis de diagnóstico y prognosis (es decir, detección de deficiencias y algoritmos de modelado, identificación e interpretación de eventos).

vi) Recuperación de información según sea necesario.

Un patrón de flujo típico entre los seis componentes de un sistema de MSE se muestra en la Figura 11.2; sin embargo, también son posibles otros patrones de flujo, y el tránsito de información entre los componentes del sistema ciertamente puede tomar más de un camino.

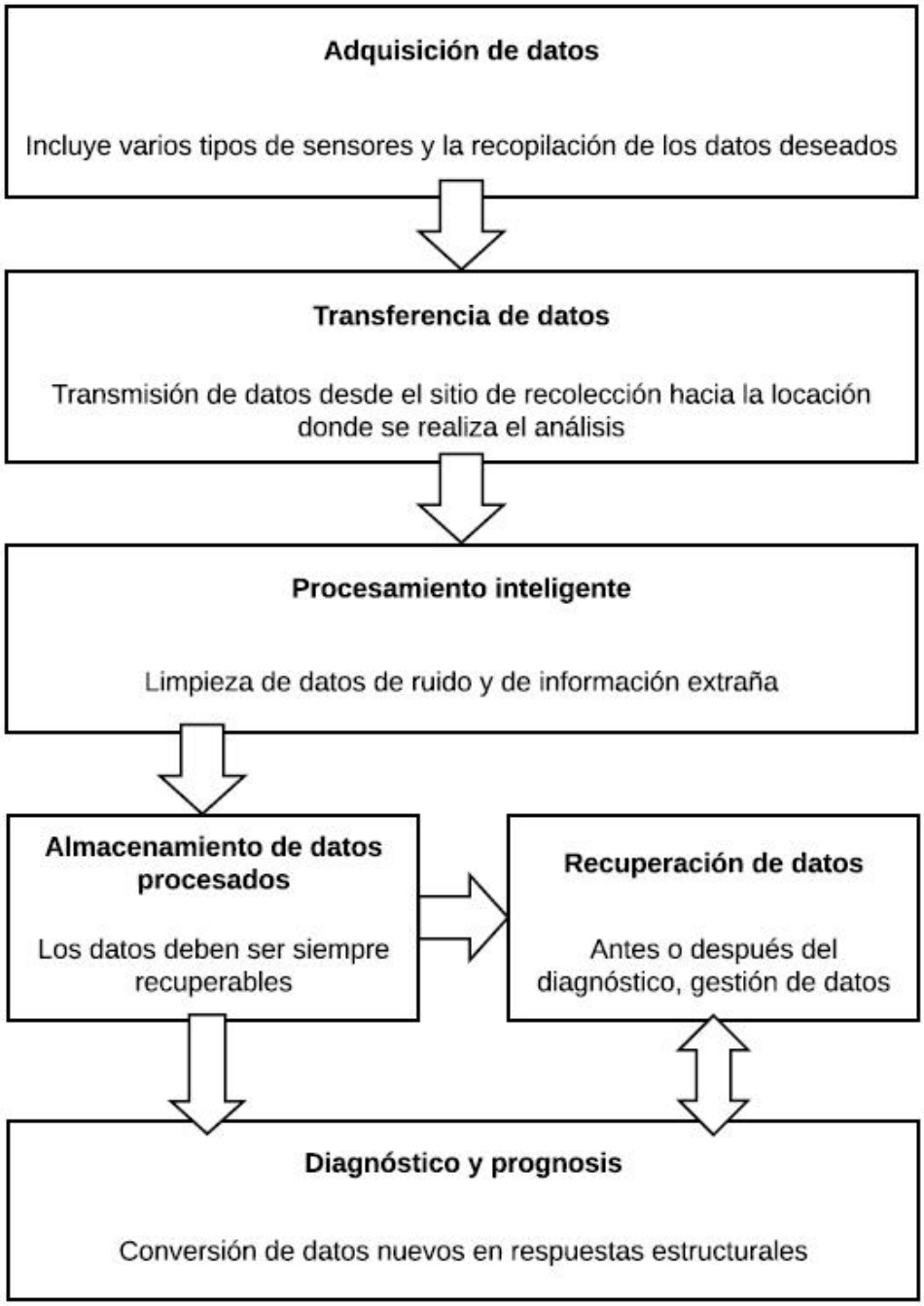


Figura 11.2. Componentes de un sistema de MSE típico
Fuente: Dong et al., 2010.

11.2.5 El proceso de monitoreo de salud estructural

Los autores Sohn, Farrar, Hemez, y Czarnecki (2002), consideran que el problema por resolver en el MSE es básicamente el reconocimiento de patrones estadísticos. El proceso para ello puede ser descrito como un proceso de cuatro partes:

i. Evaluación operacional

- Definir los tipos de deficiencias y los parámetros de monitoreo asociados para la estructura en la que se desea implementar MSE.
- Identificar los factores ambientales (como cambios de temperatura o de humedad) y del sistema estructural que pueden influir en los resultados.
- Identificar las limitaciones temporales, espaciales, tecnológicas y ambientales en la adquisición de datos.
- Clarificar los motivos económicos, técnicos o de seguridad para implementar MSE, de preferencia por medio de un análisis costo-beneficio.

ii. Adquisición, integración y limpieza de datos

- Escoger el tipo, la cantidad y la ubicación de los sensores.
- Escoger la plataforma tecnológica más adecuada para constituir el sistema de adquisición y transmisión de datos, de modo que se ajuste a los requerimientos.
- Determinar las características temporales de la toma de datos, es decir, si debe ser continua o periódica, y si fuera el segundo caso ¿cada cuánto?
- Seleccionar, limpiar, filtrar, reducir e integrar los datos provenientes de múltiples sensores para una identificación de deficiencias más confiable.

iii. Extracción de características y condensación de la información

- La extracción de características es el proceso de identificación de las características del puente sensibles al daño (por ejemplo, en un caso de MSE podrían ser la extracción de las propiedades modales del puente como las frecuencias, amortiguamientos y formas modales), derivadas de las señales de respuesta medida en el sistema, que permiten distinguir entre la estructura dañada y no dañada.
- Las tecnologías de medición y de diagnóstico necesarias para realizar MSE, suelen producir una gran cantidad de datos en su implementación. La compresión de datos en vectores con características de dimensión pequeña es

necesaria para obtener estimaciones precisas de la distribución estadística de las características.

iv. Desarrollo de modelos estadísticos

- Existe siempre una incertidumbre asociada a los instrumentos de medición y a la metodología de procesamiento de datos. Por lo tanto, es indispensable el desarrollo de modelos estadísticos para determinar el nivel de confiabilidad de la información generada.
- Su propósito es evaluar si los cambios en las características seleccionadas para identificar si una estructura está dañada, son estadísticamente significativos.
- Se puede hablar de 2 grupos principales de algoritmos:
  - Algoritmos de aprendizaje supervisado: se aplica cuando hay datos disponibles tanto de la estructura con deficiencia como de la que no tiene deficiencias. Métodos como redes neuronales artificiales, sistemas expertos y algoritmos genéticos, son ejemplos de este tipo de algoritmo que se basa en clasificación de grupos y análisis de regresión.
  - Algoritmos de aprendizaje no supervisado: se refiere a la clase de algoritmos que no contienen ejemplos de la estructura con deficiencia. Se basa en análisis de valores atípicos, como el análisis de gráficos de control y métodos de detección de anomalías.

11.2.6 Beneficios del monitoreo de salud estructural

El MSE presenta una serie de beneficios claves para estructuras civiles, los cuales son importantes de conocer a la hora de realizar el análisis costo-beneficio de utilizarlo en un puente dado. Algunos de los más comunes son (Bisby, 2006; Dong et al., 2010):

i. Mejorar el entendimiento del comportamiento estructural *in situ*

La mayor parte de la información que se utiliza actualmente en los códigos de diseño estructural se ha obtenido de programas de investigación realizados en diferentes laboratorios del mundo, donde es difícil o poco práctico, modelar completamente (física o numéricamente) el comportamiento de estructuras a escala real.

En este contexto, el MSE proporciona una gran cantidad de información sobre el comportamiento real de las estructuras cuando están sujetas a cargas operacionales y a condiciones de exposición ambiental reales. Esta información puede ser usada como base para la mejora de las prácticas futuras de diseño, construcción, operación y conservación de los puentes.

ii. Detección temprana de daño

La detección de deficiencias estructurales en su inicio permite una reacción temprana en implementar medidas preventivas, de modo que se pueden llegar a disminuir significativamente los costos de reparación resultantes, ya que se evita un mayor deterioro por tener que soportar cargas durante tiempos prolongados en un estado dañado, o porque resulta más costo-efectivo atender deficiencias cuando su extensión y severidad es baja.

iii. Garantía de la resistencia y capacidad de servicio de la estructura

Esto puede ser particularmente importante para puentes de mayor envergadura o de difícil acceso debido a los accidentes geográficos o condiciones operacionales, donde las inspecciones visuales para determinar la seguridad de un puente son, en muchos casos, inadecuadas o con riesgos más allá de lo aceptable. Además, la implementación de un sistema de MSE puede proporcionar confianza sobre el desempeño de un nuevo material de construcción, un nuevo concepto de diseño o una técnica de construcción innovadora. En el caso de una estructura que se acerca al final de su vida útil, la información obtenida del uso del MSE permitiría continuar con su uso por un tiempo, brindando confianza sobre su desempeño satisfactorio.

iv. Reducción del tiempo fuera de servicio

El tiempo fuera de servicio de un puente durante la reparación estructural o trabajos de rehabilitación mayor, es uno de los principales costos por considerarse en la evaluación de la efectividad de la infraestructura vial. Estos costos se reflejan en la afectación a la productividad y el crecimiento económico, incomodidad a los usuarios y de aumento de consumo energético. La posibilidad de la detección temprana de daños y de una mejor comprensión del comportamiento estructural, ambos a través el uso del MSE, mejorará su gestión y como resultado una reducción en el tiempo fuera de servicio.

v. Estrategias de mantenimiento y gestión para una mejor asignación de recursos

Los sistemas de MSE pueden proveer información experimental clave sobre la condición de los puentes, que puede actualizarse sistemática y automáticamente, y que puede servir como base para la operación, conservación y reparación de puentes, y como validación para el diseño, construcción y aceptación de las rehabilitaciones. Por medio de esta información extra en el sistema de gestión, la Administración puede formular mejores estrategias para una mayor efectividad en la intervención de la infraestructura y eficiencia en la asignación de recursos.

11.3 Implementación de un sistema de monitoreo de salud estructural

11.3.1 Consideraciones generales

i. El sistema de MSE del puente debe ser complementario al Sistema de Gestión de Puentes de la *Organización* (ver Capítulo 2 del MP-2024 Tomo I), y sus productos deben ser compatibles uno con el otro.

ii. El MSE está enfocado específicamente en la salud estructural. Sin embargo, un puente contempla múltiples elementos secundarios para garantizar su funcionalidad, por lo que el MSE no sustituye las labores de inspección visual y evaluación rutinaria del estado de conservación de los puentes, sino que las complementa, y provee además información experimental para una mayor asertividad en el diagnóstico estructural y toma de decisiones.

iii. Antes de implementar cualquier método de monitoreo, se debe clarificar las necesidades para su implementación, evaluar la condición operacional de acuerdo con lo indicado en el Apartado 11.2.5 del MP-2024 Tomo I, y con ello determinar la estrategia de monitoreo y sus alcances. Además, se recomienda a la *Organización* considerar la justificación económica de un MSE a través de un análisis costo-beneficio. En este caso, el objetivo general del análisis deberá ser minimizar el costo total del ciclo de vida de la estructura.

iv. Se debe determinar la estrategia más adecuada para la implementación del MSE, sus alcances y el grado de profundidad de la información generada de acuerdo con los criterios del Apartado 11.3.2 del MP-2024 Tomo I. Asimismo, se debe especificar el nivel de identificación de la deficiencia que permite alcanzar la estrategia a considerar, de acuerdo con las definiciones del Apartado 11.2.2 del MP-2024 Tomo I.

v. Las técnicas modernas de monitoreo estructural también pueden ser empleadas como una herramienta de apoyo para el diagnóstico del puente, como una NDE, o como prueba de aceptación de obras que serviría a la vez para el levantamiento de línea base o del estado inicial “sano” para los futuros seguimientos.

vi. Habitualmente y por razones de costo-beneficio, el monitoreo continuo solo se aplica a aquellas estructuras extremadamente importantes o si hay dudas sobre su integridad estructural. Este último podría ser el caso donde la estructura está expuesta a eventos extremos, como terremotos o huracanes severos, o si su diseño incluye un concepto de ingeniería innovador sin un historial sobre su desempeño y que pueda demostrar su seguridad a largo plazo (Dong et al., 2010), o si la

estructura se encuentra cercana al final de su vida útil con una condición estructural en estado de alerta pero que al mismo tiempo debe mantenerse operando debido a su importancia.

vii. En el caso de un puente nuevo que amerite el monitoreo continuo, el sistema de MSE puede concebirse como un componente integral del mismo, cuyo diseño debe contemplar aspectos como el control de la calidad constructiva, verificación de cumplimiento de las hipótesis de diseño y de la prueba de carga en la recepción del puente terminado, entre otros.

11.3.2 Estrategias para la implementación del monitoreo de salud estructural

De acuerdo con la definición de MSE que se presenta en el Apartado 11.1.3 del MP-2024 Tomo I, este puede entenderse como una continua identificación de sistema de un modelo físico, paramétrico o no-paramétrico de la estructura utilizando datos temporales (Brownjohn, 2006). Desde la perspectiva del puente como un sistema, este recibe perturbaciones o acciones de entrada y genera respuestas de salida tal como se ilustra en la Figura 11.3, razón por la que, para identificar el estado del sistema, existen 2 tareas o estrategias de observación: uno es en las acciones de entrada y el otro es en las respuestas de salida:

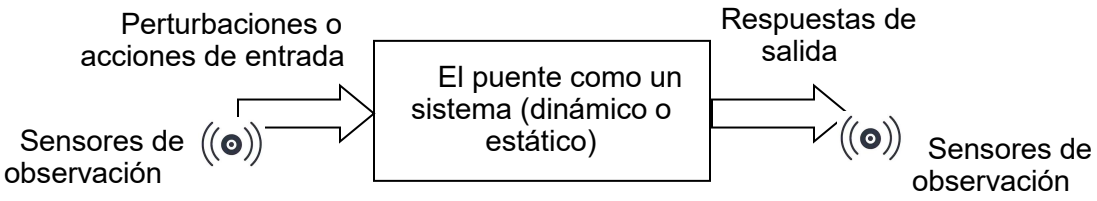


Figura 11.3. El puente como un sistema estructural con entrada(s) y salida(s).

11.3.2.1 Monitoreo de las acciones de entrada

Las acciones de entrada se refieren generalmente a las cargas que actúan en el puente, así como los efectos que producen los cambios como de temperatura y la humedad. La observación permanente y la evaluación de los efectos de las cargas actuales, se vuelven muy importantes cuando las cargas son fuertemente fluctuantes y no se pueden determinar con suficiente exactitud (por ejemplo: cargas del viento o del tránsito), y cuando el comportamiento estructural es complejo y no puede ser representado fácilmente mediante modelos estructurales (por ejemplo: efectos espaciales de una estructura al usar modelos en dos dimensiones para el análisis).

Para examinar los efectos de carga actuales, las siguientes tareas pueden ser de importancia práctica:

- Monitoreo de los efectos de las cargas estáticas y dinámicas operacionales.
- Determinación de los efectos dinámicos de la carga (factores dinámicos).
- Clasificación de los efectos de carga (por ejemplo: análisis de los esfuerzos permanentes).
- Determinación de los esfuerzos extremos (por eventos extremos) y la frecuencia de su ocurrencia.

Basado en la observación permanente de los efectos de carga, se puede evaluar la seguridad estructural y determinar los intervalos de mantenimiento en función de la carga y el estado real de la estructura. Además, los mismos servirán de insumo para la determinación de un modelo de carga para efectos de diseño.

11.3.2.2 Monitoreo de las respuestas de salida e identificación de sistemas

El monitoreo o la observación de las respuestas de salida, busca evaluar la condición estructural actual y predecir su evolución futura con la precisión adecuada, a través de los denominados métodos de identificación de sistemas (para más información se recomienda referirse a Peeters (2000)). Adicionalmente, pretende identificar el comportamiento estructural a largo plazo y sus cambios ante diferentes factores como la temperatura, la humedad y la influencia de las cargas.

Entre las formas más frecuentes para ejecutar las tareas de monitoreo de la condición global se puede citar:

- Medición de parámetros de respuesta de la estructura como la deformación unitaria, deformación vertical, curvatura, inclinación, fuerzas en los apoyos. Estos pueden dar conclusiones sobre, por ejemplo: asentamiento en las fundaciones, cambios globales en la rigidez, pérdida del efecto de viga continua, entre otros.
- Observación de frecuencias de resonancia seleccionadas (se puede dar conclusiones sobre cambios en la rigidez global), que se determinan a partir de mediciones dinámicas de parámetros de respuesta.
- Monitoreo de cambios en los modos de vibración dominantes, que se obtienen a partir de mediciones dinámicas de parámetros de respuesta.

Algunos ejemplos de monitoreo de parámetros estructurales locales son:

- Evaluación de la longitud y el ancho de grietas únicas y conocidas.

- Observación de secciones estructurales con mayor peligro de agrietamiento.
- Esfuerzos en los puntos con mayor concentración de esfuerzos y/o sujetos a efectos de fatiga.
- Asentamientos de cimentaciones.
- Esfuerzos en los torones de presfuerzo.

11.3.2.3 Factores por tomar en consideración en la definición de la estrategia para la implementación de un MSE

La estrategia para implementar MSE y sus alcances pueden definirse de acuerdo con los factores de dimensión, acción, instalación, tiempo, procesamiento y análisis de datos, así como el nivel de profundidad de la información generada. A continuación, se explica con detalle cada uno de estos factores según los enfoques en los que cada uno está dividido:

i. Dimensión: a nivel global o local.

- Los métodos globales son los que permiten identificar el estado y comportamiento global del sistema estructural, y por lo tanto requieren, generalmente, de un conjunto de sensores distribuidos espacialmente en el puente. La densidad de sensores define el grado de resolución y precisión que se puede alcanzar en la identificación de los parámetros estructurales. Algunos ejemplos de ellos son el monitoreo basado en vibraciones; monitoreo de la forma geométrica o perfil de deformación basado en mediciones de deformaciones verticales, deformaciones unitarias, rotaciones y desplazamiento espacial de puntos específicos, entre otros.
- Los métodos locales están enfocados en la evaluación de la condición estructural de un cierto elemento o región de elemento. Ejemplos de este tipo de métodos son los distintos END o la evaluación de fatiga en un elemento o zona específica.

ii. Acción: dinámico o estático.

Las acciones de entrada y las respuestas de salida por medir pueden ser estáticas o dinámicas.

- El monitoreo basado en vibraciones o mediciones de las deformaciones dinámicas, entre otros, son ejemplos de pruebas basadas en acciones dinámicas.
- El caso estático se refiere a pruebas donde las cargas son introducidas lentamente (normalmente velocidades de 5 km/h o menores), sin inducir efectos dinámicos en la estructura, como por ejemplo la determinación de la capacidad de carga mediante pruebas de carga estática (ver Capítulo 12 del MP-2024 Tomo I). También se refieren a los efectos de las variaciones cuasi-estáticas de condiciones ambientales,

como la temperatura o humedad. Por último, los efectos de largo plazo también se pueden considerar como acciones estáticas. Por ejemplo, las deformaciones por flujo plástico o por relajamiento del acero de presfuerzo, o bien los asentamientos en pilas o bastiones por consolidación del terreno.

iii. Instalación: permanente o temporal, y superficial o embebido.

- La instalación permanente es en la que el sistema queda permanentemente instalado en el puente; generalmente cuenta con una estación central o un centro de control, adquisición, transmisión, procesamiento y análisis de datos. Un centro de control para un puente de gran envergadura y de vital importancia, puede requerir de personal técnico-administrativo de tiempo completo. Es el tipo de monitoreo más costoso y de mayor grado de complejidad.

- Otro tipo de instalación corresponde a la temporal, en la que el sistema se instala en forma temporal durante horas, días, semanas o meses, y se retira después de la toma de datos. Un ejemplo de ello son los sistemas portátiles.

- Finalmente, la instalación puede realizarse de manera superficial cuando los sensores se instalan en la superficie de las estructuras o embebido cuando los sensores forman parte integral de la estructura y se instalan durante la etapa constructiva. También existen sistemas de adquisición sin contacto como son las cámaras, radar, entre otros.

iv. Tiempo: una sola vez, en forma periódica o continua.

- Una sola vez: se instrumenta el puente, se recolectan los datos experimentales y se retiran.

- Periódica: los datos se toman de forma periódica, por ejemplo, una muestra de 5 minutos de datos por cada hora o cada día, o medición de un día entero por cada 2 años.

- En forma continua: aunque en un sentido estricto todos los datos digitales son periódicos ya que son muestreados a una cierta tasa, este caso se refiere a que los datos se toman de forma continua las 24 horas y los 7 días de la semana. Esto en general es para propósitos de alertamiento temprano para los puentes de extrema importancia o sujetos a alta recurrencia de eventos extremos, y genera un gran volumen de información que requiere de una adecuada gestión de base de datos.

v. **Procesamiento y análisis de datos: en línea y análisis automático, o fuera de línea y manual.**

- Procesamiento en línea y análisis automático: los datos recolectados son procesados y analizados en tiempo real por algoritmos computacionales. Son requeridos para el monitoreo continuo y sistemas con módulo de alertamiento temprano.
- Procesamiento fuera de línea y análisis manual: los datos crudos (sin procesar) recolectados son llevados para su procesamiento y análisis posterior, sea en el campo mismo o en la oficina. Este enfoque se usa en diagnósticos o evaluaciones periódicas del puente.

vi. **Nivel de profundidad de la información generada: Mediciones o identificación de parámetros estructurales, diagnosis, o prognosis.**

- Mediciones o identificación de parámetros estructurales: consiste en instrumentar la estructura, recolectar datos o identificar los parámetros de interés, y de ser necesario compararlos contra una referencia. Por ejemplo, medir el ancho de una grieta, su evolución en el tiempo y comparar contra un valor de aceptación. Lo cual implica un nivel básico de filtrado y de análisis de datos.
- Diagnosis: da un diagnóstico o evaluación de la condición estructural. La profundidad del diagnóstico se basaría en los niveles de identificación de daño, y como máximo, se llegaría al tercer nivel: cuantificación, en donde se estima la severidad del daño y sus consecuencias.
- Prognosis: da estimación de la vida útil remanente o predice su desempeño ante futuros posibles eventos. Es el cuarto nivel de identificación de daño: predicción.

Un conjunto o combinación de los factores anteriores determinan la estrategia de MSE en puentes y, además, en un paso subsecuente, la plataforma tecnológica idónea para su implementación.

11.3.2.4 Casos donde amerita la implementación de alguna estrategia de MSE y recomendaciones

Los siguientes son casos donde amerita o se recomienda la implementación de MSE, sin embargo, será la *Organización* la que determine cuándo aplica la implementación de un sistema de MSE.

i. Cuando la inspección visual determina que el puente requiere un estudio de mayor profundidad.

ii. Cuando un trabajo de diagnóstico y evaluación tradicional del puente requiere una

herramienta de apoyo o un ensayo estructural.

iii. Cuando se requieren validar las hipótesis de diseño, de un diagnóstico tradicional o de un modelo estructural, y poder obtener retroalimentación de experiencias para mejoras futuras.

iv. Cuando se requiera realizar investigación como por ejemplo para ampliar el conocimiento del comportamiento estructural de los puentes en general, para cambiar hacia una filosofía de diseño basada en desempeño, entre otros.

v. Cuando se requiera como herramienta para complementar la información del Sistema de Gestión de Puentes.

vi. Cuando se realizan modificaciones sustanciales a la estructura del puente. Por ejemplo, cuando se realiza un aumento de la capacidad estructural o una ampliación de la capacidad de tráfico vehicular.

vii. Cuando se realicen trabajos externos cercanos a un puente que puedan afectar el comportamiento del mismo. Por ejemplo, cuando se realiza la construcción de un puente paralelo.

viii. Cuando se demuela un puente debido a su reconstrucción (sustitución).

ix. Cuando el puente esté cercano a cumplir su vida útil y existen dudas sobre su capacidad y condición estructural, pero que por su importancia debe permanecer en operación sin interrupción.

x. Cuando el puente tenga daños identificados, pero debe permanecer en operación mientras se espera su medida de conservación.

xi. Cuando el puente ha estado sujeto a desplazamientos de la subestructura. Por ejemplo, movimientos en los rellenos de aproximación, socavación grave en las pilas, y cimentaciones en condiciones geotécnicas especiales, entre otros.

xii. Cuando el puente ha estado sujeto a deformaciones de largo plazo o degradación de materiales. Por ejemplo, flujo plástico, relajación del acero de presfuerzo y exposición en un ambiente corrosivo, entre otros.

xiii. Cuando se deba complementar la *Inspección de elementos críticos por fractura* (ver Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I).

xiv. Cuando el puente haya sido construido con sistemas de construcción novedosos para las cuales existe poca evidencia de su desempeño estructural.

xv. Cuando se hayan empleado metodologías de análisis y diseño para las cuales existe

poca evidencia de su desempeño estructural, o no están contempladas en su respectiva normativa.

xvi. Cuando sea necesario complementar la *Inspección por eventos extremos* (realizada por la ocurrencia de terremotos, tormentas tropicales, huracanes o exposición al fuego, entre otros (ver Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I)), para evaluar la integridad estructural.

xvii. Cuando el puente es nuevo y es de gran envergadura y/o importancia.

xviii. Cuando el puente tiene poca redundancia estructural, en donde la falla de uno de sus elementos principales podría resultar en una falla de toda la estructura.

11.3.3 Avances y plataformas tecnológicas para la implementación del monitoreo de salud estructural

El uso de MSE implica cambios y nuevas formas de realizar monitoreo estructural e incluso de complementar la gestión de los puentes, que no hubieran sido posible sin los avances en las tecnologías electrónicas y de información. Existen numerosas plataformas tecnológicas a las que es posible acceder, con distintos enfoques, para diversos fines, y con variabilidad en el costo. Para el análisis de las características, ventajas y desventajas de las plataformas disponibles, se recomienda la revisión de la siguiente literatura, usada como referencia en la redacción del presente capítulo:

- El reporte "*Bridges Structural Health Monitoring and Deterioration Detection - Synthesis of Knowledge and Technology"* de Dong et al. (2010).
- La publicación "*State of the Practice and Art for Structural Health Monitoring of Bridge Substructures"* de la Federal Highway Administration (FHWA, 2014).
- La publicación "*Health Monitoring of Bridge Structures and Components Using Smart Structure Technology"* de Phares, Wipf, Greimann, y Lee (2005).
- La guía "*Development of a Model Health Monitoring Guide for Major Bridges"* de Aktan, Catbas, Grimmelsman, y Pervizpour (2002).
- El artículo de revista "*Smart Sensing, Monitoring, and Damage Detection for Civil Infrastructures"* de Yun y Min (2011).

11.3.4 Metodología para el diagnóstico estructural

Tal y como se ha indicado en la Sección 11.2 del MP-2024 Tomo I, la esencia del monitoreo es la obtención de la información completa, experimental y actual, tanto de la estructura como

de las cargas que actúan en ella, para al final dar un diagnóstico de la condición estructural. La metodología para el diagnóstico estructural se basa en el análisis de la condición estructural, el monitoreo de estructuras y el análisis numérico. Esta metodología es explicada del Capítulo 4 de la guía alemana denominada "*Guideline for Structural Health Monitoring*" (Rücker, Hille, y Rohrmann, 2006), se recomienda categóricamente la revisión.

11.3.5 Metodología para la identificación de deficiencias

La meta fundamental del monitoreo es la identificación de deficiencias, como se menciona en la Sección 11.2 del MP-2024 Tomo I. Existen numerosas metodologías para lograr la identificación de las deficiencias, dependiendo de los objetivos y alcances de monitoreo descritos en el Apartado 11.3.2 del MP-2024 Tomo I. Esas metodologías de identificación que se pueden utilizar difieren según el nivel de conocimiento de la deficiencia existente o esperada, clasificándose en métodos globales o locales. Se recomienda categóricamente consultar el Capítulo 5 de la guía alemana "*Guideline for Structural Health Monitoring*" (Rücker et al.,2006), para revisar con mayor detalle la metodología a seguir para la identificación de deficiencias, especialmente para el caso de métodos globales.

Los métodos de identificación de deficiencias corresponden a un área de investigación sumamente dinámica, debido a que surgen constantemente nuevas técnicas y metodologías.

11.4 Requerimientos generales para un sistema de monitoreo de salud estructural

Esta sección resume los requerimientos generales de diseño de un sistema de MSE y sus funciones esperadas. Contiene partes traducidas y modificadas de la norma de MSE de Tianjin, China (Comité de Construcción y Transporte de la ciudad y el municipio de Tianjin, 2018).

11.4.1 Reglas generales para el diseño de un sistema de monitoreo de salud estructural en puentes

i. De antemano se debe realizar una evaluación operacional del puente (Apartado 11.2.5 del MP-2024 Tomo I) con el objetivo de:

   - Clarificar las necesidades y el alcance que se desea llegar con el sistema.
   - Definir las tareas o los contenidos de monitoreo.
   - Escoger la estrategia y la plataforma tecnológica idónea para implementar MSE.

   En la Sección E.2 del Apéndice E del MP-2024 Tomo I, se puede encontrar la lista de las tareas o contenidos de monitoreo para el caso de un monitoreo integral, es decir,

de todos los parámetros de interés, según algunas de las tipologías de superestructuras de puente descritas en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I. Para casos donde no se requiere un monitoreo integral, será responsabilidad de la *Organización* o del ingeniero responsable designado por la misma, determinar cuáles parámetros de interés deberán ser monitoreados. Estos se determinan según sean las necesidades reales, el tipo de deficiencia a la cual interesa darle seguimiento y la evaluación operacional del puente.

ii. El diseño del sistema debe ser robusto y confiable. Esto incluye la confiabilidad de los datos de monitoreo, de los métodos de análisis, así como del *software* y *hardware* del sistema.

iii. En el caso de monitoreo continuo, la tecnología informática y la tecnología de transmisión remota de información, se deben usar de manera razonable para garantizar la operatividad del sistema en tiempo real.

iv. Se debe usar equipo de *hardware*, plataforma de red y tecnologías avanzadas, para garantizar que el sistema tenga un carácter prospectivo, es decir, sin que se quede obsoleto debido a la rápida actualización de las tecnologías.

v. El sistema debe satisfacer las diferentes necesidades de los usuarios, y el *software* del sistema debe ser fácil de operar.

vi. El sistema debería ser relativamente fácil de expandir, actualizar y mejorar utilizando herramientas de desarrollo estandarizadas.

vii. El sistema debe ser fácil de mantener y administrar.

viii. Se deben proporcionar medidas de seguridad en todas las etapas para evitar intrusiones ilegales en la información y en el sistema, así como contar con protección contra el vandalismo.

11.4.2 Componentes funcionales del sistema de monitoreo de salud estructural

En la Tabla 11.1 se presentan los 4 subsistemas que componen un sistema de MSE integral. Asimismo, en esta tabla se presentan las funciones principales de cada uno de los subsistemas.

En forma general, el subsistema de los sensores y el de adquisición y transmisión de datos, son los dos componentes básicos con los que debe contar cualquier sistema de instrumentación o monitoreo estructural. Estos componentes son la interfaz a cargo de convertir las cantidades físicas en los denominados “datos crudos” (datos sin ningún tipo de procesamiento), o también pueden ser datos procesados de forma descentralizada con algún

algoritmo básico de filtrado o compresión. Luego, esta misma interfaz las transmite a una central de procesamiento inteligente que puede ser el centro o estación de monitoreo en el caso de monitoreo permanente, o sencillamente a la computadora del personal técnico, lugar donde se encuentra el subsistema de diagnóstico y evaluación de la seguridad estructural.

En este último puede haber niveles muy distintos de sofisticación y se genera información de diferente grado de detalle, que comprende desde la comparación directa de mediciones contra el valor umbral para generar un alertamiento, hasta el diagnóstico o prognosis del estado integral del puente. Además, dependiendo de si es monitoreo permanente-continuo o temporal-periódico, el trabajo de análisis de información que realiza puede darse en línea o fuera de línea.

Tabla 11.1. Funciones principales de los subsistemas que conforman el sistema de MSE.

Subsistema	Funciones principales
Subsistema de los sensores	Consiste en varios tipos de sensores. Convierten las diferentes cantidades físicas en señales como voltaje, corriente o luz, para un fácil registro y su subsecuente procesamiento.
Subsistema de adquisición y transmisión de datos	Es el responsable de la adquisición, transmisión, procesamiento, control y análisis de señales. Transforman las señales mencionadas anteriormente en datos que pueden ser leídos y/o almacenados por el subsistema de diagnóstico y/o de gestión de bases de datos.
Subsistema de diagnóstico y evaluación de la seguridad estructural	Incluye: • Módulo de alerta temprana de seguridad estructural. • Módulo de identificación de deficiencias y del estado estructural. • Módulo de evaluación integral. Este es el principal responsable de la alerta temprana del estado de peligro del puente, identificación de los parámetros del estado del puente y de las condiciones de las deficiencias, así como de la evaluación integral del puente, procesos con los que se emiten recomendaciones para su conservación.
Subsistema de gestión de bases de datos	Es el sistema de soporte para los datos generados en cada subsistema, el cual se encarga del archivo, consulta, almacenamiento, mantenimiento e impresiones de los datos.

11.4.3 Requisitos de diseño para el subsistema del sensor

La selección del sensor debe cumplir los siguientes requisitos:

i. El sensor debe funcionar de manera estable y confiable durante su vida útil.

ii. El sensor debe tener buena durabilidad y ser robusto ante interferencia como humedad, cambios de temperatura, electromagnéticas o electroestáticas.

iii. El sensor debe ser de una tecnología “madura” (se tiene experiencia y evidencia de su uso) y con desempeño avanzado.

iv. El sensor debe ser fácil de mantener y reemplazar.

v. Se deben seleccionar sensores de bajo costo y fáciles de instalar.

vi. Se debe buscar instalar los sensores en lugares de difícil acceso al público en general o tomar medidas para protegerlos del vandalismo y hurto, si estos funcionarán bajo condiciones desatendidas.

vii. Se deben seleccionar los tipos de sensores correspondientes a cada contenido de monitoreo del puente de acuerdo con lo mostrado en la Tabla E.6 del Apéndice E del MP-2024 Tomo I.

viii. Las especificaciones técnicas recomendadas para los sensores de uso frecuente se pueden encontrar en la Tabla E.11 del Apéndice E del MP-2024 Tomo I.

La distribución de sensores debe cumplir los siguientes requisitos:

a. La distribución y la densidad de la malla (configuración) de sensores, debe responder a los requerimientos específicos de cada metodología de diagnóstico e identificación de deficiencias (Apartados 11.3.4 y 11.3.5 del MP-2024 Tomo I). Asimismo, debe ser consistente con las características propias de cada estrategia de MSE y plataforma tecnológica empleada.
b. La evaluación operacional requiere, generalmente, de una instrumentación o monitoreo previo extensivo, para identificar el comportamiento estructural global y calibrar un modelo analítico, en conjunto con el análisis de importancia, peligro, vulnerabilidad y características de los miembros estructurales para soportar y transmitir cargas. Lo anterior, con el objetivo de determinar la cantidad y ubicación óptima de los sensores y, además, establecer la información del estado base de la estructura, referencia contra la que se da seguimiento a los parámetros que reflejan el estado estructural.
c. Una vez identificado el comportamiento estructural global y establecido el estado de referencia, la distribución y cantidad de sensores debe reflejar los principios de

optimización, utilizando la menor cantidad posible de sensores para obtener información completa y precisa sobre las acciones y los parámetros estructurales de una forma costo-efectiva.

d. Para el monitoreo de parámetros como esfuerzos, deformaciones unitarias, o fuerzas en los elementos, se debe realizar instrumentación o monitoreos claves en las partes especiales o importantes, para analizar y evaluar su estado operacional y predecir la distribución de sus fuerzas internas y su variación, así como su influencia en otros componentes, y con ello determinar la ubicación de los sensores.
e. El número de sensores y las capacidades del equipo debe tener un nivel adecuado de redundancia para garantizar la confiabilidad del sistema y satisfacer las futuras mejoras, expansiones y actualizaciones del mismo.
f. En caso de puentes nuevos con un sistema de MSE integrado, el proceso de despliegue de los sensores debe estar estrechamente ligado a los procesos de construcción; ambos deben cooperar sin conflictos, complementarse y reforzar uno al otro.
g. El trabajo de despliegue de sensores no debe dañar la estructura y debe considerar la normativa de seguridad vial.

En el caso de un sistema de MSE integral y permanente, los requerimientos generales en cuanto a la distribución de sensores para cada contenido de monitoreo y tipo de puente se puede encontrar en la Sección E.4 del Apéndice E del MP-2024 Tomo I.

11.4.4 Requisitos de diseño para el subsistema de adquisición y transmisión de datos

El subsistema de adquisición de datos de un sistema de MSE debe cumplir con los siguientes requerimientos generales:

i. Debe funcionar continuamente bajo condiciones desatendidas.

ii. Debe permitir la recolección de datos con intervención manual bajo condiciones especiales.

iii. El *software* de adquisición de datos debe poseer funciones de adquisición, procesamiento automático, búfer y almacenamiento de datos.

iv. El sistema debe poder sincronizar los datos procedentes de diferentes canales y tipos de sensores, con un error no mayor al orden de milisegundos.

v. El sistema debe tener una función de autodiagnóstico en tiempo real.

vi. El sistema debe ser estable para trabajos a largo plazo.

11.4.4.1 Requisitos de diseño del *hardware* del sistema de adquisición de datos

a. Se debe determinar la base del sistema de *hardware* de adquisición de datos y seleccionar el equipo de *hardware* específico según: los tipos de sensores, número de canales, características de la señal, frecuencia de muestreo, número de E/S (entrada/salida) y requisitos de pre-procesamiento de la señal.

b. Debe seguir protocolos estándar e interfaces y conectores estándar, para facilitar la transmisión y el almacenamiento de datos.

c. Debe estar compuesto por equipos de alta precisión y estar equipado de *hardware* como el control de la ganancia y funciones de filtrado.

d. Debe satisfacer las necesidades de trabajo al campo abierto, con características como portabilidad, protección ante la intemperie, rayos y contra el polvo.

e. Debe ser fácil de reemplazar, y que el reemplazo no afecte el uso del *software* de adquisición. Además, se debe aumentar la redundancia de todos los dispositivos con consumo energético y extender su vida útil.

f. En caso de monitoreo continuo- automatizado, debe tener funciones de recopilación de datos en tiempo real, almacenamiento automático, visualización y retroalimentación en tiempo real, procesamiento y transmisión automática de datos, y se debe garantizar la disponibilidad, la fidelidad, la validez y el tiempo real de los datos de campo.

11.4.4.2 Requisitos de diseño del *software* del sistema de adquisición de datos en monitoreo

a. Debe poder iniciar los sensores y dispositivos relacionados a horas fijas para el monitoreo y recopilación de datos.

b. Debe poder determinar la tasa de muestreo y conversión analógico-digital del sensor, de acuerdo con las diferentes operaciones, contenidos, secuencias y frecuencias de monitoreo.

c. Debe ser capaz de comprobar el tiempo del reloj.

d. Debe poder controlar el arranque de la fuente de poder de los sensores de monitoreo.

e. Debe poder controlar la ganancia de los sensores de monitoreo.

Adicionalmente, para el caso de monitoreo permanente, el *software* debe contemplar:

a. En el caso de monitoreo permanente-periódico, debe contar con búfer y disparador automático, para el registro de eventos especiales que sobrepasen un valor umbral

preestablecido.

b. Debe poder comunicarse e intercambiar datos con la estación de trabajo del centro de monitoreo en el sitio.

c. Debe poder visualizar los datos en tiempo real.

d. La estación de trabajo del centro de monitoreo debe poder realizar cambios en los parámetros de operación de monitoreo, ajustar el tiempo de operación de monitoreo, secuencia y frecuencia de muestreo, y monitorear los parámetros de conversión analógico-digital.

e. Para los sensores equipados con *software* de medición y control, proporcionar una plataforma donde pueda ejecutar el *software* y compilar los protocolos e interfaces de comunicación correspondientes.

f. Debe identificar o descartar condiciones anormales a partir de los datos de monitoreo, y registrar la tasa de incidentes.

g. En cuanto a la base de datos local de datos de monitoreo, esta debe poder ajustar el almacenamiento, la copia de seguridad y la administración durante un período de tiempo apropiado.

h. Debe poder identificar las cantidades físicas de salida y las condiciones de funcionamiento de los sensores.

i. Debe tener alarma de falla de la energía de la estación.

j. Debe aceptar las instrucciones de consulta a la estación de trabajo a partir de otro lugar y llamar a la base de datos local.

k. Debe aceptar las instrucciones de ajuste de parámetros de monitoreo enviadas desde la estación de trabajo, donde se ajusta el proceso de monitoreo o los parámetros de procesamiento de datos, y que registre y haga una copia de respaldo de los ajustes relacionados.

l. Debe dar mantenimiento a la base de datos local.

11.4.4.3 Requisitos de diseño del sistema de transmisión de datos

a. El subsistema de transmisión en campo debe adoptar el modo de transmisión de señal digital y garantizar la confiabilidad, seguridad y capacidad de sustitución de las líneas de transmisión.

b. Todo sistema cableado de transmisión de datos debe usar cables y conectores para uso exterior y con protección contra rayos ultravioleta, intemperie e interferencia

electromagnética, con una vida útil no menor a 10 años y fácil de reemplazar.

c. Se debe garantizar la confiabilidad y robustez de transmisión remota sin pérdida de datos, y no debe verse interrumpida su operación bajo condiciones climáticas adversas como la lluvia y el rayo.

11.4.5 Requisitos de diseño para el subsistema de diagnóstico y evaluación de seguridad estructural del puente

En caso de que el sistema de MSE contemple la función de diagnóstico del puente:

i. Se debe definir el nivel de identificación de deficiencias (Apartado 11.2.2 del MP-2024 Tomo I) alcanzada y el grado de profundidad de información que genera (Inciso 11.3.2.3 del MP-2024 Tomo I), así como el tipo de monitoreo y sus alcances, especificando la metodología empleada para la extracción de características y condensación de la información, y el tipo de modelos estadísticos que se usará (Apartado 11.2.5 del MP-2024 Tomo I).

ii. Se deben establecer indicadores de alerta para los diferentes parámetros de monitoreo utilizado; además, realizar la alerta por niveles para los resultados del monitoreo (ver Punto d del Inciso11.4.5.1 del MP-2024 Tomo I).

iii. El subsistema debe ser capaz de comparar tendencias, análisis y realizar la prognosis a partir de los resultados de monitoreo e identificación.

iv. Los diagnósticos deben estar sustentados en modelos estadísticos idóneos y mostrar su nivel de confiabilidad.

En el caso de que el sistema de MSE evalúe la seguridad estructural del puente:

v. Después de integrar los resultados de la identificación de deficiencias y diagnóstico del estado estructural con los de la inspección visual diaria, de los END y el análisis del estado de las fuerzas internas, debe poder dar una evaluación de la seguridad estructural bajo condiciones operacionales del puente, con el carácter de alertamiento temprano.

11.4.5.1 Requisitos del módulo de alerta temprana de seguridad estructural

En caso de que el sistema de MSE cuente con un módulo de alerta temprana de seguridad estructural, este debe cumplir con los siguientes requisitos:

a. Debe dar una advertencia oportuna cuando el puente se encuentra en el estado de peligro basado en la información base de los estados de peligro, y no se permiten falsas alarmas u omisiones.

b. El sistema debe ser estable a largo plazo, asegurando que la tasa de error en alerta temprana no sea superior al 2%.

c. El sistema debe alarmar por diversos medios, como a través de luces y timbres de alarma, y el envío de mensajes de texto, correos electrónicos u otros medios, a los administradores.

d. El sistema debe dar una descripción de los principales estados de peligro del puente, establecer una base de información de los estados de peligro y proporcionar una alerta temprana categorizado en 3 niveles definidos por la *Organización*.

e. El sistema debe proporcionar los planes de emergencia correspondientes según los diferentes estados de peligro y los niveles de alerta temprana, y notificar al administrador de puentes de la manera más rápida posible.

f. Su diseño, implementación y mantenimiento, debe contar con el soporte de un sistema de gestión del riesgo.

11.4.5.2 Requisitos del módulo de identificación de deficiencias y del estado estructural

En caso de que el sistema de MSE cuenta con un módulo de identificación de deficiencias y del estado estructural, este debe cumplir con los siguientes requisitos de diseño:

a. El sistema debe ser estable a largo plazo, asegurando que la tasa de error en la identificación de deficiencias sea mínima (se recomienda que sea menor a 1%).

b. Debe utilizar un algoritmo de identificación de deficiencias y del estado estructural de alta eficiencia y robustez ante la interferencia de ruido, y obtener la información correspondiente en el menor tiempo posible.

c. Debe poder modificar su modelo de identificación, basándose en las experiencias de identificación históricas, y luego expandir y actualizar sus algoritmos de identificación de deficiencias para mejorar su rendimiento.

d. Debe poder determinar si la estructura del puente está dañada, y, además, el lugar y el grado de deficiencias en forma preliminar.

e. El proceso del módulo de identificación de deficiencias y reconocimiento de estado estructural debe ser el siguiente: primero, se establece la colección de muestras de estado de salud inicial de la estructura; segundo, se recolecta el conjunto de muestras de estado estructural durante la operación con el sistema de monitoreo; tercero, se usan los datos de las dos colecciones de muestras como entrada al algoritmo de identificación de deficiencias, y se obtiene el estado de las deficiencias después del proceso de computación y análisis.

11.4.5.3 Requisitos del módulo de evaluación integral

En caso de que el sistema de MSE incurra en el nivel de evaluación integral del puente, este debe cumplir con los siguientes requisitos:

a. La evaluación integral de las estructuras del puente, tanto en condiciones operacionales como de la capacidad estructural ante eventos extraordinarios, debe realizarse integrando la información de inspección visual, de los END y los datos de monitoreo en línea.

b. La metodología de evaluación integral debe ser práctica y operable.

c. Los resultados de la evaluación integral deben ser compatibles con el sistema de gestión de la *Organización* y con este manual.

d. El informe de evaluación del puente debe ser exhaustivo y el formato debe estar estandarizado.

e. Debe ser capaz de comparar tendencias históricas, así como realizar análisis y prognosis con base en los resultados de monitoreo e identificación.

f. Los resultados de la evaluación deben ser claros e intuitivos, y dirigidos a diferentes niveles de la *Organización*.

g. Debe dar las recomendaciones de conservación y gestión correspondientes, de acuerdo con los resultados de la evaluación.

h. El proceso del módulo de evaluación integral requiere de la utilización integral de la información básica del puente, los resultados de las inspecciones visuales, de END y la información de monitoreo automatizado, para realizar la evaluación de la seguridad, funcionalidad y durabilidad de la estructura.

Adicionalmente, en el caso de un sistema de MSE permanente, continuo y automatizado, se debe cumplir con los siguientes requisitos:

i. Debe poder generar informes de evaluación rápida en línea.

j. Debe poder generar informes de evaluación exhaustivos fuera de línea de forma periódica.

11.4.6 Requisitos de diseño para el subsistema de gestión de bases de datos

Cuando se emplea la estrategia de MSE como base para la gestión de puentes, o cuando se implementa el monitoreo permanente-continuo-automatizado en algún puente en específico, se generan grandes volúmenes de información que requieren de un subsistema de administración de base de datos, para almacenar y administrar toda la información relacionada al MSE del

puente, incluyendo la del *hardware*, del *software* y de los resultados de monitoreo y su análisis. Este subsistema debe cumplir con los siguientes requisitos:

i. La base de datos del sistema de MSE del puente abarca una base de datos estática y una dinámica:

   - Base de datos estática: incluye una sub-base de información de diseño y construcción de puentes, una sub-base de datos de conservación e *Inspección rutinaria*, y una sub-base de información de *software* y *hardware* del sistema.

   - Base de datos dinámica: debe incluir una sub-base de datos de monitoreo de puentes y una sub-base de resultados de análisis.

ii. El diseño de cada sistema de base de datos debe seguir los principios generales de diseño de base de datos.

iii. Se debe adoptar un único formato estándar y una única interfaz de datos, para satisfacer las necesidades de otras aplicaciones de sistema de información, y al mismo tiempo garantizar la seguridad de los datos transmitidos.

iv. La base de datos debe tener funciones de protección de red para evitar ataques maliciosos y daños por virus, y establecer los permisos correspondientes de acuerdo con los niveles de usuario.

v. El *software* del subsistema de gestión de datos debe tener funciones de exportación, copia de seguridad y recuperación de datos.

11.4.7 Aceptación de un sistema de monitoreo permanente y automatizado

Una vez completado el sistema y después de haber mantenido su funcionamiento normal durante 1 a 2 meses, se debe realizar la aceptación del sistema de MSE.

La aceptación del sistema de MSE del puente incluye principalmente la aceptación del subsistema del sensor y del índice de rendimiento general:

El contenido de aceptación del subsistema del sensor debe cumplir los siguientes requisitos:

i. La tasa de supervivencia de los sensores de superficie debe ser del 100 %, y la tasa de supervivencia de los sensores embebidos no debe ser inferior al 95 %.

ii. La precisión de los datos recopilados por los sensores, debe cumplir con los requisitos de la evaluación de seguridad estructural del puente y la alerta temprana.

iii. La instalación y el enrutamiento de los sensores, no deben causar daños al puente y ni afectar la apariencia del puente.

iv. La instalación del sensor debe tener buena protección ante corrosión, humedad, otros deterioros y daño humano, y debe tener protección contra rayos, intemperie, rayos solares y medidas de seguridad ante el robo y vandalismo, entre otros que garanticen una adecuada vida útil.

Los requisitos para el rendimiento general del sistema de MSE son:

a. Los datos de monitoreo deben transmitirse efectivamente al centro de monitoreo de administración del puente para su gestión y mantenimiento centralizado.

b. Ciclo de actualización de la visualización de datos de monitoreo: ≤ 10 s.

c. Probabilidad de error en la transmisión de datos: ≤1/1000.

d. El sistema debe garantizar un funcionamiento continuo las 24 horas, para lo cual el tiempo promedio entre fallos debe ser mayor a 50000 horas.

e. La diferencia de tiempo entre el servidor principal del sistema y el servidor de adquisición debe ser de 0,1 s.

f. Todo el sistema debe tener una fuente de alimentación independiente y continuo las 24 horas y un diseño confiable de protección contra rayos.

g. Debe satisfacer los requisitos del monitoreo en tiempo real, el monitoreo periódico y el monitoreo de emergencia bajo condiciones ambientales extremas.

h. Debe permitir la supervisión del sistema con un control manual.

i. Para las fallas comunes, el sistema debe tener la función de recuperación automática.

j. Debe proporcionar documentación completa de ayuda del sistema y el manual de operación.

k. Debe satisfacer otros requerimientos de la administración y del diseño.

11.4.8 Mantenimiento del sistema de monitoreo permanente y automatizado

En cuanto al mantenimiento del sistema de monitoreo permanente y automatizado, deben tenerse las siguientes consideraciones:

i. Una vez completado el sistema y pasadas las etapas de prueba y comprobación, se debe establecer un plan de mantenimiento que indique los recursos humanos, materiales y financieros necesarios para ese fin, así como el procedimiento estándar de su ejecución.

ii. El personal de administración a tiempo completo del sistema de MSE, debe dominar las funciones del *hardware* y los parámetros técnicos del sistema, ser competente en operar el *software* del sistema, y manejar de manera independiente los diferentes tipos de fallas que pueden ocurrir en el mismo.

11.5 Calificación del personal

La información descrita en este capítulo solo puede conducir a resultados utilizables y confiables si tanto el programa de medición, el equipo, el *hardware*, especialmente el *software* de análisis, la subsecuente interpretación de los resultados, así como la evaluación, son realizados por personal experimentado, experto en ingeniería estructural con formación en el área de MSE, y con experiencia en pruebas de campo, en diversas técnicas de instrumentación y en diferentes metodologías de MSE.

Para garantizar la confiabilidad de los resultados de la instrumentación, de la realización de mediciones y de la recopilación de datos, estos deben ser realizados solo por personal calificado bajo la supervisión de expertos responsables en la instrumentación y ellos serán los responsables de garantizar la confiabilidad de los datos recolectados

En caso de la contratación de servicios de MSE, a la hora de realizar el pliego de condiciones se debe asesorar con un experto en ingeniería estructural con formación en el área de MSE.

11.6 Bibliografía

Aktan, A. E., Catbas, F. N., Grimmelsman, K. A., y Pervizpour, M. (2002). *Development of a Model Health Monitoring Guide for Major Bridges.* Drexel University: Federal Highway Administration.

Balageas, D., Fritzen, C. P., y Güemes, A. (2006). *Structural Health Monitoring .* Londres: Hermes Science Publishing.

Bisby, L. A. (2006). *ISIS and SAMCO Educational Module 5: An Introduction to Structural Health Monitoring.* Queen's University: SAMCO.

Brownjohn, J. M. (2006). Structural Health Monitoring of Civil Infrastructure. *Philosophical Transactions of the Royal Society A, 365*(1851), 589–622.

Comité de Construcción y Transporte de la cuidad y municipio de Tianjin. (2018). *Sistema de monitoreo de salud estructural: especificaciones técnicas para puentes de Tianjin.* Tianjin.

Dong, Y., Song, R., y Liu, H. (2010). *Bridges Structural Health Monitoring and Deterioration Detection Synthesis of Knowledge and Technology.* Alaska: Alaska University

Transportation Center.

Farrar, C. R., y Worden, K. (2007). An Introduction to Structural Health Monitoring. *Philosophical Transactions of the Royal Society A, 365*(1851), 303–315.

FHWA. (2014). *State of the Practice and Art for Structural Health Monitoring of Bridge Substructures (Publication n.° FHWA-HRT-09-040).* Virginia: Federal Highway Administration.

Housner, G. W., Bergman, L. A., Caughey, T. K., Chassiakos, A. G., Claus, R. O., Masri, S. F., . . . Yao, J. T. (1997). Structural Control: Past, Present, and Future. *ASCE Journal of Engineering Mechanics, 123*(9), 897-971.

ISO. (2015). *Sistema de gestión de la calidad* (ISO 9001). International Organization for Standardization. Obtenido de https://www.iso.org/

Karbhari, V. M. (2005). Health Monitoring Damage Prognosis and Sevice - Life Prediction - Issues Related to Implementation. En F. Ansari. (Ed.), *Sensing Issues in Civil Structural Health Monitoring* (pp. 301-310). Dordrecht: Springer.

Mendoza-Salas, M. A. (2011). *Instrumentación para el monitoreo de obras civiles.* (Tesis para optar el título de Ingenierio Civil). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Mufti, A. (2001). *Guidelines for Structural Health Monitoring.* Winnipeg: ISIS Canada.

Peeters, B. (2000). *System Identification and Damage Detection in Civil Engineering*. (Tesis para optar el título de Doctorado en Ciencias Aplicadas). Facultad de Ciencias Aplicadas, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Bélgica.

Phares, B., Wipf, T., Greimann, L., y Lee, Y. (2005). *Health Monitoring of Bridge Structures and Components Using Smart Structure Technology.* Iowa State University: Wisconsin Department of Transportation .

Rücker, W., Hille, F., y Rohrmann, R. (2006). *Guideline for Structural Health Monitoring.* Berlín: Federal Institute of Materials Research and Testing.

Rytter, A. (1993). *Vibrational Based Inspection of Civil Engineering Structures.* (Tesis para optar el título de Doctorado). Department of Building Technology and Structural Engineering, Universidad de Aalborg, Dinamarca.

Sohn, H., Farrar, C. R., Hemez, F. M., y Czarnecki, J. J. (2002). *A Review of Structural Health Review of Structural Health Monitoring Literature 1996-2001.* Nuevo México: Los Alamos National Laboratory.

Worden, K., Farrar, C. R., Manson, G., y Park, G. (2007). The Fundamental Axioms of Structural Health Monitoring. *Proceedings of the Royal Society A, 463*(2082), 1639–1664.

Yun, C., y Min, J. (2011). Smart Sensing, Monitoring, and Damage Detection for Civil Infrastructures. *KSCE Journal of Civil Engineering, 15*, 1-14.

Página intencionalmente en blanco.

12

Pruebas de carga en puentes

12.1 Introducción..... 12/3

12.2 Alcance.....12/4

12.3 Tipos y clasificación de las pruebas de carga..... 12/5

12.3.1 Prueba de carga de diagnóstico..... 12/6

12.3.2 Prueba de carga para la comprobación de la capacidad de carga.....12/6

12.3.3 Clasificación según tipo de aplicación de la carga..... 12/6

12.4 Análisis de la conveniencia de aplicar una prueba de carga.....12/7

12.4.1 Razones para realizar una prueba de carga.....12/8

12.4.2 Razones por las que no se justifica realizar una prueba de carga..... 12/10

12.4.3 Análisis económico de una prueba de carga.....12/11

12.5 Responsabilidades de los encargados la prueba de carga..... 12/14

12.5.1 Requisitos para el profesional responsable de realizar la prueba..... 12/14

12.5.2 Pruebas de carga en puentes nuevos..... 12/15

12.6 Consideraciones generales de las pruebas de carga.....12/15

12.6.1 Investigación estructural preliminar.....12/15

12.6.2 Mediciones y plan de instrumentación de la prueba de carga.....12/18

12.6.3 Plan de la prueba de carga.....12/19

12.7 Prueba de carga de diagnóstico..... 12/21

12.7.1 Consideraciones claves..... 12/21

12.7.2 Ejecución de la prueba de carga..... 12/24
12.7.3 Interpretación de resultados..... 12/25
12.7.4 Factor de capacidad de carga viva, RF..... 12/26
12.8 Prueba de carga para comprobación de la capacidad de carga..... 12/30
12.8.1 Consideraciones claves..... 12/30
12.8.2 Definición de la carga objetivo de la prueba..... 12/31
12.8.3 Ejecución de la prueba de carga..... 12/33
12.8.4 Interpretación de resultados..... 12/36
12.8.5 Factor de capacidad de carga viva, RF..... 12/36
12.9 Informe de la prueba de carga..... 12/37
12.10 Confiabilidad..... 12/39
12.11 Bibliografía..... 12/40

12.1 Introducción

En el presente capítulo se establecen generalidades que deben ser contempladas al realizar pruebas de carga en puentes, el cual es un estudio especial realizado a criterio de la *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como la *Organización*). Asimismo, se presentan los tipos de pruebas de carga que se pueden utilizar, sus aplicaciones y los lineamientos generales que deben ser considerados para su ejecución. El enfoque de las pruebas de carga que se desarrolla en este capítulo, sigue los lineamientos establecidos en "*The Manual for Bridge Evaluation"* (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2018) (denominado de aquí en adelante como AASHTO MBE 2018) y en la circular "*Primer on Bridge Load Testing (TRB CIRCULAR E-C257)"* (Transportation Research Board [TRB], 2019) (denominada de aquí en adelante como la Circular E-C257 2019). Por lo tanto, la *Organización* debe aplicar lo indicado en el presente capítulo, y cuando se indique, lo especificado en dichos documentos, para la ejecución de pruebas de carga en puentes.

Las pruebas de carga corresponden a la observación y medición de la respuesta de un puente que se encuentra sujeto a cargas controladas que son previamente definidas (AASHTO, 2018). Debido a que las pruebas de carga descritas en el presente capítulo corresponden a pruebas no destructivas, la magnitud de las cargas aplicadas no debe generar cambios en la respuesta elástica de la estructura, es decir, no se debe causar daño estructural permanente al puente, ni tan siquiera un daño estructural leve que, aunque sea casi imperceptible, pueda ser la causa de problemas a futuro en la estructura. Este tipo de prueba es una alternativa que permite realizar una evaluación del desempeño, ya sea a nivel global de todo el puente o a un nivel más específico de componentes o elementos.

Los objetivos que se pueden alcanzar a través de las pruebas de carga son muchos debido a sus distintas aplicaciones. Algunos de estos son (AASHTO, 2018):

- Brindar información suficiente para ajustar o refinar modelos analíticos con el fin de mejorar la estimación del factor de carga en puentes.
- Obtener el factor de carga para determinar niveles de carga segura en puentes cuyos planos o información estructural no se encuentra disponible.
- Evaluar puentes deteriorados o rehabilitados cuya estimación del factor de capacidad de carga viva mediante métodos analíticos no es precisa.
- Conocer la respuesta real del puente ante carga viva, incluyendo la distribución de cargas en los distintos elementos estructurales, condición real que representan los apoyos y medición del factor de amplificación IM.
- Evaluar la vida remanente en términos de fatiga en puentes de acero (no contemplado en el MP-2024 Tomo I; en caso de ser necesario, podrá consultarse la

Sección 7 del AASHTO MBE 2018).

- Servir como criterio de aceptación para comprobar o corroborar el adecuado comportamiento estructural de puentes nuevos.

Según lo presentado anteriormente, una de las principales aplicaciones de las pruebas de carga corresponde a obtener el factor de capacidad de carga viva, denominado de aquí en adelante como RF (por sus siglas en inglés para "*Rating Factor*"), para el puente ensayado (ver Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I).

12.2 Alcance

En la Sección 10.6 del MP-2024 Tomo I se especifican tres métodos para evaluar la capacidad de carga en puentes: **Método A** – Evaluación de capacidad de carga con el método de factores de carga y resistencia (LRFR por sus siglas en inglés para "*Load and Resistance Factor Rating*"), **Método B** – Evaluación de capacidad de carga por esfuerzos de trabajo (ASR por sus siglas en inglés para "*Allowable Stress Rating*") y el **Método C** – Evaluación de la capacidad de carga mediante una prueba de carga. Este capítulo se enfoca exclusivamente en el Método C, y por lo tanto, el objetivo principal del capítulo, al igual que se menciona para la Sección 8 del AASHTO MBE 2018, es enfatizar el uso de pruebas de carga como parte de los procedimientos de evaluación de la capacidad de carga de puentes en servicio. En el Apartado 12.7.4 y Apartado 12.8.5 del MP-2024 Tomo I, se establecen lineamientos para calcular el RF a través de los distintos tipos de prueba de carga desarrolladas en este capítulo. Se debe mencionar que, aunque el enfoque corresponde al uso de las pruebas de carga para obtener el RF, existen casos en los que se puede realizar una prueba de carga simplificada para evaluar un aspecto específico del puente (ver ejemplo de pruebas simplificadas en Capítulo 7 de la Circular E-C257 2019).

Más adelante en el Apartado 12.3.3 del MP-2024 Tomo I, se explican las posibles clasificaciones de las pruebas de carga según el tipo de aplicación de la carga, a saber, pruebas estáticas o dinámicas. Adicionalmente, se indica que, aunque las pruebas de carga de diagnóstico con cargas dinámicas, también explicadas posteriormente en el mismo apartado, sí pueden ser realizadas para obtener el RF, en la práctica su uso se ha limitado mayormente al ámbito de investigación académica o a mejorar la estimación de la amplificación de la carga viva por efectos dinámicos (conocido como amplificación IM en el *"AASHTO LRFD Bridge Design Specifications"* (AASHTO, 2020) denominado de aquí en adelante como AASHTO LRFD 2020). Según se mencionó anteriormente, el presente capítulo se encuentra enfocado principalmente en pruebas de carga con el objetivo de obtener el RF, por lo que los lineamientos planteados en el presente capítulo para las pruebas de carga de diagnóstico y de comprobación de capacidad de carga, corresponden a pruebas clasificadas como estáticas.

Al igual que se menciona en la Circular E-C257 2019, aunque los criterios y conceptos

presentados en el capítulo pueden ser utilizados para puentes complejos, este tipo de puentes suelen requerir una preparación y planificación más amplia. De acuerdo con la definición presentada en la Sección 10.2 del MP-2024 Tomo I, serán considerados como puentes complejos los puentes móviles, suspendidos, atirantados, con vigas curvas, con características inusuales en su forma estructural y puentes con una luz libre mayor que 150 m. Las consideraciones especiales o adicionales que pueden llegar a requerir este tipo de puentes no son establecidas en el presente capítulo, por lo que estas deberán ser establecidas por la *Organización*, o según se determine, por el profesional responsable de la prueba, para cada uno de los casos específicos que se requiera evaluar.

12.3 Tipos y clasificación de las pruebas de carga

En el AASHTO MBE 2018 se establecen 2 tipos de prueba de carga principales, los cuales son: prueba de carga de diagnóstico y prueba de carga de comprobación de la capacidad de carga. En el Apartado 12.3.1 del MP-2024 Tomo I se presentan los objetivos principales de las pruebas de carga de diagnóstico, mientras que en el Apartado 12.3.2 del MP-2024 Tomo I se presentan los principales objetivos de las pruebas de carga de comprobación de la capacidad de carga. Adicionalmente, según la forma en la que es aplicada la carga durante la prueba, estas pueden clasificarse en: prueba de carga estática o prueba de carga dinámica. En el Apartado 12.2.3 del MP-2024 Tomo I se presentan los aspectos principales de las pruebas de carga estáticas y dinámicas, así como consideraciones sobre el uso de este tipo de pruebas para la evaluación del RF. En la Figura 12.1 se muestran los tipos de prueba de carga y la clasificación según el tipo de aplicación de la carga.

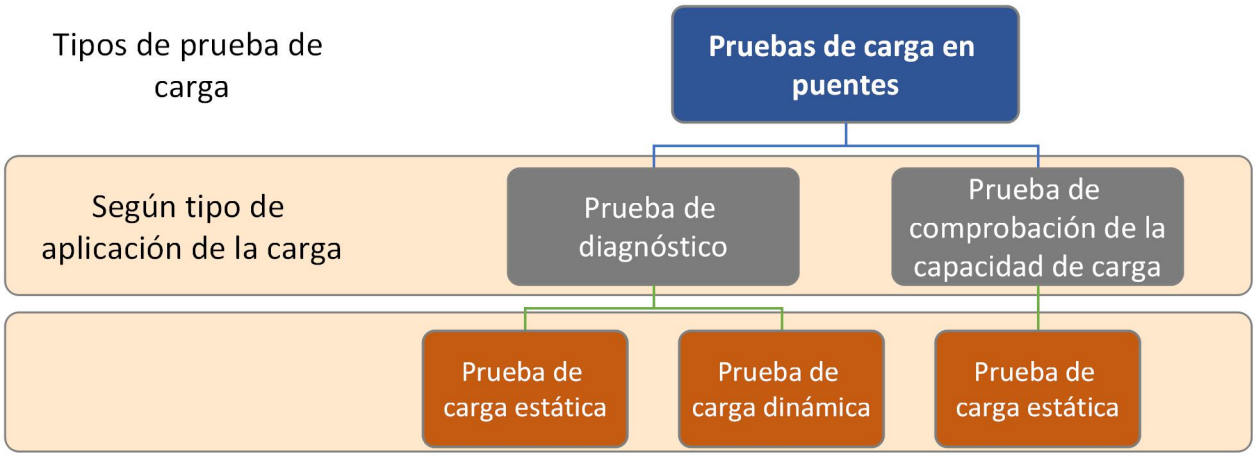


Figura 12.1. Tipos y clasificación de las pruebas de carga.

12.3.1 Prueba de carga de diagnóstico

La prueba de carga de diagnóstico es aquella que se realiza con el objetivo de determinar la respuesta estructural del puente o alguno de sus elementos específicos, ante la aplicación de una o varias cargas conocidas. La aplicación de dichas cargas en el puente, específicamente sobre la losa o tablero, permite realizar una comparación entre la respuesta esperada según los modelos estructurales analíticos, y la respuesta estructural medida durante la prueba. A través de esta comparación, es posible calibrar y validar el modelo analítico, de forma tal que se puede obtener un modelo analítico verificado en sitio (AASHTO, 2018).

El objetivo principal de una prueba de diagnóstico no corresponde a medir directamente la capacidad de carga del puente, sino a medir la respuesta estructural ante patrones de carga viva conocidos. Este tipo de pruebas, normalmente se realizan con cargas de servicio o con una parte de la carga de servicio, y debido a lo anterior, la ejecución y operación de la prueba suele ser sencilla, con menores niveles de riesgo asociados a generar daño permanente, o inclusive el colapso del puente. Sin embargo, estas requieren de un mayor trabajo de análisis de datos una vez que la prueba es realizada (Lantsoght, Grimson, Zhou, y Yang, 2020).

12.3.2 Prueba de carga para la comprobación de la capacidad de carga

La prueba de comprobación de la capacidad de carga es aquella mediante la cual se establece la máxima carga viva segura del puente. Específicamente, en este tipo de prueba se evalúa la capacidad del puente de soportar su carga muerta, más una carga viva que considere además los efectos dinámicos, sin que el puente presente un comportamiento inelástico o que se generen daños permanentes en su estructura (AASHTO, 2018).

Aunque el concepto de este tipo de prueba puede ser más simple que el de la prueba de diagnóstico, realmente requiere de una preparación y ejecución más detallada, ya que el nivel de riesgo de la prueba suele ser mayor al utilizar cargas mayores a las del nivel de servicio (según se explica más adelante en el capítulo). A pesar de las complicaciones mayores en estas etapas de la prueba de carga, el trabajo de análisis de datos posterior a la prueba suele ser menor, ya que se logra obtener directamente la capacidad de carga viva segura del puente, con la excepción de que siempre es necesario evaluar que no estén actuando mecanismos que no son confiables a largo plazo, como por ejemplo el caso de apoyos expansivos deteriorados que podrían ser reemplazados a futuro, o a niveles de carga más altos, como por ejemplo la acción compuesta involuntaria entre las vigas y el tablero que puede ocurrir en ciertos niveles de carga.

12.3.3 Clasificación según tipo de aplicación de la carga

Adicional a los tipos de pruebas de carga presentados anteriormente en el Apartado 12.3.1 y

Apartado 12.3.2 del MP-2024 Tomo I, dependiendo de la forma en que la carga es aplicada en el puente, las pruebas pueden clasificarse como estáticas o dinámicas. A continuación, se describen cada una de las clasificaciones mencionadas:

a. Pruebas de carga estáticas: Son aquellas pruebas realizadas mediante cargas estacionadas en el tablero o losa del puente o cargas que se trasladan a velocidades menores de 5 km/h ("*crawl speed*" como se conoce en inglés en la Circular E-257 2019) de forma tal que no se generen vibraciones en el puente durante la prueba. En este tipo de pruebas, la magnitud de la carga y su posicionamiento puede variarse, sin embargo, debe realizarse de manera controlada para no generar vibraciones en el puente.

b. Pruebas de carga dinámicas: Son aquellas pruebas realizadas mediante cargas en movimiento que inducen vibraciones en el puente, y en las que se genera la amplificación de la carga viva por efectos dinámicos (amplificación IM del AASHTO LRFD 2020). En la mayoría de los casos, la prueba dinámica se realiza para medir los modos de vibración, las frecuencias, mejorar la estimación del factor de carga dinámica o para obtener un historial de carga y rango de esfuerzos para la evaluación de la fatiga (AASHTO, 2018). Existen varios tipos de prueba de carga dinámica. Estos tipos son: peso en movimiento ("*weight-in-motion*" como se conoce en inglés), pruebas de respuesta dinámica y prueba de vibraciones. Una descripción detallada de cada una de estas pruebas se muestra en el Artículo 8.4.2 del AASHTO MBE 2018.

Las pruebas de carga de diagnóstico pueden llevarse a cabo mediante cargas estáticas o dinámicas, mientras que las pruebas de carga de comprobación de la capacidad de carga son realizadas exclusivamente mediante cargas estáticas (ver Figura 12.1). En la Circular E-C257 2019, se menciona que, aunque las pruebas de carga de diagnóstico con cargas dinámicas sí pueden ser realizadas para obtener el RF, en la práctica su uso se ha limitado mayormente a efectos académicos o a mejorar la estimación de la amplificación de la carga viva por efectos dinámicos (amplificación IM del AASHTO LRFD 2020). Lo anterior, ya que existen mayores complicaciones al momento de refinar un modelo analítico utilizando los resultados de esta prueba, debido a que, al ajustar parámetros relacionados con la rigidez, deben ajustarse también parámetros relacionados con la masa (inercia) de los elementos del puente (TRB, 2019).

12.4 Análisis de la conveniencia de aplicar una prueba de carga

En la presente sección se incluyen los principales aspectos que deben ser considerados para determinar los casos en los que se justifica, o por el contrario, en los que no se justifica, realizar pruebas de carga en puentes. Será responsabilidad de la *Organización* evaluar la justificación técnica para realizar la prueba (ver Apartado 12.4.1 y Apartado 12.4.2 del MP-2024 Tomo I), para asegurar que esta cumplirá con los objetivos que hayan sido determinados, y la

justificación económica mediante un análisis económico (ver Apartado 12.4.3 del MP-2024 Tomo I).

12.4.1 Razones para realizar una prueba de carga

Existen distintos aspectos que deben ser considerados para determinar cuándo es justificable técnicamente realizar una prueba de carga. En la Sección 10.4 del MP-2024 Tomo I, se establecen las distintas razones posibles por las cuales se debe realizar una evaluación de capacidad de carga en puentes. Específicamente, con respecto a las pruebas de carga de diagnóstico, una de las principales razones para realizarlas, corresponde a mejorar la estimación del RF. Lo anterior, principalmente en los casos en los que ya se ha realizado la evaluación de capacidad para cargas legales, ya sea mediante el Método A (LRFR) o el Método B (ASR), y se obtiene un RF menor a 1.0 (ver Figura 10.2 del Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I). En estos casos, la *Organización* puede optar por utilizar la prueba de carga de diagnóstico para ajustar el modelo analítico, de forma tal que se pueda obtener un modelo analítico verificado en sitio que permita mejorar la estimación del RF u optar por otras medidas de intervención como: colocar restricciones de carga e iniciar gestiones para rehabilitación o reconstrucción (sustitución) del puente.

De acuerdo con las características de los puentes, algunos de ellos podrían ser más susceptibles que otros a presentar una mejora en la exactitud del RF a través del modelo analítico verificado en sitio desarrollado posterior a realizar una prueba de diagnóstico. A continuación, se enlistan algunos de los puentes más aptos para realizar pruebas de carga de diagnóstico, con el objetivo de que se presente una mejora del RF con los modelos verificados en sitio que se incluyen en la Circular E-C257 2019 (TRB, 2019). El listado presentado deberá ser utilizado como referencia; sin embargo, será la *Organización* la que deberá evaluar para cada caso en específico, si el puente es apto para realizar la prueba de carga de diagnóstico.

- Puentes de múltiples vigas: La prueba permite realizar la medición indirecta de esfuerzos a través de la medición directa de deformaciones, en puntos previamente seleccionados de las vigas principales, de forma tal que pueda obtenerse información acerca de la distribución de carga entre las distintas vigas principales. Asimismo, la medición de esfuerzos a distintas alturas de la viga, puede proveer información sobre la ubicación del eje neutro y sobre el posible aporte a la rigidez por parte del tablero (condición de sección compuesta o no compuesta). También, la medición de esfuerzos cerca de los apoyos puede servir para identificar una restricción involuntaria de los apoyos.
- Puentes tipo losa: En este tipo de puentes se suele subestimar la redistribución transversal de la carga sobre la losa, por lo que mediante la prueba de carga es posible obtener una mejor estimación de este parámetro.

- Puentes tipo arco: La prueba permite evaluar el desempeño del arco bajo cargas ya que este se ve afectado por la rigidez de las fundaciones o apoyos.
- Puentes deteriorados: La prueba permite analizar puentes en los que se desconoce el efecto del deterioro de los materiales u otro tipo de deficiencias que pueden afectar la respuesta estructural del mismo.
- Puentes con geometrías o características especiales: La prueba permite detectar puentes cuya geometría o características particulares pueden mejorar la respuesta estructural ante cargas vivas, debido a que presentan redundancia y múltiples trayectorias de carga.

Dependiendo de la cantidad de información que se encuentre disponible de los puentes, estos se pueden separar en dos grupos: puentes con información suficiente (denominados también como "conocidos" o "*known bridges*" en inglés) y puentes con información limitada o insuficiente (denominados también como "desconocidos" o "*hidden bridges*" en inglés). Este último grupo de puentes corresponde a uno de los principales candidatos para realizar una prueba de carga de comprobación de capacidad de carga. Lo anterior, ya que esta capacidad de carga normalmente no puede ser determinada de manera precisa únicamente a través de un modelo analítico. A continuación, se describen los dos grupos de puentes mencionados (AASHTO, 2018):

- Puentes con información suficiente: Al grupo de puentes con información, pertenecen los puentes cuyas características son conocidas y su factor de capacidad de carga viva puede ser determinado de forma analítica; sin embargo, dicha capacidad de carga resulta baja y la prueba de carga podría dar resultados más realistas. Puentes cuyas cargas permanentes sean mucho mayores a su carga viva, también suelen ser buenos candidatos para este tipo de pruebas (TRB, 2019).
- Puentes con información limitada o inexistente: Al grupo de puentes con información limitada o inexistente, pertenecen aquellos cuyas características son desconocidas y no hay información suficiente para evaluarlo de forma analítica. A este grupo pertenecen los puentes sin planos o especificaciones, puentes con reparaciones o rehabilitaciones que generan incertidumbre en el modelo analítico, o puentes en los que, por el efecto del deterioro en sus distintos componentes y elementos, su capacidad es desconocida y no puede ser determinada de forma analítica (AASHTO, 2018). Para los puentes en este grupo, deberá realizarse un levantamiento detallado para determinar la geometría de los elementos estructurales, así como ensayos que permitan determinar las propiedades de los materiales, de forma tal que pueda realizarse una estimación preliminar de la capacidad media (ver Inciso 12.6.1.3 del MP-2024 Tomo I).

12.4.2 Razones por las que no se justifica realizar una prueba de carga

Contrario a los casos presentados en el Apartado 12.4.1 del MP-2024 Tomo I, según el AASHTO MBE 2018, algunas de las situaciones en las que no se justifica realizar una prueba de capacidad de carga en una estructura de puente son (AASHTO, 2018):

- El cálculo del RF, realizado conforme a lo indicado en el Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I, ya sea por el Método A (LRFR) o Método B (ASR), para los distintos niveles de evaluación (inventario, operación o para cargas legales de AASHTO MBE 2018 y cargas legales nacionales), resulta en valores mayor a 1.0.
- La estimación preliminar del costo de la prueba de carga, incluyendo los preparativos, diseño de la prueba, ejecución de la prueba y el análisis de los resultados obtenidos, es mayor a la estimación preliminar del costo de rehabilitación (mayor o menor), reconstrucción (sustitución) u otra medida de intervención requerida en la estructura (ver Apartado 12.4.3 del MP-2024 Tomo I).
- Según evaluaciones preliminares, no es posible que el puente presente una mejora en la exactitud de la estimación del RF posterior a la prueba.
- De acuerdo con estimaciones, el puente no es capaz de soportar ni siquiera el menor nivel de carga correspondiente al nivel de cargas legales, según se explica en la Sección 10.8 del MP-2024 Tomo I.
- Existe la posibilidad de falla frágil o repentina en la estructura (por ejemplo, falla por cortante o fractura), que imposibilita que la prueba pueda ser llevada a cabo de manera segura.
- La ejecución de la prueba no resulta factible debido a distintas condiciones de sitio (por ejemplo, las condiciones de acceso o el tipo y cantidad de tránsito sobre el puente).

Adicional a los aspectos presentadas anteriormente, los puentes convencionales con poca o ninguna redundancia estructural o por trayectoria de cargas, como por ejemplo puentes de un solo tramo con 2 vigas, no son candidatos para realizar pruebas de carga si el objetivo es mejorar los modelos analíticos para incrementar la exactitud del RF (TRB, 2019). Lo anterior, ya que para este tipo de puentes la incertidumbre asociada al modelo analítico suele ser menor, lo que implica menores diferencias entre la respuesta estructural analítica del puente y la respuesta estructural experimental medida durante la prueba. Por lo tanto, no se justifica, desde el punto de vista económico, ya que el costo de la prueba puede llegar a ser mayor que los beneficios netos obtenidos.

12.4.3 Análisis económico de una prueba de carga

Adicional a las consideraciones para la justificación técnica de la prueba que se presentaron en el Apartado 12.4.1 y Apartado 12.4.2 del MP-2024 Tomo I, la *Organización* deberá considerar la justificación económica de la prueba de carga para lo cual se presentan dos enfoques: análisis costo-beneficio y análisis del costo total del ciclo de vida. La *Organización* deberá evaluar, según la información disponible, cuál de los dos enfoques es más conveniente para la justificación económica de la prueba de carga.

12.4.3.1 Análisis costo-beneficio

A continuación, se presenta de forma general la metodología para determinar el valor de la prueba de carga, a través del cálculo de los costos y beneficios asociadas a la misma. Dicha metodología se encuentra basada en el documento "*Bridge Load Testing: Cost-Benefit Evaluation*" de Alampalli y Ettouney (2010), el cual podrá ser utilizado para profundizar los conceptos presentados.

Los costos de la prueba pueden llegar a variar significativamente dependiendo de las características del puente a ser ensayado. Algunas de estas características que pueden variar significativamente los costos de la prueba son el tipo de superestructura, material, número de tramos, longitud de los tramos, número de carriles, condición del puente, entre otros (Alampalli y Ettouney, 2010). Con respecto a los costos totales de la prueba ($C_{Prueba\,Carga}$), estos pueden estimarse utilizando la siguiente ecuación:

$$C_{Prueba\,Carga} = C_T + C_S + C_D + C_L + C_W + C_{MISC} \quad (12\text{-}1)$$

Donde:

C_T: Costos asociados a la seguridad y manejo del tránsito requerido para la prueba.

C_S: Costos asociados a los sensores, sistema de adquisición de datos e instrumentación que sea requerida para la prueba.

C_D: Costos asociado al análisis y procesamiento de los datos de la prueba.

C_L: Costos asociados a todos los trabajos requeridos para realizar las distintas actividades que deben ser llevadas a cabo en el campo.

C_W: Costos asociados a la carga que será utilizada en la prueba.

C_{MISC}: Costos misceláneos o adicionales que no se encuentren incluidos en los otros costos.

Los beneficios obtenidos de la prueba de carga pueden dividirse en dos grupos: los beneficios cuantificables (BQN por el término en inglés para "*quantifiable benefits*") y los beneficios cualitativos (BQL por el término en inglés para "*qualitative benefits*"). A continuación,

se describen cada uno de los grupos mencionados (Alampalli y Ettouney, 2010):

a. Beneficios cuantitativos (BQN): Este tipo de beneficios cuantificables directamente en términos monetarios, están asociados a mejorar la toma de decisiones debido a la información adicional que se obtiene a través de la prueba de carga. En general, estos beneficios pueden dividirse en:

   i. Beneficio por decisiones operativas: Beneficios asociados a la mejora en la toma de decisiones operativas como colocar una restricción de la carga vehicular, reducir la velocidad de tránsito o inclusive cerrar el puente.
   ii. Beneficio por decisiones de priorización de acciones de intervención: Beneficios asociados a la toma de decisiones en relación con la priorización de acciones de intervención del sistema de gestión como la conservación.
   iii. Beneficios por decisiones de capacidad: Beneficios asociados a la decisión de permitir el paso de vehículos especiales con cargas mayores a las de diseño.

   Adicionalmente, dependiendo de la información que pueda llegar a ser obtenida a través de la prueba de carga, pueden presentarse dos escenarios distintos: 1) La prueba de carga confirma que deben tomarse las decisiones (operativas, priorización y de capacidad) según el enfoque convencional (sin realizar la prueba de carga), en cuyo caso el beneficio de la prueba se vuelve cualitativo. 2) La prueba de carga muestra que el enfoque convencional para la toma de decisiones es conservador o inseguro, en cuyo caso, el beneficio de la prueba será la desviación de costos entre las decisiones según el enfoque convencional y el resultado sugerido por la prueba de carga.

b. Beneficios cualitativos (BQL): Este tipo de beneficios no son cuantificables en términos monetarios de forma directa ya que pueden ser medidos en distintas unidades. Sin embargo, de forma indirecta puede obtenerse el valor monetario mediante la asignación de un beneficio relativo a los beneficios cuantitativos y cualitativos utilizando el criterio ingenieril en función de la razón entre la utilidad y el valor. Adicionalmente, se pueden asignar pesos para cada uno de los beneficios cuantitativos y cualitativos, lo que resulta en un número total para cada uno de los beneficios cualitativos (BQL) y la suma total de los beneficios cuantitativos (W_{BQN}).

Según lo mencionado anteriormente, el valor monetario de los beneficios cualitativos ($BQL_{Monetario}$) puede obtenerse mediante la siguiente ecuación:

$$BQL_{Monetario} = BQL \frac{BQN}{W_{BQN}} \quad (12\text{-}2)$$

Donde:

BQL: Beneficio cualitativo en su respectiva unidad.

BQN: Beneficio cuantitativo asociado mediante criterio ingenieril.

W_{BON}: Sumatoria del total de los beneficios cuantitativos.

Los beneficios totales obtenidos a través de una prueba de carga ($B_{Prueba\,Carga}$) pueden estimarse por lo tanto mediante la siguiente ecuación:

$$B_{Prueba\,Carga} = BQN + BQL_{Monetario} \quad (12\text{-}3)$$

Finalmente, si la razón beneficio entre costo ($B_{Prueba\,Carga}/C_{Prueba\,Carga}$) es mayor que 1.0, entonces si existe justificación económica para realizar la prueba de carga. En el caso contrario, deberá de evaluarse la acción a seguir entre las acciones correctivas y de priorización de las acciones de intervención. El criterio ingenieril y la experiencia juegan un papel importante en esos casos.

12.4.3.2 Análisis de costos de ciclo de vida

A continuación, se presenta un enfoque alternativo para la justificación económica de una prueba de carga a través de un análisis de costos de ciclo de vida (ACCV por sus siglas según Araya-Con y Villalobos-Vega, 2020). En el Capítulo 2 de la Circular E-C257 2019 se muestra este enfoque, el cual se encuentra basado en el Capítulo 10 del libro "***Bridge Engineering Handbook***" denominado *"Bridge Health Monitoring"* de Frangopol y Sunyong (2014), el cual podrá ser utilizado para profundizar los conceptos presentados.

En general, el costo económico total del ciclo de vida (C_{ET} por el término en inglés para "*expected total economic cost*"), puede ser obtenido mediante la siguiente ecuación (TRB, 2019):

$$C_{ET} = C_T + C_{PM} + C_{INS} + C_{REP} + C_F \quad (12\text{-}4)$$

Donde:

C_T: Costo inicial de la estructura.

C_{PM}: Costo esperado del mantenimientodel puente.

C_{INS}: Costo esperado de las inspecciones del puente.

C_{REP}: Costo esperado de las reparaciones o rehabilitación mayor del puente.

C_F: Costo esperado por la falla del puente.

En este caso, el objetivo general del análisis deberá ser comprobar que la prueba de carga es una medida costo-efectiva y que en caso de ser aplicada en el momento oportuno, puede llegar a minimizar el costo total del ciclo de vida de la estructura, asegurándose de que esta se encuentre operando en condiciones seguras durante toda su vida de servicio. La costo-

efectividad de las pruebas de carga en puentes puede optimizarse al analizar su efecto en el costo económico total del ciclo de vida (C_{ET}), considerando una actualización de los distintos costos debido a la nueva información obtenida a través de la prueba. En la siguiente ecuación, se muestra el cálculo del costo económico total del ciclo de vida, agregando el costo de las pruebas de carga y las mejoras en la toma de decisiones de inversión (TRB, 2019):

$$C_{ET}^{*} = C_{T}^{*} + C_{PM}^{*} + C_{INS}^{*} + C_{REP}^{*} + C_{F}^{*} + C_{MON} \quad (12\text{-}5)$$

Donde:

$*$: Superíndice que representa la modificación del costo al considerar la nueva información generada a través de la prueba de carga.

C_{MON}: Costo de la prueba de carga o de pruebas que generan información para mejorar la toma de decisiones como el monitoreo de la salud estructural (ver Capítulo 11 del MP-2024 Tomo I).

Finalmente, si el costo económico total del ciclo de vida actualizado con la información de la prueba es menor al costo sin la información de la prueba ($C_{ET}^{*} < C_{ET}$), entonces si existe justificación económica para realizar la prueba de carga. En el caso contrario, deberá de evaluarse la acción a seguir entre las acciones correctivas y de priorización de las acciones de intervención. Asimismo, en estos casos el criterio ingenieril y la experiencia juegan un papel importante en esos casos.

12.5 Responsabilidades de los encargados la prueba de carga

Según se indica en la Sección 10.5 del MP-2024 Tomo I, ya sea por el Método A (LRFR), Método B (ASR) o Método C (Pruebas de carga), la *Organización* será la responsable final de la evaluación de la capacidad de carga de los puentes que tiene en su jurisdicción, aunque no necesariamente es la encargada de llevarla a cabo. Asimismo, la *Organización* deberá velar porque la prueba de carga sea llevada a cabo por un profesional, ya sea interno o contratado externamente, que cumpla con los requisitos establecidos en el Apartado 12.5.1 del MP-2024 Tomo I.

12.5.1 Requisitos para el profesional responsable de realizar la prueba

Las pruebas de carga en puentes deben ser planificadas, realizadas y evaluadas por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema, para garantizar que la prueba cumplirá con los objetivos establecidos de manera segura sin causar daño permanente a la estructura, para así evitar poner en peligro la integridad de esta. Asimismo, el responsable de realizar la prueba de carga deberá velar por la seguridad tanto de los usuarios del puente, como del personal de trabajo que se encuentra realizando la prueba.

Los requisitos mínimos que deberá cumplir la persona profesional responsable de realizar la prueba de carga, se presentan a continuación:

a. Estar incorporado(a) al Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos como ingeniero(a) civil o ingeniero(a) en construcción.

b. Tener experiencia en el desarrollo de modelos analíticos y diseño estructural de puentes con tipologías estructurales y dimensiones similares a las del puente que será sometido a la prueba.

c. Contar con experiencia práctica (participación activa) en pruebas de campo que hayan requerido instrumentación y monitoreo en tiempo real de la respuesta estructural de un puente, preferiblemente en pruebas de carga o de monitoreo de salud estructural (ver Capítulo 11 del MP-2024 Tomo I).

Los puentes denominados complejos, que no están incluidos en el alcance de este capítulo (ver la Sección 12.2 del MP-2024 Tomo I), pueden requerir conocimientos especializados de ingeniería y mayor experiencia por parte del profesional responsable de realizar la prueba y, por lo tanto, los requisitos del profesional para la ejecución de la prueba de carga en estos casos deberán ser determinados por la *Organización*.

12.5.2 Pruebas de carga en puentes nuevos

La ejecución de pruebas de carga para la recepción de puentes nuevos no será de carácter obligatorio; sin embargo, la *Organización* podrá solicitar la prueba de carga como parte de los requisitos para aceptación de obra nueva, en los casos en los que existe una justificación técnica o económica para que esta sea ejecutada. Alguno de los casos en los que podría justificarse realizar una prueba de carga en puentes nuevos son: puentes con un alto nivel de importancia debido a su tamaño o función como parte de una ruta principal, y/o puentes en donde existan posibles incertidumbres en los modelos analíticos asociadas al uso de nuevos materiales, nuevos métodos constructivos, tipologías poco usadas en el país, entre otros. No se debe descartar la ejecución de pruebas de carga en puentes nuevos para efectos de investigación.

12.6 Consideraciones generales de las pruebas de carga

12.6.1 Investigación estructural preliminar

El profesional responsable de la prueba de carga, deberá realizar una investigación estructural en la fase previa a la ejecución. Los resultados y principales hallazgos encontrados a través de la investigación estructural, deberán ser incluidos en el plan de la prueba de carga que debe ser entregado a la *Organización*, según se indica en el Apartado 12.6.3 del MP-2024

Tomo I.

En el Capítulo 2 de la Circular E-C257 2019, se describen los principales aspectos que deben ser abarcados en la investigación estructural preliminar. A continuación, se presenta una descripción de cada uno (TRB, 2019).

12.6.1.1 Revisión de la información disponible

El primer paso de una investigación estructural preliminar corresponde a la revisión de la información del puente. En caso de estar disponible, la documentación mínima que deberá ser recolectada y revisada por el profesional responsable de la prueba es:

a. Planos estructurales e información acerca del diseño del puente como la siguiente:
   - Planos estructurales y especificaciones del diseño del puente.
   - Planos constructivos o planos "*as-built*" del puente.
   - Pruebas de control de calidad de materiales realizadas durante la construcción del puente.
   - Memorias de cálculo del diseño estructural del puente.
b. Formularios y reportes de las inspecciones que hayan sido realizadas en el puente, ya sean *Inspecciones de inventario*, *Inspecciones rutinarias* o *Inspecciones detalladas*, en cuyo caso, deberán revisarse los resultados de las pruebas destructivas o no destructivas que hayan sido realizadas en el puente (ver Capítulo 3, Capítulo 6 y Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I).
c. Reportes de la evaluación de capacidad de carga a través del Método A (LRFR) o Método B (ASR) según se describe en el Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I.
d. Información sobre modificaciones que hayan sido realizadas al puente como:
   - Planos estructurales acerca de rehabilitaciones que hayan sido realizadas.
   - Memorias de cálculo del diseño estructural de las rehabilitaciones o las sustituciones parciales que hayan sido realizadas.
   - Informes de actividades de conservación que han sido realizadas.
e. Datos de eventos en los que se haya visto involucrada la estructura, ya sea que estén reportados por medios oficiales de la *Organización* o por reportes noticiosos, como por ejemplo el caso de una colisión contra la estructura del puente.

12.6.1.2 Ejecución de inspección de reconocimiento

Una vez recolectada y revisada la información disponible del puente, el profesional responsable de la prueba de carga deberá realizar una inspección de reconocimiento del puente. Esta inspección de reconocimiento deberá cumplir, con excepción del llenado de los formularios de *Inspección rutinaria* y elaboración del informe de inspección (según el Apéndice B y el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I respectivamente), con todos los requisitos de una *Inspección rutinaria* según se define en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I, por lo que durante la inspección deberá estar presente un(a) *Inspector(a) Nivel III* junto con otro(a) *Inspector(a) Nivel I, II o III*.

A través de la inspección de reconocimiento, se deberá corroborar o recolectar información faltante del puente. Asimismo, en la inspección deberá obtenerse la información que pueda afectar los resultados de los cálculos preliminares y la prueba de carga, como la siguiente: deterioro de los materiales, pérdidas de sección de los distintos elementos, desplazamientos, anchos de grietas, condiciones de apoyos y juntas de expansión, entre otros. También es importante que el inspector identifique posibles modificaciones a la carga muerta del puente, como por ejemplo sobrecapas de asfalto sobre la losa del puente que no hayan sido reportadas o documentadas en la información del puente.

Adicional a la información mencionada anteriormente, la inspección de reconocimiento deberá ser utilizada para identificar las condiciones de sitio, de forma tal que se pueda planificar la ejecución de la prueba, determinar posibles limitaciones (por ejemplo, difícil acceso a los elementos a instrumentar) y prever posibles riesgos de seguridad generales y específicos del sitio, así como posibles problemas que se podrían derivar de la prueba de carga en sí. Debido a lo anterior, es recomendable que la visita se realice el mismo día de la semana y hora más probable en la que posteriormente se realizará la prueba. En general, se deben identificar condiciones de acceso a la estructura, colocación del equipo, clima adverso, condiciones del tránsito, limitaciones de altura, características poblacionales, riesgos por presencia debajo del puente tanto de plantas o animales peligrosos como de personas viviendo o realizando actividades ilícitas, entre otras condiciones que deban ser consideradas por el profesional responsable de la prueba de carga.

12.6.1.3 Elaboración de cálculos preliminares

Utilizando la información recolectada a través del Inciso 12.6.1.1 e Inciso 12.6.1.2 del MP-2024 Tomo I, el profesional responsable de la prueba deberá realizar los cálculos preliminares que serán utilizados para la prueba de carga. Los cálculos preliminares que deberán ser desarrollados por el profesional responsable son al menos los siguientes:

a. Obtener el factor de capacidad de carga a través del Método A o Método B, según corresponda, de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I, considerando las condiciones del puente identificadas durante la inspección de reconocimiento.
b. Obtener un estimado de la capacidad media de la estructura considerando los promedios de los resultados medidos de las propiedades de los materiales, pero sin contemplar los factores de carga y resistencia. Esta capacidad promedio deberá ser considerada para la selección de la carga que se utilizará para la prueba de carga, según se explica más adelante en el capítulo.

Aunque ambos casos sean parte de los cálculos preliminares, es posible que en los casos de los puentes en los que no se encuentre disponible la información estructural, no sea posible obtener el factor de capacidad de carga (según el Punto a de este inciso), por lo que como mínimo deberán realizarse los cálculos preliminares para determinar la capacidad promedio de

la estructura (según el Punto b de este inciso). Estos casos deberán de ser considerados como la categoría de puentes con información limitada o inexistente según se indica en el Apartado 12.4.1 del MP-2024 Tomo I, por lo que deberá de considerarse la ejecución de la prueba de carga de comprobación de capacidad de carga y no la prueba de carga de diagnóstico. Es importante que, para estos casos, se realice un levantamiento detallado de la estructura para determinar la geometría de los elementos estructurales, así como ensayos para determinar las propiedades de los materiales, de forma tal que pueda realizarse la estimación preliminar de la capacidad promedio.

En los casos en los que sí se encuentra disponible la información estructural, se deberá de realizar el modelo analítico del puente. Para las pruebas de carga de diagnóstico, este modelo analítico es el que será refinado utilizando los resultados de la prueba de carga para obtener el RF a través del modelo verificado en sitio, según se explica en el Apartado 12.7.4 del MP-2024 Tomo I.

12.6.1.4 Ejecución de ensayos complementarios

En ocasiones, a través de la revisión de la información estructural disponible y la inspección de reconocimiento, el profesional responsable de la prueba podrá determinar que es requerido realizar ensayos, ya sea destructivos o no destructivos, previo a realizar la prueba de carga. Estos ensayos podrán ser utilizados principalmente para determinar propiedades de los materiales del puente. La ejecución de los ensayos deberá coordinarse con la *Organización*. Asimismo, la planificación, ejecución e interpretación de los ensayos destructivos (ED) deberá realizarse de acuerdo con lo establecido en el Apartado 7.4.1, y para los ensayos no destructivos (END) de acuerdo con el Apartado 7.4.2, del MP-2024 Tomo I.

12.6.2 Mediciones y plan de instrumentación de la prueba de carga

Los parámetros por medir durante una prueba de carga dependerán de los objetivos que hayan sido establecidos. En general, los parámetros a investigar a través de las mediciones en las pruebas de carga son: deformaciones (que serán transformadas en esfuerzos), desplazamientos relativos o absolutos, rotación relativa o absoluta del puente, y la carga aplicada (magnitud y posición). Adicionalmente, en pruebas de carga dinámicas pueden medirse parámetros dinámicos como frecuencias modales, formas modales, razones de amortiguamiento, entre otras (AASHTO, 2018). También debe considerarse la necesidad de medición de parámetros ambientales, como es el caso de la temperatura y la humedad, en caso de que los equipos utilizados sean susceptibles a variaciones de temperatura y humedad y haya que realizar correcciones a las mediciones.

Las mediciones que se realizarán durante la prueba de carga definirán el plan de instrumentación que será requerido. El tipo y la cantidad de instrumentación varía dependiendo de distintos aspectos a como lo son: tipo de prueba cantidad, el tipo de superestructura,

material, número de tramos, longitud de los tramos, número de carriles, condición del puente. En el caso de las pruebas de diagnóstico, la cantidad de instrumentación variará dependiendo de la incertidumbre del modelo analítico, mientras que, en las pruebas de carga de comprobación de la capacidad de carga, la cantidad de instrumentación variará dependiendo del criterio para detener la prueba (Lantsoght, 2020)

En general, el plan de instrumentación deberá incluir esquemas donde se muestra el tipo y posición del equipo a utilizar, el montaje e instrucciones del cableado. Previo a la definición de los equipos, deben realizarse cálculos preliminares para determinar el rango de medición, de forma tal que se asegure que los equipos a utilizar sean capaces de medir el parámetro especificado. Es recomendable que el plan de instrumentación tenga redundancia, ya que durante la prueba algunos equipos y sensores pueden fallar o registrar mediciones incorrectas.

12.6.3 Plan de la prueba de carga

El profesional responsable de la prueba de carga deberá presentar a la *Organización* un informe con el plan de prueba de carga para su debida revisión y aprobación. Es en este plan en donde se deben especificar los objetivos de la prueba y se establece el procedimiento a seguir para cumplir dichos objetivos. A continuación, se presenta un listado, correspondiente a una adaptación del Capítulo 3 de la Circular E-C257 2019, el cual define el contenido mínimo que deberá tener el plan de prueba de carga (TRB, 2019):

a. Definición de los objetivos de la prueba: Se deben especificar los objetivos principales de la prueba, ya que estos definen los datos que deberán ser recolectados durante la ejecución de la prueba. Asimismo, los objetivos definidos deben estar en concordancia con el tipo de prueba que se decide realizar entre las presentadas en la Sección 12.3 del MP-2024 Tomo I.

b. Condiciones de sitio y análisis de riesgos: Se deben establecer cuáles fueron los principales hallazgos realizados a través de la inspección de reconocimiento según lo indicado en el Inciso 12.6.1.2 del MP-2024 Tomo I. En general, deberá incluirse las observaciones acerca de información que pueda afectar los resultados de la prueba y deba ser considerada (por ejemplo, modificaciones de la carga muerta o deterioro de un elemento), un análisis de los riesgos que puedan presentarse y las limitaciones de sitio identificadas. Como parte del análisis de riesgos, se debe definir el plan de acción para mitigarlos o minimizarlos, así como las acciones oportunas que deben realizarse en caso de que se presenten durante la ejecución de la prueba.

c. Definición de los parámetros a medir: Se deben establecer todos los parámetros de la respuesta estructural del puente que serán medidos durante la prueba (ver Apartado

12.6.2 del MP-2024 Tomo I). Estos parámetros deberán estar en concordancia a los objetivos de la prueba.

d. Plan de instrumentación: Se debe incluir un plan de instrumentación según lo indicado en el Apartado 12.6.2 del MP-2024 Tomo I. Los sensores que vayan a ser utilizados deben cumplir con los requisitos establecidos en el Apartado 11.4.3 del MP-2024 Tomo I.

e. Equipo de adquisición de datos: Debe definirse el equipo de adquisición de datos, para el cual la consideración principal que debe tenerse es la frecuencia de muestreo. El sistema de adquisición de datos o los equipos complementarios de visualización, deben definirse de acuerdo con el tipo de prueba de carga que se vaya a realizar. El sistema de adquisición de datos deberá cumplir con los requisitos establecidos en el Apartado 11.4.4 del MP-2024 Tomo I. Para las pruebas de comprobación de la capacidad de carga, será obligatorio el cumplimiento del Punto f del Inciso 11.4.4.1 del MP-2024 Tomo I.

f. Cronograma de actividades y requerimiento de personal: Debe establecerse un cronograma detallado de todas las actividades que deben ser llevadas a cabo en el campo, por ejemplo, instalación del equipo, el monitoreo de la respuesta del puente, el control del tráfico, entre otras. Adicionalmente, deberá establecerse el personal que será requerido para ejecutar cada una de las distintas actividades establecidas en el cronograma, en conjunto con los respectivos atestados que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos especificados.

g. Requerimientos de carga: Debe establecerse la carga y la configuración de ejes del vehículo o de los vehículos a utilizar para la prueba. Los criterios para establecer la carga a utilizar dependen del tipo de prueba a realizar según se explica en el Apartado 12.7.1 para la prueba de carga de diagnóstico y en el Apartado 12.8.2 en el caso de la prueba de carga para la comprobación de la capacidad de carga respectivamente. Adicionalmente deben realizarse diagramas legibles a escala con la ubicación de los vehículos en el puente a ser ensayado, tanto en planta como en elevación, mostrando la posición de los ejes y llantas, debidamente acotados utilizando el Sistema Internacional (SI). Asimismo, en los casos en los que la carga de la prueba deba pasar sobre otras estructuras de puentes para llegar al sitio, debe evaluarse el efecto de la carga en dichos puentes según lo indicado en el Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I. Finalmente, en la Circular E-C257 2019 se menciona que existen, adicional al uso de un vehículo de carga, otros tipos de carga que pueden ser utilizados para la prueba, como es el caso de marco de carga con equipo hidráulico o cargas fijas. El uso de cualquiera de estas 2 variaciones de implementaciones de carga deberá ser justificado a la *Organización*.

h. Seguridad y manejo del tránsito: Debe incluirse el plan de seguridad que garantice la integridad física tanto de los responsables de la prueba de carga como de los usuarios del puente, durante la ejecución de todas las actividades de esta. Adicionalmente, debe incluirse un plan de control temporal del tránsito que haya sido presentado y aprobado previamente por la Administración, considerando un cierre parcial o total del tráfico según sea el caso requerido. Tanto para el plan de seguridad como para el control de tránsito, deberán seguirse todas las consideraciones establecidas en el Capítulo 5 del MP-2024 Tomo I.

i. Factores ambientales: Debe establecerse los factores ambientales que serán considerados y monitoreados durante la prueba, por ejemplo, la temperatura, humedad, viento, entre otros, ya que estos pueden afectar la respuesta estructural del puente o los equipos de medición. Es necesario cuantificar los factores ambientales que puedan incidir en la prueba, para que, en caso de ser necesario, puedan aplicarse factores de corrección a los equipos o se hagan las consideraciones que sean aplicables al modelo analítico.

j. Consideraciones especiales según tipología del puente: Deben incluirse todas aquellas consideraciones especiales para la prueba relacionadas con la tipología específica del puente. En el Capítulo 3 de la Circular E-C257 2019 se presentan consideraciones especiales para puentes según el material (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera) y para puentes de arcos de mampostería y concreto no reforzado, que deberán ser contempladas por el profesional responsable de la prueba de carga.

12.7 Prueba de carga de diagnóstico

12.7.1 Consideraciones claves

En la Sección 12.3 del MP-2024 Tomo I se mencionó que el objetivo principal de una prueba de carga de diagnóstico, es la medición de la respuesta real de la estructura (deformaciones, deflexión, rotación, entre otros según se indica en Apartado 12.6.2 del MP-2024 Tomo I) debido a cargas definidas, para poder ajustar el modelo analítico del puente, de forma tal que pueda representar con mayor exactitud los efectos de varias combinaciones de carga. Lo anterior implica que uno de los usos de la prueba de carga de diagnóstico corresponde a reducir la incertidumbre de un modelo analítico del puente. Dicha incertidumbre puede estar asociada a parámetros geométricos del puente, propiedades de los materiales, distribución real de carga, entre otros.

Algunas de las condiciones que generan incertidumbre en los modelos analíticos y que pueden ser evaluadas con mayor precisión al realizar una prueba de carga en puentes, de

forma tal que se pueda afinar o mejorar el modelo analítico, se presentan en la Tabla 12.1. Se puede observar que se realiza una separación de incertidumbres entre las asociadas a la capacidad de los materiales, y las incertidumbres asociadas al comportamiento estructural del puente.

Tabla 12.1. Fuentes de incertidumbre en el modelo analítico que pueden ser evaluadas mediante una prueba de carga de diagnóstico.

Influencia en la capacidad de los materiales	Propiedades de los materiales.
	Efectividad de las reparaciones realizadas (en el caso en el que existan).
	Daño y deterioro normal de los elementos y componentes.
Incertidumbre comportamiento estructural	Distribución de carga en los elementos estructurales.
	Asignación de carga dinámica.
	Desempeño de accesorios que afectan las condiciones de borde de los elementos como juntas de expansión o conexiones tipo gozne.
	Acción compuesta entre elementos.
	Contribución a la rigidez del puente de los sistemas de contención vehicular y elementos secundarios.

Fuente: Adaptado de TRB, 2019

Previo a la ejecución de la prueba de carga de diagnóstico, es necesario que se definan los objetivos o las razones por las cuales se está ejecutando, según lo indicado en el Apartado 12.6.3 del MP-2024 Tomo I. Los objetivos más comunes para ejecutar esta prueba son (TRB, 2019):

a. Ajustar el RF mediante un modelo analítico verificado en sitio, ya que esta prueba permite identificar algunos elementos del puente que pueden afectar su capacidad de carga y que no son considerados en el modelo analítico.

b. Obtener la respuesta real para determinar el desempeño de algunos elementos estructurales específicos, por ejemplo, apoyos expansivos o apoyos fijos.

c. Verificar distintos supuestos del diseño, por ejemplo, la distribución de carga en los distintos elementos estructurales.

La magnitud de la carga a utilizar en la prueba de diagnóstico dependerá del puente que vaya a ser ensayado, ya que la carga debe generar una respuesta estructural del puente que sea medible con la instrumentación establecida. En general, el nivel de carga alcanzado durante la prueba deberá ser representativo de las condiciones de servicio, para la cual, como criterio de partida, se puede considerar una carga que genere una respuesta del puente (momento o cortante seccional) en una magnitud cercana al 60% de la respuesta que genera la carga de diseño sin mayorar (Ministerio de Fomento [MFOM], 1999). Otro criterio para seleccionar la magnitud de la carga es el indicado por Commander (2019), en donde se menciona que este tipo de prueba usualmente utiliza cargas legales, o niveles de carga que se sabe que serán seguras para la estructura basándose en el historial de cargas observadas.

A pesar de las recomendaciones anteriores, será finalmente responsabilidad del profesional responsable de la prueba, revisar la carga que será utilizada en la prueba de diagnóstico con el

modelo analítico, de forma tal que se pueda validar que sea segura y que genere una respuesta medible durante la prueba para que se puedan cumplir los objetivos de la misma.

Los resultados de la prueba de carga deben ser utilizados para mejorar el modelo analítico, de forma tal que este pueda ser utilizado para mejorar la estimación de los efectos de la carga viva (parámetro *LL* en la Ecuación 10-1 o *L* en la Ecuación 10-8 del Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I). Es importante mencionar que la capacidad de carga del puente (parámetro *C* en las mismas ecuaciones anteriores), no puede ser identificada o modificada con los resultados obtenidos de una prueba de carga de diagnóstico (TRB, 2019) . Lo anterior, a menos que a través de la prueba logre identificarse y comprobarse que existe un factor que afecte directamente la capacidad de la estructura, como por ejemplo, identificar que el puente no trabaja en sección compuesta a pesar de que se indiquen conectores de cortante en los planos constructivos.

12.7.2 Ejecución de la prueba de carga

Las pruebas de diagnóstico pueden llegar a ser ejecutadas en periodos cortos (usualmente pueden ser realizadas en un día), y la mayoría de las actividades pueden realizarse sin el cierre completo del puente (dependiendo de la geometría del puente). El cierre total del puente solo será requerido durante la recolección de datos, cuyo tiempo puede variar normalmente entre 5 y 15 minutos por cada una de las configuraciones de carga a utilizar (TRB, 2019). El profesional responsable de la prueba debe velar por el cumplimiento del plan de seguridad y el control temporal del tránsito realizado durante la ejecución de la prueba para cada una de las distintas fases, incluyendo la colocación y remoción de toda la instrumentación utilizada.

Previo a comenzar la prueba de carga, deberá de medirse en sitio con báscula el peso de los ejes del vehículo de prueba, para asegurarse el cumplimiento del peso establecido en el plan de la prueba de carga (ver Apartado 12.6.3 del MP-2024 Tomo I). El equipo de pesaje deberá encontrarse debidamente calibrado por una empresa que se encuentre acreditada como laboratorio de calibración y que cuenten con el reconocimiento del Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET) para realizar tales actividades metrológicas. Asimismo, la posición de los vehículos en los distintos casos evaluados, deberá marcarse previamente en el tablero o losa del puente, de forma tal que pueda realizarse su colocación con suficiente precisión durante la ejecución de la prueba.

En las pruebas de carga de diagnóstico no es obligatorio realizar un monitoreo en tiempo real de la respuesta y el comportamiento del puente. Sin embargo, será recomendable realizar una validación de los datos en sitio, de forma tal que se pueda verificar que la prueba se está realizando de acuerdo con lo planificado y que los equipos se encuentren recolectando los datos de manera correcta. En el Capítulo 4 de la Circular E-C257 2019, se muestran algunos criterios para realizar la validación de datos en sitio a través de los principios de

reproducibilidad, linealidad y simetría. Incumplimientos en estos principios podrían dar indicios del mal funcionamiento de alguno de los componentes del sistema de instrumentación, por lo que se podría corregir de manera oportuna y así evitar el costo de realizar la prueba y darse cuenta en la oficina de que la información no es útil.

12.7.3 Interpretación de resultados

Una vez finalizada la prueba, el profesional responsable debe realizar un procesamiento de datos previo a realizar la interpretación final de los resultados. Este procesamiento de datos corresponde principalmente a la corrección de los mismos por razones como: la influencia de la temperatura y la humedad, el ajuste de deflexiones incluyendo las deflexiones medidas en los apoyos, entre otros.

Posterior a que se finaliza el procesamiento de los datos, se deben construir gráficas que muestren la respuesta del puente en función del tiempo o de la carga aplicada. El análisis de los datos y la presentación de estos en gráficas o esquemas, permiten disponer de la información de entrada necesaria para realizar la revisión del modelo analítico. Algunas de las gráficas que se deben desarrollar son (TRB, 2019):

a. Respuesta de todos los sensores como función del tiempo o de la carga aplicada.
b. Esquemas de aplicación de carga.
c. Deflexiones en la dirección longitudinal.
d. Deformaciones medidas para obtener esfuerzos en función de la altura del elemento estructural.
e. Deformaciones medidas para obtener distribución espacial de los esfuerzos en función del tiempo o de la carga aplicada.
f. Respuesta de sensores cercanos a los apoyos para identificar las condiciones reales de apoyo.
g. Movimiento en las juntas de expansión.

El profesional responsable de la prueba de carga, debe asegurarse de que el modelo analítico desarrollado corresponda a la representación más cercana posible de la estructura, teniendo consideraciones especiales con respecto a la geometría según la información disponible en planos o la información obtenida en el sitio. Algunos de los aspectos más importantes que se deben considerar a la hora de desarrollar el modelo analítico son (TRB, 2019):

- Modelar conexiones entre elementos apropiadamente, de forma tal que se pueda representar efectos complejos como es la acción compuesta entre ellos.

- Modelar el puente con tipos de elementos adecuados y utilizar un tamaño de malla de elemento finito para el modelado del tablero o losa que permita obtener resultados comparables con los obtenidos con el plan de instrumentación utilizado en la prueba.
- Incluir el efecto de elementos que aportan rigidez y capacidad adicional y que no son normalmente considerados en los cálculos de diseño (sistemas de contención, aceras, diafragmas, entre otros).
- Definir correctamente las condiciones de soporte según el tipo de apoyo.

En los casos en los que el modelo analítico sea utilizado para la determinación del factor RF, se debe realizar un proceso de validación y refinamiento del modelo analítico según se describe en el Inciso 12.7.4.1 del MP-2024 Tomo I.

12.7.4 Factor de capacidad de carga viva, RF

Uno de los objetivos principales de la prueba de carga de diagnóstico corresponde en obtener el RF del puente. Para obtener este factor existen actualmente 2 enfoques distintos: el enfoque integral y el del “Factor K” (Commander, 2019). A continuación, se describen cada uno de los 2 enfoques mencionados.

12.7.4.1 Enfoque Integral

El principio general del enfoque integral es que los resultados de una prueba de carga de diagnóstico deben ser utilizados para refinar y validar un modelo analítico. Se denomina modelo analítico verificado en sitio aquel modelo que fue optimizado utilizando los resultados de la prueba de carga, y que se encuentra validado para predecir adecuadamente el comportamiento de la estructura. Por lo tanto, el enfoque integral utiliza el refinamiento del modelo analítico para desarrollar un modelo analítico verificado en sitio con el objetivo de obtener el RF del puente.

La validación y refinamiento del modelo analítico es un proceso iterativo, que debe ser realizado por un ingeniero estructural con experiencia en el desarrollo de este tipo de modelos y en la teoría que soporta el enfoque utilizado por los mismos. Previo a iniciar con la optimización, debe asegurarse que el modelo analítico utilice la misma carga aplicada en la prueba, es decir, debe considerar la misma magnitud, distribución, ubicación longitudinal y lateral de la carga. Adicionalmente, en el caso en el que los sensores fueron llevados a cero previo a la aplicación de la carga viva para no contemplar efectos de carga muerta, debe verificarse que el modelo analítico considere únicamente la carga viva. Las acciones mínimas que se deben llevar a cabo para verificar el modelo analítico, son (TRB, 2019):

a. Elaborar los esquemas y gráficos para los resultados de la prueba de carga, como parte de la interpretación de resultados según se explica en el Apartado 12.7.3 del MP-2024

Tomo I.

b. Realizar una primera comparación entre las gráficas obtenidas de la prueba contra los resultados del modelo analítico sin modificar los parámetros del modelo. Esta comparación inicial debe utilizarse para identificar errores gruesos del modelo analítico, ya que, aunque la respuesta estructural medida no coincida en cuanto a magnitud, sí debe coincidir en cuanto a los patrones obtenidos (forma general, ubicación de crestas, valles y puntos cero). Una diferencia en estos patrones obliga a una revisión del modelo analítico para asegurar que se encuentre correcto en cuanto a geometría, continuidad o discontinuidad estructural, condiciones de apoyos y los casos de carga.

c. Actualizar el modelo analítico para que refleje los resultados de la prueba, una vez que se asegure que los patrones de respuesta entre el modelo analítico y los resultados obtenidos en la prueba son similares. Para ello, el ingeniero debe realizar un análisis de las posibles causas que generan la diferencia en los resultados. En general, los parámetros del modelo con una mayor incertidumbre son los que deberían de revisarse primero. En la Tabla 12.2 se presentan un listado de estos parámetros con mayor incertidumbre asociada, y que por ende deben ser revisados en el proceso de optimización del modelo analítico.

d. Modificar los parámetros del modelo analítico con mayor incertidumbre una vez identificadas las posibles causas de la diferencia entre los resultados. El ajuste de estos parámetros corresponde a un proceso iterativo de optimización hasta lograr conseguir un ajuste aceptable entre las respuestas analíticas y experimentales. Aunque el ajuste de estos parámetros del modelo puede realizarse a través de un modelo automático iterativo, siempre es requerido el criterio ingenieril para analizar y validar los resultados.

El nivel de ajuste aceptable que se menciona en el Punto d del presente inciso, dependerá de distintos parámetros, como: material del puente (mayor variación en concreto reforzado que en acero, generalmente), tipo de puente (facilidad de modelar analíticamente la estructura), nivel de deficiencias en el puente (mayor incertidumbre en puentes con mayor deterioro), respuesta estructural usada para el ajuste (por ejemplo, las deflexiones al ser derivadas tienen mayor incertidumbre que las deformaciones, generalmente), entre otros. Por lo tanto, este nivel aceptable no puede definirse como un valor específico, ya que este deberá ser función del proyecto a ejecutar, según los objetivos que hayan sido definidos para la prueba y del criterio del ingeniero responsable (Lantsoght, 2020).

Tabla 12.2. Parámetros ajustables en el modelo analítico utilizando resultados de prueba de carga de diagnóstico

Parámetros ajustables	Refinamiento del modelo analítico utilizando resultados de prueba de carga
Tipo de elemento y tamaño de la malla de elemento finito	Revisar tipo de elementos y el tamaño de la malla de elemento finito de forma tal que coincida con la ubicación y orientación de los equipos de instrumentación utilizados.
Miembros secundarios	Revisar la inclusión de elementos como sistemas de contención, aceras u otros elementos secundarios como diafragmas o arriostres, de forma tal que se incorporen adecuadamente sus propiedades geométricas, del material y rigidez correspondiente.
Condiciones de soporte	Revisar las condiciones de los soportes de forma tal que se pueda representar de mejor manera el comportamiento real de los mismos. Por ejemplo: apoyos típicos como fijos o expansivos, suelen proveer un soporte rectangular para el elemento de la superestructura. Los apoyos expansivos suelen proveer resistencia de fricción.
Módulo de elasticidad del concreto	Revisar el módulo de elasticidad del concreto y demás propiedades de los materiales. El módulo de elasticidad del concreto normalmente es estimado utilizando una formula empírica que contempla la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión especificada del concreto (conocida comúnmente como f'_c). En la realidad, el concreto colocado usualmente tiene una mayor resistencia que la solicitada, adicionando el hecho de que el concreto continúa ganando resistencia con el tiempo. Cuando se modela la rigidez seccional, se consideran tanto el efecto de la resistencia del concreto como del acero de refuerzo. Si los datos de la prueba están disponibles, utilizar las propiedades reales de los materiales en lugar de los valores nominales, permite mejorar la exactitud de los resultados. Finalmente, dependiendo del criterio del profesional responsable de la prueba, puede ajustarse el módulo de elasticidad del concreto para representar artificialmente una pérdida de rigidez del elemento por agrietamiento.
Uniones entre elementos para excentricidades	El uso de elementos tipo línea o de área en los modelos analíticos requiere elementos de conexión para representar las excentricidades entre miembros del puente que se conectan o intersecan. Debe revisarse la adecuada modelación de la rigidez de los elementos de conexión, de forma tal que simulen adecuadamente el comportamiento global del sistema, incluyendo las acciones compuestas, ya sean intencionales o no intencionales de los elementos.

Fuente: Adaptado de TRB, 2019

Como se indicó en el Apartado 12.3.2 del MP-2024 Tomo I, se debe revisar que, en el modelo analítico verificado en sitio, no se estén considerando mecanismos que no son confiables a largo plazo o a niveles de carga más altos. Un ejemplo de lo anterior corresponde a los apoyos móviles que, por problemas de corrosión pueden llegar a comportarse como apoyos fijos, modificando la distribución de esfuerzos, sin embargo, esta condición es temporal ya que los apoyos pueden llegar a ser sustituidos y por lo tanto su efecto no deberá ser considerado en el modelo analítico verificado en sitio. Otro ejemplo de un mecanismo no confiable corresponde a la acción compuesta no intencional que puede presentarse entre tablero y vigas de acero ante cargas de servicio pero que podría perderse con las cargas críticas.

Se debe utilizar el modelo analítico verificado en sitio para introducir los demás casos de carga que son utilizados para obtener el RF del puente ensayado según lo establecido en el Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I. Lo anterior, puede ser realizado para todos los RF (cargas de diseño de inventario, cargas de diseño de operación o cargas legales). Se debe proceder en coordinación con la *Organización*, según se explica en la Sección 10.10 del MP-2024 Tomo I, en los casos en los que el factor de capacidad de carga viva resultó menor a 1.0 utilizando el modelo analítico verificado en sitio.

12.7.4.2 Enfoque del "Factor K"

Este enfoque corresponde a un procedimiento simplificado presentado en el AASHTO MBE 2018, mediante el cual puede actualizarse el factor de capacidad de carga viva utilizando un factor de ajuste denominado como *K.* Dicho factor de ajuste es el resultado de la comparación entre la respuesta medida con la prueba de carga, y la respuesta analítica esperada que se calcula como parte de la investigación estructural preliminar según el Apartado 12.6.1 del MP-2024 Tomo I.

$$RF_T = RF_C K \tag{12-6}$$

Donde:

RF_T: Factor de capacidad de carga viva determinado a través de los resultados de la prueba.

RF_C: Factor de capacidad de carga viva previo a incorporar los resultados de la prueba.

K: Factor de ajuste, resultado de la comparación de la respuesta obtenida en la prueba y la respuesta analítica esperada.

El resto de las ecuaciones (Ecuación 8.8.2.3.1-1, Ecuación 8.8.2.3.1-2, Ecuación 8.8.2.3.1-3) y algunas consideraciones para la magnitud y las causas probables de esta diferencia entre los

factores de capacidad de carga viva, que determinan el factor *K,* se presentan en el Artículo 8.8.2.3 del AASHTO MBE 2018. Aunque la principal ventaja de este método es su fácil aplicación, el enfoque es altamente subjetivo y no establece guías reales para verificar las discrepancias entre los resultados calculados y los obtenidos con la prueba. Una de las principales deficiencias de este enfoque, es que los resultados del RF podrían estar sesgados por la mala representación de la estructura real a través del modelo (Commander, 2019) . Debido a lo anterior, este enfoque podría ser utilizado únicamente como cálculo preliminar, pero no deberá ser utilizado para obtener el RF del puente de forma definitiva, a menos que se presente una debida justificación por parte del responsable de la prueba de carga y esta sea aceptada por la *Organización*.

12.8 Prueba de carga para comprobación de la capacidad de carga

12.8.1 Consideraciones claves

Según se mencionó en la Sección 12.3 del MP-2024 Tomo I, el objetivo principal de una prueba de carga para comprobación de la capacidad de carga, es verificar la capacidad de un puente de soportar su peso propio, más una carga viva mayorada y el efecto dinámico inducido por esta carga viva. En los casos en los que se logre culminar la prueba de comprobación de capacidad de carga con éxito, y una vez descartados las condiciones de prueba identificadas que corresponden a mecanismos no confiables en el tiempo o a condiciones de carga diferentes a la carga objetivo, la carga viva mayorada aplicada durante la prueba se utiliza para establecer el límite de carga, bajo el cual el puente puede operar sin presentar daños ni un comportamiento inelástico.

La prueba de comprobación de la capacidad de carga emplea cargas mayores a las utilizadas para la prueba de diagnóstico. Por lo tanto, existe un mayor riesgo de generar daños permanentes a la estructura e incluso el colapso de la misma, lo que puede conllevar mayores complicaciones durante su ejecución (TRB, 2019) . Es por esta razón que las consideraciones generales de este tipo de prueba, involucran la definición de la carga objetivo y el establecimiento de los criterios para detener su ejecución. Para este tipo de prueba se utiliza el término de carga objetivo ya que la aplicación de la carga se realiza de forma gradual e incremental, siguiendo un protocolo de carga definido (ver Apartado 12.8.3 del MP-2024 Tomo I), hasta alcanzar la carga definida para la prueba o, en caso contrario, el criterio de detener la prueba según se indica más adelante. Adicionalmente, durante la ejecución de la misma y a diferencia de la prueba de carga diagnóstico en donde era recomendado, es obligatorio el uso de equipos que permitan monitorear en sitio la respuesta del puente ante las cargas aplicadas.

Para que las pruebas de comprobación de carga puedan ser realizadas de manera segura y sin generar daños a la estructura, el ingeniero responsable de la prueba debe definir los

criterios para detener la prueba. Para ello, deben realizarse cálculos preliminares (ver Apartado 12.6.1 del MP-2024 Tomo I) que permitan determinar los parámetros de respuesta que son críticos y, por lo tanto, que deben ser monitoreados durante su ejecución. De igual manera, a través de estos cálculos preliminares deben identificarse los posibles mecanismos de falla y los elementos estructurales críticos que alertarían sobre dicha falla. Es importante mencionar que la instrumentación en una prueba de comprobación de la capacidad de carga, depende directamente de los criterios para detener la prueba y del plan de monitoreo que se haya establecido (Lantsoght, 2020).

En los casos en los que no se encuentre disponible la información estructural del puente para poder obtener y realizar los cálculos preliminares que se indican anteriormente, es requerido que se realice un levantamiento detallado de la estructura para determinar la geometría de los elementos estructurales y ensayos para determinar las propiedades de los materiales. Lo anterior, como parte de la investigación estructural preliminar según el Inciso 12.6.1.3 del MP-2024 Tomo I.

Las pruebas de comprobación de la capacidad de carga deben ser realizadas por personal especializado que asegure que la respuesta del puente se encontrará siempre en el rango elástico según se indica en el Apartado 12.5.1 del MP-2024 Tomo I. No es permitido que una prueba de comprobación de la capacidad de carga genere daños permanentes, ni siquiera leves, a la estructura y que mucho menos ponga en riesgo al personal de trabajo de la prueba o a los usuarios del puente.

12.8.2 Definición de la carga objetivo de la prueba

El enfoque presentado para definir la carga objetivo de la prueba se deriva del AASHTO MBE 2018. Según este, la carga objetivo corresponde a la carga del vehículo de evaluación, modificada por un factor de carga dinámica y un factor de mayoración de carga.

12.8.2.1 Definición y cálculo del factor de carga viva objetivo ajustado, X_{pA}

Según lo indicado anteriormente, la carga viva objetivo debe contemplar un factor de mayoración de carga. Este factor de mayoración corresponde al factor de carga viva objetivo, X_p, el cual se encuentra calibrado para proporcionar los mismos niveles de seguridad implícitos en los factores de carga y resistencia utilizados en el RF, calculado a través del Método A (ver Sección 10.6 del MP-2024 Tomo I). Se indica en AASHTO MBE 2018, que el uso del factor de carga viva objetivo, X_p, es equivalente a que el puente alcance un RF de al menos 1,0 para el nivel de operación (ver Sección 10.8 del MP-2024 Tomo I).

Para el factor de carga viva objetivo, $X_{p,}$ se establece un valor base de 1,4; sin embargo, este valor base debe modificarse para poder contemplar distintas condiciones del puente que pueden incidir en este valor (AASHTO, 2018). Es por esta razón, que se deberán contemplar

las condiciones de la Tabla 12.3 y la Ecuación 12-7 para modificar el factor de carga viva, X_p, y obtener un factor de carga viva objetivo ajustado, X_{pA}. Según AASHTO MBE 2018, el factor de carga viva objetivo ajustado, X_{pA}, no puede ser menor de 1,3 o mayor de 2,2. Finalmente, se menciona que en los casos en los que el RF sea para el nivel de permisos de vehículos especiales (ver Sección 10.8 del MP-2024 Tomo I), no debe utilizarse el factor de carga viva objetivo, sino los factores para cargas de permisos que se presentan en la Tabla 6A.4.5.4.2a-1 del AASHTO MBE 2018, que suelen ser menores a 1,4 según el tipo de permiso (TRB, 2019).

Según las consideraciones presentadas en la Tabla 12.1, el factor de carga viva objetivo ajustado (X_{pA}) debe calcularse considerando la sumatoria de los porcentajes de ajuste ($\sum \%$) de la siguiente manera:

$$X_{pA} = X_p \left(1 + \frac{\sum \%}{100}\right) \quad (12\text{-}7)$$

Tabla 12.3. Consideraciones y porcentajes de ajuste asociados para obtener el factor de carga viva ajustado, X_{pA}, a partir del factor de carga viva objetivo, X_p (El prefijo "+" al porcentaje significa que suma en la Ecuación 12-2 y el prefijo "-" significa que resta).

Consideración	% de Ajuste
Un carril de carga controla la respuesta	+ 15%
Estructura no redundante	+ 10%
Detalles críticos por fractura presentes	+ 10%
Puente en condición deficiente o peor (clasificación global de puentes igual o mayor a 4 según Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I)	+ 10%
Ejecución de *Inspección detallada* (según Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I)	- 5%
Factor de capacidad de carga viva definido por Método A o B (según Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I) RF≥ 1	- 5%
TPD ≤ 1000	- 10%
TPD ≤ 100	- 15%

Fuente: Adaptado de AASHTO, 2018

12.8.2.2 Cálculo de la carga objetivo, L_T

Una vez calculado el factor de carga viva objetivo ajustado (X_{pA}), debe calcularse la carga

objetivo (L_T) de la siguiente manera:

$$L_T = X_{pA} L_R (1 + IM) \quad (12\text{-}8)$$

Donde:

L_R: Carga del vehículo a utilizar para la prueba de evaluación de la capacidad de carga.

IM: Fuerzas internas o esfuerzos debidos al efecto dinámico de la carga viva en el elemento estructural evaluado, especificado en los Artículos 6A.4.3.3, 6A.4.4.3 y 6A.4.5.5 de AASHTO MBE 2018 como un porcentaje de las fuerzas internas por carga viva.

X_{pA}: Factor de carga viva objetivo ajustado según Ecuación 12-7.

En la Circular E-C257 2019 se reconoce que para la ejecución de la prueba, es posible que no haya disponibilidad de vehículos con las mismas características (peso y configuración de ejes) del vehículo estándar de evaluación de capacidad de carga. En estos casos, es posible obtener el peso para el vehículo de prueba (W_T) de la siguiente manera:

$$W_T = X_{pA} f_v W_R (1 + IM) \quad (12\text{-}9)$$

Donde:

W_T: Peso de vehículo de prueba.

W_R: Peso de vehículo de evaluación de capacidad de carga.

f_v: Factor de ajuste entre el momento o el cortante seccional causado por el vehículo de prueba y el vehículo de evaluación de capacidad de carga. El factor de ajuste f_v puede obtenerse a través del análisis estructural de un modelo lineal simple, para asegurar la equivalencia entre los efectos de la carga viva entre ambos vehículos de carga. En los casos en los que el vehículo de prueba tiene el mismo peso y configuración de ejes que el vehículo de evaluación de capacidad de carga, el factor de ajuste f_v es 1.

12.8.3 Ejecución de la prueba de carga

La ejecución de la prueba para comprobación de la capacidad de carga, debe ser llevada a cabo teniendo en consideración los criterios que hayan sido establecidos en el plan de la prueba de carga según se explica en el Apartado 12.6.3 del MP-2024 Tomo I. Adicionalmente, la ejecución debe realizarse siguiendo de manera estricta un protocolo de carga que deberá ser definido por el profesional responsable de la prueba. La Circular E-C257 2019 indica las consideraciones que se deben seguir como mínimo para establecer el protocolo de carga (TRB, 2019):

a. Utilizar un mínimo de 2 vehículos de prueba en puentes que dispongan de 2 o más carriles, incluyendo los puentes con un carril por sentido. Dichos vehículos deben tener la

misma configuración de ejes entre sí, y su configuración y peso debe ser lo más cercana posible al vehículo estándar de evaluación de capacidad de carga. En caso de no disponer de vehículos de prueba iguales al vehículo estándar de evaluación de capacidad de carga, debe utilizarse el Apartado 12.8.2 del MP-2024 Tomo I y la Ecuación 12-9 para obtener el peso equivalente necesario.

b. Marcar la superficie del puente en donde deberán colocarse los vehículos de prueba, para asegurarse el posicionamiento correcto de acuerdo con los patrones de carga.

c. Aplicar la carga de manera gradual e incremental, realizando múltiples incrementos de carga hasta alcanzar el peso de la carga objetivo (W_T). Para ello, se debe establecer primero cuál es el peso de la carga real (W_{Real}), correspondiente a la carga máxima que regularmente circula por el puente en su uso cotidiano, basándose en reportes de tránsito, cargas legales permitidas, restricciones de carga u observaciones de sitio. El máximo incremento permitido entre las distintas etapas de carga ΔW_{max}, deberá ser un tercio de la diferencia entre los pesos de la carga objetivo y la carga real:

$$\Delta W_{max} = 0{,}33(W_T - W_{Real}) \qquad (12\text{-}10)$$

d. La aplicación de la carga debe realizarse por lo tanto de la siguiente manera:

   i. En caso de que se requiera un solo vehículo para la prueba, realizar la primera etapa de carga con el peso de la carga real (W_{Real}). Las siguientes etapas de carga se deben realizar con las siguientes cargas:

   $$W_{Real} + \Delta W_{max},\ W_{Real} + 2\Delta W_{max},\ W_{Real} + 3\Delta W_{max}\ ,\ldots, \text{ hasta alcanzar } W_T \qquad (12\text{-}11)$$

   ii. En caso de que requieran 2 vehículos de carga en la prueba, deben realizarse las etapas de carga de la siguiente manera:

   - Primera etapa de carga: Colocar primero un solo vehículo con la carga real (W_{Real}), proceder a revisar respuesta del puente a través de sensores e inspección visual. Colocar los 2 vehículos en las posiciones establecidas (de lado con los ejes coincidiendo a menos que el plan de la prueba lo establezca de forma distinta) con la carga real (W_{Real}), proceder a revisar respuesta del puente a través de sensores e inspección visual.
   - Segunda etapa de carga: Colocar primero un solo vehículo con la carga real más el incremento ($W_{Real} + \Delta W_{max}$) y proceder a revisar respuesta del puente a través de sensores e inspección visual. Colocar los 2 vehículos (de lado) con la carga real más el incremento ($W_{Real} + \Delta W_{max}$), proceder a revisar respuesta del puente a través de sensores e inspección visual.
   - Proceder con los incrementos y el protocolo según los puntos anteriores, la Ecuación 12-10 y la Ecuación12-11, hasta alcanzar la carga objetivo en ambos vehículos.

Los criterios presentados anteriormente son mínimos; sin embargo, será responsabilidad del ingeniero a cargo de la prueba definir el protocolo de carga y los criterios para detener la prueba. Adicionalmente y tal y como se indicó al inicio de esta sección, el protocolo de carga debe complementarse con un plan de monitoreo constante de la respuesta de la estructura. El AASHTO MBE 2018 indica que, durante la prueba de carga, específicamente en cada una de las etapas o incrementos de carga, debe monitorearse la respuesta en tiempo real para verificar el comportamiento lineal elástico de la estructura (TRB, 2019). Para ello, adicional a los requerimientos del sistema de adquisición de datos presentados en el Apartado 11.4.4 del presente manual, debe asegurarse que el sistema utilizado sea capaz de mostrar los datos en tiempo real para el análisis en sitio por parte del ingeniero responsable de la prueba.

En línea con las recomendaciones incluidas en la Circular E-C257 2019, se debe monitorear en tiempo real las siguientes mediciones (TRB, 2019):

a. Carga contra desplazamiento del elemento para poder identificar si se presenta un comportamiento no lineal.
b. Deformaciones transformadas en esfuerzos en miembros críticos para verificar si los límites de esfuerzos son excedidos.
c. Ancho de grietas existentes para verificar si son grietas activas (cuyo espesor se modifica al colocar la carga) o si su valor infiere una demanda de esfuerzos mayor al permitido en el acero de refuerzo.
d. Deformaciones para verificar si existe congruencia con la respuesta esperada o verificar si se presentan cambios abruptos posiblemente relacionados a un comportamiento inelástico.

Adicional a la respuesta de la estructura medida a través de los sensores y el sistema de adquisición de datos, debe complementarse el monitoreo con inspecciones visuales en búsqueda de señales fácilmente identificables que puedan ser indicios de daños en la estructura. Para ello se puede utilizar como guía el Apéndice B del MP-2024 Tomo I. Algunos ejemplos de estas señales pueden ser pandeos locales o abultamiento en elementos de acero en zonas de compresión, o agrietamiento de los elementos de concreto (TRB, 2019).

Los resultados del monitoreo en tiempo real y de las inspecciones visuales, deberán compararse contra los criterios establecidos para detener la prueba. Ante la presencia de alguna señal relacionada con los criterios de detención de la prueba, deberá de suspenderse de manera inmediata para que puedan ser analizadas por el responsable de la misma, quien decidirá si continúa o si la prueba debe darse por terminada (TRB, 2019). Toda aquella evidencia instrumental o visual de deficiencias que se detecten durante la prueba pero que no lleven a la finalización del ensayo porque se determinen que son aceptables, deberán

documentarse claramente y ser parte del informe de la prueba.

12.8.4 Interpretación de resultados

Una vez que se ha completado la prueba de comprobación de la capacidad de carga, a diferencia de cuando se realiza una prueba de diagnóstico, no es estrictamente necesario realizar cálculos estructurales adicionales si la carga utilizada representa adecuadamente las cargas de servicio esperadas, a menos que hayan sido identificados mecanismos no confiables en el tiempo (por ejemplo apoyos en mal estado que serán reemplazados) o a mayores niveles de carga (acción de sección compuesta no intencional para cargas de servicio en puentes de vigas de acero, por ejemplo), que no deben ser considerados como parte de la capacidad del puente. Lo anterior se debe a que este tipo de prueba demuestra directamente, cuál es la carga que puede ser soportada por el puente sin generar algún tipo de daño. A pesar de que no es estrictamente necesario, sí es recomendable realizar un análisis posterior de los datos de campo, para mejorar el entendimiento del comportamiento de la estructura de puente y para evaluaciones de capacidad de carga futuras (TRB, 2019).

Aunque no es el objetivo principal de este tipo de pruebas, en aquellos casos en los que se realizó la prueba de comprobación de la capacidad de carga en un puente perteneciente al grupo de puentes con información ("*known bridges*") según se explicó en el Apartado 12.4.1, y si se dispone además de un modelo analítico, es posible utilizar los resultados de la prueba para refinar dicho modelo. Para realizar el refinamiento del modelo analítico a través de los resultados de la prueba, deben seguirse los criterios presentados en el Inciso 12.7.4.1 del MP-2024 Tomo I que sean aplicables.

12.8.5 Factor de capacidad de carga viva, RF

Una vez finalizada la prueba de comprobación de la capacidad de carga, se conoce la máxima carga aplicada durante la prueba (L_p). De acuerdo con lo anterior, AASHTO MBE 2018 establece el concepto de nivel de capacidad operacional (*OP*), el cual puede ser calculado mediante la siguiente ecuación:

$$OP = \frac{k_0 L_p}{X_{pA}} \tag{12-12}$$

Donde:

OP: Nivel de capacidad operacional.

L_p: Máxima carga aplicada durante la prueba.

k_0: Valor de 1,00 si se alcanzó la carga objetivo o 0,88 si no se alcanzó la carga objetivo.

X_{pA}: Factor de carga viva objetivo ajustado según Ecuación 12-7.

Una vez obtenido el nivel de capacidad operacional (*OP*), puede obtenerse el factor de capacidad de carga viva para el nivel de operación, mediante la siguiente ecuación:

$$RF_O = \frac{OP}{L_R(1+IM)} \quad (12\text{-}13)$$

Donde:

RF_O: Factor de capacidad de carga viva operacional.

L_R: Carga del vehículo de prueba para la evaluación de la capacidad de carga.

En los casos en los que la carga alcanzada durante la prueba (L_p) fue igual a la carga objetivo (L_T), el factor de capacidad de carga viva a nivel de operación será igual a 1,0. De igual manera, puede obtenerse el factor de capacidad de carga viva para otros vehículos al comparar las respuestas obtenidas con la carga de prueba. Finalmente, en los casos en los que no se alcance la carga objetivo, el profesional responsable deberá indicar a la *Organización* las recomendaciones (ver Sección 10.10 del MP-2024 Tomo I) de intervención del puente, de restricciones de carga o de cierre del puente y reconstrucción (sustitución), considerando además si el puente sufrió daños durante la prueba.

12.9 Informe de la prueba de carga

El profesional responsable de realizar la prueba deberá realizar un informe de la prueba de carga una vez que ésta haya finalizado, de forma tal que los resultados y las recomendaciones puedan ser utilizadas por la *Organización* para la toma de decisiones. Dicho informe deberá ser parte del archivo del puente según indica el Punto e del Apartado 2.4.3 del MP-2024 Tomo I.

En la presente sección, se incluye un listado de los contenidos y entregables mínimos que debe contemplar el informe de la prueba de carga. Será responsabilidad de la *Organización* determinar si es requerido establecer requisitos adicionales que deberán ser incluidos en el informe debido a requerimientos específicos que puedan existir para cada una de las pruebas. El listado de contenidos mínimos que deberá tener el informe de la prueba de carga, adaptado del Capítulo 4 de la Circular E-C257 2019, es el siguiente (TRB, 2019):

a. Información de portada:
   - Nombre del puente.
   - Tipo de prueba.
   - Profesional responsable de la prueba de carga y su firma respectiva.
   - Resumen ejecutivo, con principales hallazgos, conclusiones y recomendaciones.
b. Información relacionada con el puente evaluado:
   - Nombre del puente.

- Ubicación del puente.
- Año de diseño y de construcción, en caso de estar disponible.
- Normativa y camión de diseño, en caso de estar disponible.
- Descripción de la estructura y los materiales del puente.
- Fotografías representativas del puente.

c. Información relacionada con la investigación preliminar estructural (ver Apartado 12.6.1 del MP-2024 Tomo I):
   - Resumen general de la información estructural del puente.
   - Resumen general de los cálculos preliminares.
   - Resumen general de ensayos destructivos y no destructivos, en caso de estar disponible.

d. Información relacionada con el plan de prueba de carga (ver Apartado 12.6.3 del MP-2024 Tomo I):
   - Objetivos de la prueba de carga.
   - Condiciones de sitio y análisis de riesgos.
   - Definición de parámetros a medir.
   - Descripción de los vehículos y patrones de carga utilizados en la prueba.
   - Plan de instrumentación utilizado en la prueba.
   - Cronograma de actividades y requerimiento de personal.
   - Descripción del protocolo de carga y los criterios de seguridad para detener la prueba (este último solo aplica para el caso de la prueba de comprobación de capacidad de carga).
   - Plan de seguridad y de manejo temporal del tránsito utilizado en la prueba.
   - Resumen de consideraciones ambientales.

e. Información relacionada con la ejecución de la prueba:
   - Fecha y hora a la cual fue llevada a cabo la prueba.
   - Nombre del profesional responsable de la prueba y resto de personal involucrado con sus respectivas funciones.
   - Variaciones relacionadas con el vehículo de prueba o los patrones de carga según se indicó en plan de prueba de carga.
   - Observaciones importantes durante la prueba.
   - Condiciones de sitio inusuales o discrepancias no identificadas en la investigación estructural preliminar.
   - Información recopilada de consideraciones ambientales según plan de prueba de carga.
   - Información sobre si la prueba pudo terminarse o si tuvo que detenerse, en cuyo caso deberán explicarse las razones consideradas para detener la prueba.

f. Información relacionada con el análisis de la prueba:
   - Revisión de las mediciones, incluyendo discusión sobre la calidad de los datos recopilados y descripción del comportamiento estructural observado.
   - Resultados importantes obtenidos del análisis de las mediciones (por ejemplo, esfuerzos máximos, fuerzas de flexión, ubicación de eje neutro en vigas, entre otros).

- Para los casos en los que se disponga de un modelo analítico, comparación entre el modelo analítico y las mediciones experimentales obtenidas durante las pruebas.
- Para los casos de prueba de carga de diagnóstico, la descripción de refinamiento de modelo analítico para obtener el modelo analítico verificado en sitio, incluyendo los parámetros que fueron modificados y resultados finales.

g. Información relacionada con el factor de capacidad de carga y recomendaciones finales:
   - Para los casos de prueba de carga de diagnóstico, información acerca de factores o parámetros identificados por influir en la diferencia entre el modelo analítico y el modelo analítico, verificado en sitio y que fueron considerados en el cálculo del RF.
   - Resumen de suposiciones y del procedimiento realizado para obtener el RF, resumen de capacidad de los elementos estructurales considerados y cargas consideradas para el RF.
   - Resultado del RF.
   - Recomendaciones acerca de necesidades de intervención en el puente, incluyendo la colocación de rótulos con restricciones de carga en caso de ser necesario (ver Sección 10.10 del MP-2024 Tomo I).

12.10 Confiabilidad

En los estudios que se realizan para determinar el desempeño de un puente, así como en estudios de pruebas de carga, existe una incertidumbre asociada con respecto a las cargas que serán aplicadas al puente y con la capacidad de la estructura de soportarlas. Una de las formas para contemplar esta incertidumbre es mediante el uso de un enfoque probabilístico en el cual se utilicen funciones que representan los posibles valores extremos de dichas variables (TRB, 2019).

En el Capítulo 6 de la Circular E-C257 2019 se presenta el estado del arte para utilizar un enfoque probabilístico, únicamente para pruebas de carga para comprobación de la capacidad de carga. A través de este enfoque se puede determinar la probabilidad de falla de la estructura (antes, durante y después de una prueba de carga), la vida de servicio remanente e índices de confiabilidad general del sistema, los cuales pueden ser usados como un criterio alternativo del RF. Por lo tanto, la *Organización* o el profesional responsable de la prueba de carga podrá hacer uso de dicho documento u otros enfoques equivalentes, pero igualmente aceptados (ver por ejemplo el reporte *"Bridge Assessment Beyond the AS 5100 Deterministic Methodology"* (Austroads, 2020)), en el caso que se especifique realizar un estudio probabilístico o que un análisis costo-beneficio justifique su uso.

Finalmente, en caso de que se acepte la implementación del enfoque probabilístico mencionado, en el informe de la Sección 12.9 del MP-2024 Tomo I se deberá agregar todo sobre el respectivo desarrollo hasta llegar a las conclusiones y recomendaciones, de forma clara, completa y que pueda ser revisado por un tercero sin que se necesite la mediación del

profesional responsable.

12.11 Bibliografía

AASHTO. (2018). *The Manual for Bridge Evaluation (3° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Alampalli, S., y Ettouney, M. (2010). *Bridge Load Testing: Cost-Benefit Evaluation.* Orlando: American Society of Civil Engineers.

Araya-Con, M., y Villalobos-Vega, E. (2020). *Asesoría al CONAVI para el denominado "Programa de intervención de puentes en estado deficiente"-Parte 2: Análisis de costos de ciclo de vida (Proyecto n.° LM-PIE-UP-A01-2020_Versión n.° 2).* San José: Programa de Ingeniería Estructural, LanammeUCR.

Austroads. (2020). *Bridge Assessment Beyond the AS 5100 Deterministic Methodology (Publication n.° AP-R617-20).* Sídney: Austroads.

Commander, B. (2019). *Evolution of Bridge Diagnostic Load Testing in the USA.* Frontiers in Built Environment Bridge Engineering. Obtenido de https://www.frontiersin.org

Frangopol, D. M., y Sunyong, K. (2014). Bridge Health Monitoring. En W. F. Chen, y L. Duan, *Bridge Engineering Handbook (2° ed.)* (pp. 247-268). CRC Press.

Lantsoght, E. (13 de marzo de 2020). Entrevista sobre Pruebas de Carga en Puentes. (E. Villalobos-Vega, y M. Araya-Con, Entrevistadores)

Lantsoght, E., Grimson, J., Zhou, E., y Yang, D. (2020). *Evaluating Load Testing for Bridges*. Webinar. Standing Committee on Testing and Evaluation of Transportation Structures, Transportation Research Board.

MFOM. (1999). *Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera.* Madrid: Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento.

TRB. (2019). *Primer on Bridge Load Testing (TR Circular E-C257).* Washington, D.C: Transportation Research Board.

Página intencionalmente en blanco.

Apéndice A

Guía de uso de formularios de inspección de inventario

A.1 Generalidades.....A/3

A.2 Descripción del formulario de información básica del puente (IN-IB-01).....A/6

A.3 Descripción de los formularios de detalle de la superestructura.....A/49

A.3.1 Superestructura tipo vigas de concreto reforzado (IN-SP-01).....A/50

A.3.2 Superestructura tipo vigas de concreto presforzado (IN-SP-02).....A/50

A.3.3 Superestructura tipo vigas I de acero (IN-SP-03).....A/67

A.3.4 Superestructura tipo vigas de madera (IN-SP-04).....A/77

A.3.5 Superestructura tipo losa (concreto reforzado, concreto presforzado y madera) (IN-SP-05).....A/83

A.3.6 Superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera) (IN-SP-06).....A/84

A.3.7 Superestructura tipo arco de mampostería (IN-SP-07).....A/96

A.3.8 Superestructura tipo arco prefabricado (IN-SP-08).....A/100

A.3.9 Superestructura tipo viga cajón (concreto reforzado, presforzado, acero y madera) (IN-SP-09).....A/104

A.3.10 Superestructura tipo cercha (IN-SP-10).....A/114

A.3.11 Superestructura tipo colgante (IN-SP-11).....A/125

A.3.12 Superestructura tipo atirantada (IN-SP-12).....A/132

A.3.13 Superestructura con detallado informal (IN-SP-13).....A/136

A.4 Descripción del formulario de detalle de la subestructura (IN-SB-01).....A/137

A.5 Descripción del formulario de puentes temporales (IN-PT-01).....A/156

A.6 Descripción del formulario de comentarios (IN-CM-01).....A/159

A.7 Fotografías.....A/160

A.8 Esquemas generales del puente.....A/164

A.9 Información complementaria.....A/166

A.10 Bibliografía..... A/184

A.11 Formularios..... A/185

A.1 Generalidades

Este apéndice corresponde a la guía para la recopilación de la información de los formularios (ya sean físicos o digitales) y fotografías de la *Inspección de inventario* del puente, el cual sustituye el procedimiento para el llenado de los formularios de inventario de puentes indicado en la *Revisión al Manual de Inspección de Puentes 1° ed. 2007: Actualización del Capítulo 5* (Ministerio de Obras Públicas y Transportes [MOPT], 2014) y en el *Manual de Inspección de Puentes* (MOPT y Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA], 2007) en lo que complemente, y que son tomados como base para el nuevo procedimiento indicado en este manual. La *Inspección de inventario* y su intervalo se encuentran definidos en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I. Los inspectores que preparan y ejecutan la *Inspección de inventario* deben conocer la información contenida en este apéndice y los aspectos incluidos en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I.

Los formularios de inventario se agrupan en siete categorías: i. Información básica (**IB**), ii. Detalle de la superestructura (**SP**), iii. Detalle de la subestructura (**SB**), iv. Puentes temporales (**PT**), v. Comentarios (**CM**), vi. Fotografías (**FT**), y vii. Esquemas generales (**EG**). La forma en cómo se recopila la información solicitada en cada uno de estos se encuentra explicada en las Secciones A.2, A.3, A.4, A.5, A.6, A.7 y A.8 respectivamente. Para el caso del detalle de la superestructura, se debe completar un formulario de inventario por cada superestructura del puente, y para ello, se definen diferentes tipos de formularios según los distintos tipos de superestructuras posibles. En el caso de puente temporales, es decir, aquellas estructuras que según los *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes* (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos [CFIA], 2013) son empleadas para proveer paso temporal ante la necesidad de reconstrucción (sustitución) de un puente existente o la construcción de un puente nuevo a completarse en menos de tres años, y que por lo tanto no cumple con los requisitos formales de diseño y construcción de un puente permanente, los inspectores únicamente deben llenar la información indicada en la Sección A.5 del MP-2024 Tomo I.

Para la *Inspección de inventario* los inspectores pueden utilizar como apoyo los planos constructivos del puente o los planos "*as-built*" en caso de que existan; sin embargo, toda la información debe ser verificada en sitio. Será responsabilidad de los inspectores consignar que toda la información recopilada en el inventario, ya sea a través de los planos o la inspección, sea congruente con la realidad del puente.

Cada formulario de inventario tiene asignado un código de identificación que está asociado a la categoría y tipo de formulario. A continuación, se enlistan los diferentes tipos de formularios de inventario de acuerdo con sus categorías y códigos respectivos:

i. Información básica (IB)

IN-IB-01. Información básica.

ii. Detalle de la superestructura (SP)

IN-SP-01. Superestructura tipo vigas de concreto reforzado.
IN-SP-02. Superestructura tipo vigas de concreto presforzado.
IN-SP-03. Superestructura tipo vigas I de acero.
IN-SP-04. Superestructura tipo vigas de madera.
IN-SP-05. Superestructura tipo losa (concreto reforzado, concreto presforzado y madera).
IN-SP-06. Superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).
IN-SP-07. Superestructura tipo arco de mampostería.
IN-SP-08. Superestructura tipo arco prefabricado.
IN-SP-09. Superestructura tipo viga cajón (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).
IN-SP-10. Superestructura tipo cercha (acero y madera).
IN-SP-11. Superestructura tipo colgante.
IN-SP-12. Superestructura tipo atirantada.
IN-SP-13. Superestructura con detallado informal.

iii. Detalle de la subestructura (SB)

IN-SB-01. Detalle de la subestructura.

iv. Puente temporal (PT)

IN-PT-01. Puente temporal.

v. Comentarios (CM)

IN-CM-01. Comentarios.

vi. Fotografías (FT)

IN-FT-01. Fotografías.

vii. Esquemas generales (EG)

IN-EG-01. Esquemas generales.

Todos los formularios de inventario cuentan con un encabezado compuesto por la fecha de inspección, así como el nombre, primer y segundo apellido, identificación y nivel de los inspectores responsables de la inspección. Asimismo, este encabezado incluye la numeración de los formularios (número de hoja “X”, seguido del número total de hojas “XX”). La Tabla A.1 muestra este encabezado y la Tabla A.2 explica cómo registrar la información solicitada en el mismo para cada ítem específico.

Tabla A.1. Encabezado de los formularios de inventario.

INFORMACIÓN BÁSICA DEL PUENTE (IN-IB-01)					
Fecha de inspección				Hoja	
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel
1.					
2.					

Tabla A.2. Explicación del encabezado de los formularios de inventario.

Ítem	Descripción
1. Fecha de inspección	Se refiere a la fecha en que se ejecutó la *Inspección de inventario*. Se debe registrar la fecha en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018, es decir, año-mes-día. Ejemplo: 2020-07-23. En el caso que la inspección haya requerido más de un día se debe colocar la fecha correspondiente al último día en el sitio.
2. Hoja	En este campo se anota el número de hoja “X” correspondiente a cada formulario y el número total de hojas “XX” que conforman el inventario del puente. La numeración de las hojas se debe realizar de acuerdo con el orden de las categorías de los formularios (i. **IB**, ii. **SP**, iii. **SB**, etc.). En el caso de puentes con varias superestructuras, la numeración de los diferentes formularios del detalle de la superestructura debe realizarse de acuerdo con el orden de las mismas (ver ítem 4. Número de superestructuras de la Tabla A.7.).
3. Nombre (inspector)	Se registra el nombre completo de los inspectores responsables que ejecutaron la *Inspección de inventario*. Este dato se debe registrar en el siguiente orden: nombre, primer y segundo apellido.
4. Identificación (inspector)	Se registra la identificación (cédula de identidad o documento de identificación migratorio para extranjeros según corresponda) de los inspectores responsables que ejecutaron la *Inspección de inventario*. Este dato se debe registrar sin guiones, espacios en blanco ni ceros al inicio, es decir, en el caso de la cedula de identidad este número debe estar compuesto de 9 dígitos. Por otro lado, en el caso del documento de identificación migratorio para extranjeros debe estar compuesto de 11 o 12 dígitos según sea el caso.
5. Nivel (inspector)	Se registra el nivel de los inspectores responsables que ejecutaron la *Inspección de inventario*. Los niveles de inspector se definen en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I. Toda inspección debe contar con la participación de al menos un(a) *Inspector(a) Nivel III*. Este dato se debe registrar en número romanos (I, II o III según corresponda).

A.2 Descripción del formulario de información básica del puente (IN-IB-01)

Este formulario corresponde a la información básica del puente. Incluye datos referentes a la identificación del puente, la ruta, ubicación, características de la estructura, información de diseño, construcción y rehabilitación (menor o mayor), aspectos de seguridad vial, dimensiones básicas del mismo, entre otros. El formulario de información básica se encuentra divido en seis secciones (identificadas con letras de la A la F), las cuales se muestran en la Figura A.1 y Figura A.2 y son explicadas de la Tabla A.4 a la Tabla A.15.

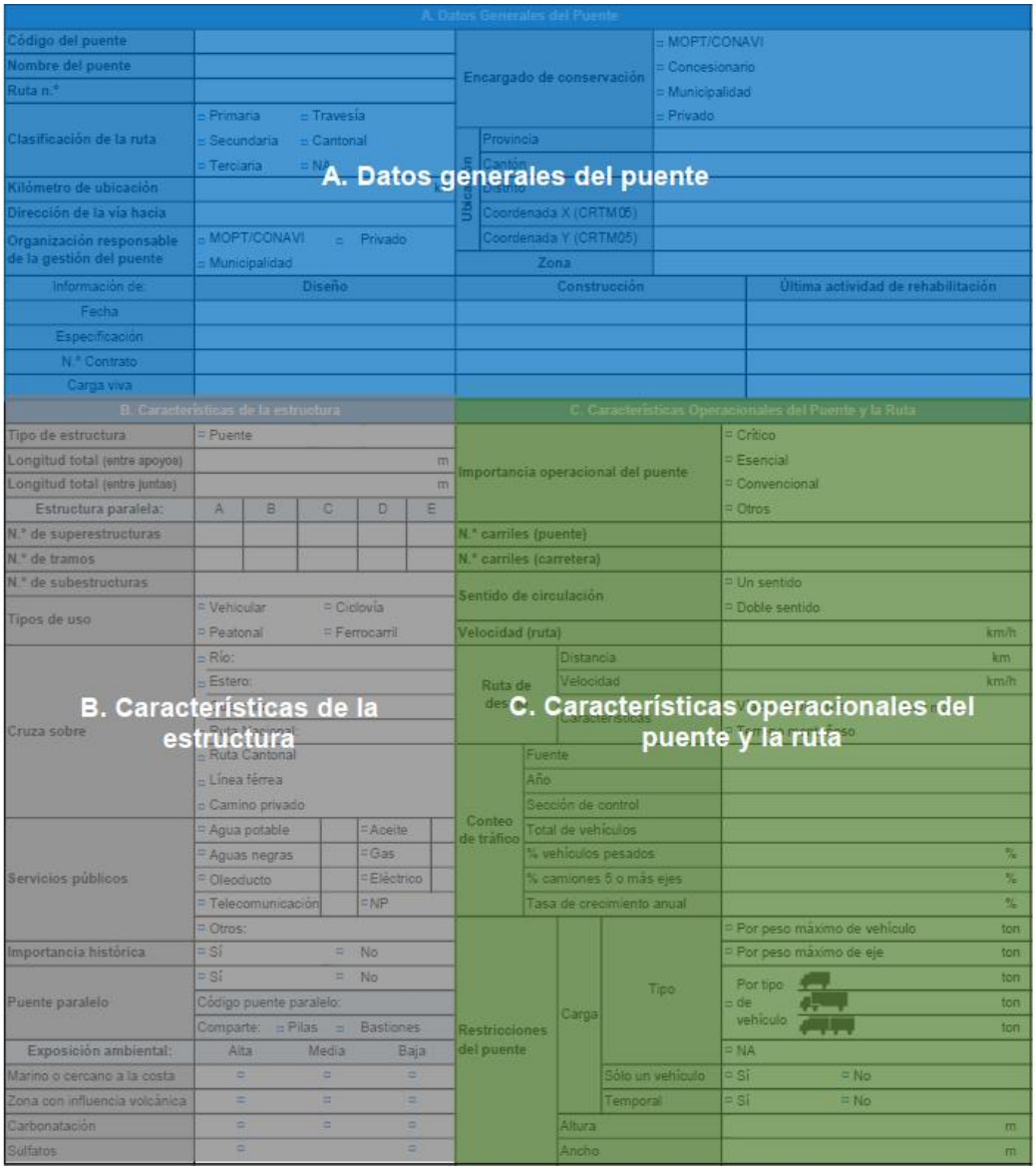


Figura A.1. Secciones A, B y C del formulario de Información básica.



Figura A.2. Secciones D, E y F del formulario de Información básica.

Según se verá más adelante, algunos de los ítems que deben llenarse en los formularios de inventario poseen “dominios” (el cual es un término utilizado en bases de datos relacionales para referirse a restricciones en los valores, numéricos o no, a ser utilizados por un atributo). Estos dominios tienen como objetivo indicar al inspector sobre las opciones disponibles para llenar un ítem o atributo específico del formulario. La Tabla A.3 muestra un ejemplo de dominio, donde se incluyen tres posibles opciones para un ítem cualquiera y donde cada opción tiene un código asociado para su uso a nivel de bases de datos. Es importante indicar que en los diferentes ítems de los formularios el inspector debe marcar la opción correspondiente con una letra equis “X” o escribir el nombre de la opción del domino específico según sea el caso, por lo que el uso del código del dominio se limita a bases de datos relacionales.

Tabla A.3. Ejemplo de dominio para un ítem cualquiera.

Código	Opciones del dominio
1	Opción 1
2	Opción 2
3	Opción 3

Tabla A.4. Sección A del formulario de Información básica.

<table>
<tr><th colspan="6">A. Datos Generales del Puente</th></tr>
<tr><td>Código del puente</td><td colspan="2"></td><td rowspan="3">Encargado de conservación</td><td colspan="2">□ MOPT/CONAVI
□ Concesionario
□ Municipalidad
□ Privado</td></tr>
<tr><td>Nombre del puente</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Ruta n.°</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Clasificación de la ruta</td><td colspan="2" rowspan="2">□ Primaria □ Travesía
□ Secundaria □ Cantonal
□ Terciaria □ NA</td><td rowspan="6">Ubicación</td><td>Provincia</td><td></td></tr>
<tr><td>Cantón</td><td></td></tr>
<tr><td>Kilómetro de ubicación</td><td colspan="2">km</td><td>Distrito</td><td></td></tr>
<tr><td>Dirección de la vía hacia</td><td colspan="2"></td><td>Coordenada X (CRTM05)</td><td></td></tr>
<tr><td>Organización responsable de la gestión del puente</td><td colspan="2">□ MOPT/CONAVI □ Privado
□ Municipalidad</td><td>Coordenada Y (CRTM05)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td>Zona</td><td></td></tr>
<tr><td>Información de:</td><td>Diseño</td><td colspan="2">Construcción</td><td colspan="2">Última actividad de rehabilitación</td></tr>
<tr><td>Fecha</td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Especificación</td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>N.° Contrato</td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Carga viva</td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Tabla A.5. Explicación de la Sección A del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
1. Código del puente	El código del puente corresponde a un código único de cada estructura que se mantiene a lo largo de su vida de servicio. En el caso de puentes que cuenten con estructuras paralelas a la estructura o puente original y que comparten la calzada (ver ítem 4. Número de superestructuras de la Tabla A.7) se debe recopilar la información de cada estructura paralela en el formulario del detalle de la superestructura (ii. **SP**) respectivo y registrar dichas estructuras bajo el mismo código del puente y con único formulario de información básica (i. **IB**). En el caso de puentes paralelos (ver ítem 11. Puente paralelo de la Tabla A.7) las estructuras deben ser levantadas por separado con códigos de puente independientes. Por otro lado, cuando un puente es sustituido se le debe asignar un nuevo código que lo diferencie de la estructura anterior. El código del puente es numérico y estrictamente está compuesto de 7 dígitos. A continuación, se describe el significado de la posición de cada dígito:

Tabla A.5. Explicación de la Sección A del formulario de Información básica.

<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th>Dígito</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td>1er</td><td>Código Provincia (ver Tabla A.56)</td></tr>
<tr><td>2do y 3ero</td><td>Código Cantón (ver Tabla A.56)</td></tr>
<tr><td>4to</td><td>Código de clasificación de ruta (ver ítem 4. Clasificación de esta tabla)</td></tr>
<tr><td>5to, 6to y 7mo</td><td>Número consecutivo asignado por el sistema</td></tr>
</table>
Ejemplos:
• Puente sobre río Ciruelas en Ruta Nacional n.° 01 (Primaria), ubicado en Puntarenas, Montes de Oro.
Código puente: 6041XXX.
• Puente sobre río Agres en Ruta Nacional n.° 105 (Secundaria), ubicado en San José, Escazú.
Código puente: 1022XXX.
El número consecutivo “XXX” (5to, 6to y 7mo dígito) corresponde al número consecutivo que se le asigna a cada puente registrado dentro de un mismo cantón, provincia y clasificación de ruta. Debido a la posibilidad de que se estén realizando inspecciones en paralelo en diferentes puentes, se debe evitar la duplicación de códigos de puente como se explica a continuación. Cuando se utilicen formularios digitales, el código de puente debe ser asignado automáticamente por el sistema una vez transferidos los formularios a la base de datos de la Organización responsable de la gestión de puentes. En el caso de los formularios físicos, el código del puente debe ser asignado preferiblemente en la oficina una vez concluida la inspección y en coordinación con los otros equipos a cargo de realizar inspecciones. Como se puede observar, este código se asigna una vez, y en posteriores inspecciones solamente se tendrá que hacer referencia al mismo para identificar el puente.
</td></tr>
<tr><td>2. Nombre del</td><td>A no ser que el puente posea un nombre oficial particular establecido</td></tr>
</table>

Tabla A.5. Explicación de la Sección A del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
puente	por la *Organización responsable de la gestión del puente*, en Costa Rica un puente lleva el mismo nombre del obstáculo que cruza. Por lo tanto, cuando el puente cruza sobre un cuerpo de agua lleva el nombre de este (ejemplo: Río Cañas, Quebrada Alcornoque, Estero Boca Vieja). Por otro lado, cuando cruza sobre una ruta nacional, ruta cantonal, línea férrea o camino privado, se identifica de acuerdo con el obstáculo que cruza (ejemplo: Puente sobre Ruta Nacional n.° 39, Puente sobre Ruta Cantonal, etc.). Si la estructura cruza sobre más de una ruta nacional se debe identificar de acuerdo con todas las de rutas nacionales que cruza, independientemente de si cruza otros obstáculos. En caso de que el puente cruce diversos obstáculos incluyendo un cuerpo de agua y donde el resto de obstáculos no corresponda a rutas nacionales, se debe identificar de acuerdo con el nombre del cuerpo de agua. Cualquiera que sea el caso, de no conocerse si se ha establecido un nombre oficial particular para el puente se debe consultar el dato ya sea en la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI, o la Municipalidad respectiva.
3. Ruta	Se refiere al número de ruta en donde se encuentra ubicado el puente. De no conocerse el dato se debe consultar a la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT o la Municipalidad respectiva. En el caso de puentes que cruzan sobre otra ruta (sea nacional o cantonal), una línea férrea o camino privado, el número de ruta corresponde al de la vía que pasa sobre el tablero de la estructura. En el caso de puentes “Privados” (ver ítem *7.* Organización responsable de la gestión del puente de esta tabla) se debe indicar la opción “NA” (no aplica).

Tabla A.5. Explicación de la Sección A del formulario de Información básica.

<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td>4. Clasificación de la ruta</td><td>Se refiere a la clasificación de la ruta donde está ubicado el puente. Las rutas nacionales se clasifican en “Primarias”, “Secundarias” y “Terciarias”, de “Travesía” y “Cantonales”. En el Reglamento sobre clasificación funcional de los caminos públicos n.° 13041 – T se define como rutas primarias aquellas enumeradas de 1 a 99, secundarias de 100 a 299 y terciarias de 300 a 999. Por otro lado, las rutas de travesía son el conjunto de carreteras públicas nacionales que atraviesan el cuadrante de un área urbana o de calles que unen dos secciones de carretera nacional en el área referida. De no conocerse el dato se debe consultar a la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT. Finalmente, las rutas cantonales son las que están administradas por las municipalidades y que incluyen los caminos vecinales, locales y los no clasificados, por lo tanto, en dichos casos se debe clasificar la ruta como “Cantonal”. En el caso de puentes “Privados” (ver ítem 7. Organización responsable de la gestión del puente de esta tabla) se debe indicar la opción “NA” (no aplica).
<table>
<tr><th>Código</th><th>Clasificación</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Primaria</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Secundaria</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Terciaria</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Travesía</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Cantonal</td></tr>
<tr><td>6</td><td>NA (no aplica)</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>5. Kilómetro de ubicación</td><td>Se refiere al kilómetro de la ruta en el cual está ubicado el inicio del puente. Se debe registrar este dato en kilómetros, utilizando tres posiciones decimales y con una precisión de ± 0,001 km (ejemplo: 23,256 km; 108,305 km; etc.). De no conocerse este dato se deberá consultar a la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT o a la Municipalidad respectiva. En el caso de puentes “Privados” (ver ítem 7. Organización responsable de la gestión del puente de esta tabla) se debe indicar “NA” (no aplica).</td></tr>
</table>

Tabla A.5. Explicación de la Sección A del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
6. Dirección de la vía hacia	Se refiere al lugar hacia el cual se dirige la ruta utilizando como punto de referencia el kilómetro de inicio del puente y siguiendo el avance del kilómetro designado para la ruta. Este lugar debe corresponder al centro poblacional o comercial de mayor importancia o un punto geográfico que sea fácilmente reconocible. En este campo se debe anotar únicamente el nombre del lugar (ejemplo: Limón, Peñas Blancas, Tibás, Caldera, etc.). En el caso de puentes paralelos (ver ítem 11. Puente paralelo de la Tabla A.7) se debe indicar la dirección de la vía de acuerdo con el criterio anterior sin importar el sentido de circulación de los vehículos sobre el puente.
7. Organización responsable de la gestión del puente	Se refiere a la *Organización responsable de la gestión del puente*. En el caso de puentes ubicados dentro de propiedades de instituciones públicas o en terrenos privados se debe indicar “Privado”. **Código** — **Organización responsable** 1 — MOPT/CONAVI 2 — Municipalidad 3 — Privado
8. Encargado de conservación	Se refiere al encargado de conservación de la estructura durante su vida de servicio. En el caso de puentes ubicados dentro de propiedades de instituciones públicas o en terrenos privados se debe indicar “Privado”. Cuando el encargado de conservación de la estructura sea un concesionario, se deberá actualizar este dato una vez concluido el contrato de concesión. **Código** — **Encargado de conservación** 1 — MOPT/CONAVI 2 — Concesionario 3 — Municipalidad 4 — Privado
9. Ubicación	La ubicación del puente se define según el nombre de la provincia,

Tabla A.5. Explicación de la Sección A del formulario de Información básica.

<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td></td><td>cantón, distrito y las coordenadas geográficas (X y Y) de la estructura. Las coordenadas geográficas deben obtenerse al centro del puente utilizando GPS y deben registrarse de acuerdo con el Decreto Ejecutivo n.° 40962 - MJP del 17 de abril del 2018, es decir, en el sistema de proyección cartográfica CRTM05 (EPSG: 5367) y utilizando dos posiciones decimales. En los casos en los que el puente se encuentra ubicado en el límite provincial, cantonal o distrital, se debe colocar la provincia, cantón o distrito (según sea el caso) que se encuentre de primero según el kilómetro de inicio de la ruta que contiene el puente.</td></tr>
<tr><td>10. Zona</td><td>En el caso de rutas nacionales se debe indicar la zona territorial responsable de la conservación del puente (Zonas del CONAVI). La Tabla A.57 detalla los distritos que incluye cada Zona del CONAVI. Si el encargado de conservación de la estructura es un concesionario, Municipalidad o privado se debe indicar la opción “NA” (no aplica).

Código — Zona
1 — Zona 1-1 San José
2 — Zona 1-2 Puriscal
3 — Zona 1-3 Los Santos
4 — Zona 1-4 Alajuela
5 — Zona 1-5 Alajuela Norte
6 — Zona 1-6 San Ramón
7 — Zona 1-7 Cartago
8 — Zona 1-8 Turrialba
9 — Zona 1-9 Heredia</td></tr>
</table>

Tabla A.5. Explicación de la Sección A del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción	
	10	Zona 2-1 Liberia
	11	Zona 2-2 Cañas
	12	Zona 2-3 Santa Cruz
	13	Zona 2-4 Nicoya
	14	Zona 3-1 Puntarenas
	15	Zona 3-2 Quepos
	16	Zona 4-1 Pérez Zeledón
	17	Zona 4-2 Buenos Aires
	18	Zona 4-3 Sur – Sur
	19	Zona 5-1 Guápiles
	20	Zona 5-2 Limón
	21	Zona 6-1 San Carlos
	22	Zona 6-2 Los Chiles – Guatuso
	23	NA (no aplica)
11. Diseño	Se refiere a datos generales del diseño del puente. Se debe indicar la fecha en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018 (año-mes-día), n.° de contrato (por ejemplo, en el caso del CONAVI el número de contrato es según el número del pliego de condiciones), especificación de diseño y la nomenclatura de la carga viva de diseño. Estos datos se pueden encontrar en los planos de diseño, de no ser así se debe consultar con la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de	

Tabla A.5. Explicación de la Sección A del formulario de Información básica.

<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td></td><td>Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información para alguno de los datos se debe indicar “NI” (no se tiene información). Por otro lado, cuando únicamente exista información sobre el año de diseño del puente o año y mes de diseño, se deberá indicar la fecha como año-01-01 o año-mes-01 según sea el caso.

<table>
<tr><th>Código</th><th>Especificación de diseño</th></tr>
<tr><td>1</td><td>AASHO 1931 (1° edición)</td></tr>
<tr><td>2</td><td>AASHO 1935 (2° edición)</td></tr>
<tr><td>3</td><td>AASHO 1941 (3° edición)</td></tr>
<tr><td>4</td><td>AASHO 1944 (4° edición)</td></tr>
<tr><td>5</td><td>AASHO 1949 (5° edición)</td></tr>
<tr><td>6</td><td>AASHO 1953 (6° edición)</td></tr>
<tr><td>7</td><td>AASHO 1957 (7° edición)</td></tr>
<tr><td>8</td><td>AASHO 1961 (8° edición)</td></tr>
<tr><td>9</td><td>AASHO 1965 (9° edición)</td></tr>
<tr><td>10</td><td>AASHO 1969 (10° edición)</td></tr>
<tr><td>11</td><td>AASHO 1973 (11° edición)</td></tr>
<tr><td>12</td><td>AASHTO 1977 (12° edición)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

Tabla A.5. Explicación de la Sección A del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción	
	13	AASHTO 1984 (13° edición)
	14	AASHTO 1989 (14° edición)
	15	AASHTO 1992 (15° edición)
	16	AASHTO 1996 (16° edición)
	17	AASHTO 2002 (17° edición)
	18	AASHTO LRFD 1994 (1° edición)
	19	AASHTO LRFD 1998 (2° edición)
	20	AASHTO LRFD 2004 (3° edición)
	21	AASHTO LRFD 2007 (4° edición)
	22	AASHTO LRFD 2010 (5° edición)
	23	AASHTO LRFD 2012 (6° edición)
	24	AASHTO LRFD 2014 (7° edición)
	25	AASHTO LRFD 2017 (8° edición)
	26	AASHTO LRFD 2020 (9° edición)
	27	NI (no se tiene información)
	Código	**Carga viva**

Tabla A.5. Explicación de la Sección A del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción	
	1	H20-44
	2	H15-44
	3	H10-44
	4	HS20-44 + 25%
	5	HS20-44
	6	HS15-44
	7	HL-93
	8	NI (no se tiene información)
12. Construcción	Se refiere a datos generales de la construcción del puente. Se debe indicar la fecha en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018 (año-mes-día), n.° de contrato (por ejemplo, en el caso del CONAVI el número de contrato es según el número del pliego de condiciones) y especificación de construcción. Estos datos se pueden encontrar en los planos constructivos o planos "*as-built*", y de no ser así se debe consultar a la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. Es importante realizar una búsqueda detallada de esta información, principalmente de la fecha de construcción, que según sea el caso, puede no ser la misma fecha en la que se establece el contrato. En algunos puentes puede encontrarse una placa o inscripción que indica el año en que fue finalizada su construcción; sin embargo, si la placa más bien hace referencia a un período legislativo (es decir un período presidencial, o de otra naturaleza) en que fue construida la estructura (ejemplo: 1978-1982), se deberá verificar la fecha de construcción a través de las memorias del MOPT, y en última instancia, si no se posee	

Tabla A.5. Explicación de la Sección A del formulario de Información básica.

<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td></td><td>información alguna, se podrá indicar el primer año del período indicado en la placa. Por otro lado, cuando únicamente exista información sobre el año de construcción del puente o año y mes de construcción, se deberá indicar la fecha como caño-01-01 o año-mes-01 según sea el caso. Si no existe ninguna información para alguno de los datos se debe indicar “NI” (no se tiene información).
<table>
<tr><th>Código</th><th colspan="2">Especificación de construcción</th></tr>
<tr><td>1</td><td>FP-41</td><td rowspan="5">Especificaciones generales para construcción de caminos y puentes (Bureau of Public Roads, EUA)</td></tr>
<tr><td>2</td><td>FP-57</td></tr>
<tr><td>3</td><td>FP-61</td></tr>
<tr><td>4</td><td>FP-69</td></tr>
<tr><td>5</td><td>FP-74</td></tr>
<tr><td>6</td><td>CR-72</td><td rowspan="4">Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (MOPT)</td></tr>
<tr><td>7</td><td>CR-77</td></tr>
<tr><td>8</td><td>CR-2010</td></tr>
<tr><td>9</td><td>CR-2020</td></tr>
<tr><td>10</td><td colspan="2">NI (no se tiene información)</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>13. Última actividad de rehabilitación</td><td>Se refiere a datos generales de la última actividad de rehabilitación (menor o mayor) del puente. Se debe indicar la fecha de realización de los trabajos en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018 (año-mes-día), n.° de contrato (por ejemplo, en el caso del CONAVI el número de contrato según el pliego de condiciones), especificación de diseño y construcción y carga viva de diseño (ver ítem 11. Diseño e ítem 12. Construcción de esta tabla). A excepción de la fecha, estos datos se pueden tomar de planos de diseño, y de no ser así, se deben consultar de la misma manera que la fecha, con algún oficial de gobierno ya sea en la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI, o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información para alguno de los datos, se debe indicar “NI” (no se tiene información). Por otro lado, cuando únicamente exista información sobre el año o año y mes de la última rehabilitación menor o mayor, se deberá indicar la fecha como año-01-01 o año-mes-01 según sea el caso.</td></tr>
</table>

Tabla A.6. Sección B del formulario de Información básica.

B. Características de la estructura					
Tipo de estructura	☐ Puente				
Longitud total (entre apoyos)	m				
Longitud total (entre juntas)	m				
Estructura paralela:	A	B	C	D	E
N.° de superestructuras					
N.° de tramos					
N.° de subestructuras					
Tipos de uso	☐ Vehicular ☐ Ciclovía ☐ Peatonal ☐ Ferrocarril				
Cruza sobre	☐ Río: ☐ Estero: ☐ Quebrada: ☐ Ruta Nacional: ☐ Ruta Cantonal ☐ Línea férrea ☐ Camino privado				
Servicios públicos	☐ Agua potable ☐ Aceite ☐ Aguas negras ☐ Gas ☐ Oleoducto ☐ Eléctrico ☐ Telecomunicación ☐ NP ☐ Otros:				
Importancia histórica	☐ Sí ☐ No				
Puente paralelo	☐ Sí ☐ No Código puente paralelo: Comparte: ☐ Pilas ☐ Bastiones				
Exposición ambiental:	Alta	Media	Baja		
Marino o cercano a la costa	☐	☐	☐		
Zona con influencia volcánica	☐	☐	☐		
Carbonatación	☐	☐	☐		
Sulfatos	☐		☐		

Tabla A.7. Explicación de la Sección B del formulario Información básica.

Ítem	Descripción
1. Tipo de estructura	Se refiere al tipo de estructura que salvaguarda el paso de los usuarios. Como se puede observar, este ítem sólo muestra una opción, pero se incluye para efectos de considerar otros tipos de estructuras en futuras actualizaciones del MP-2024 Tomo I. **Código** — **Tipo de estructura** 1 — Puente
2. Longitud total (entre apoyos)	Se refiere a la longitud total del puente medida entre las líneas centro de los apoyos iniciales y finales ubicados en los bastiones (ver Figura A.3). Cuando no existan apoyos y la superestructura se

Tabla A.7. Explicación de la Sección B del formulario Información básica.

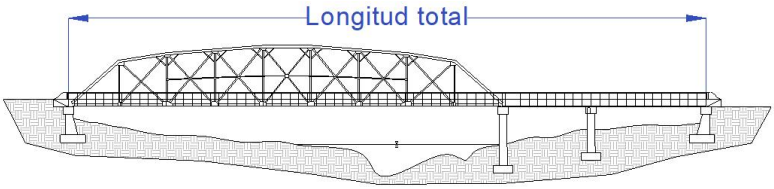
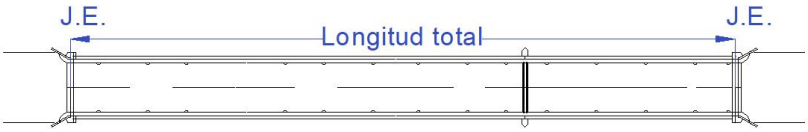
Ítem	Descripción
	encuentre apoyada directamente sobre la viga cabezal se debe tomar esta distancia a partir de la mitad de la longitud de asiento entre apoyos iniciales y finales (ver ítem 26. Longitud de asiento de la Tabla A.46). Por otro lado, cuando la subestructura se encuentre unida integralmente con la superestructura se debe tomar esta longitud como la distancia entre caras de los elementos de la subestructura.  **Figura A.3.** Longitud total (entre línea centro de apoyo inicial y final) (vista en elevación).
3. Longitud total (entre juntas)	Se refiere a la longitud total del puente medida entre línea de centro de juntas de expansión (J.E.) inicial y final del tablero (ver Figura A.4). En puentes donde la subestructura se encuentre unida integralmente con la superestructura y que por lo tanto no cuente con juntas de expansión se debe tomar esta longitud como la distancia entre caras de los elementos de la subestructura.  **Figura A.4.** Longitud total (entre junta de expansión inicial y final) (vista superior).
4. Número de superestructuras	Se refiere al número total de superestructuras que conforman el puente. Cada superestructura se encuentra separada por juntas de expansión, es decir, la cantidad de superestructuras (SP) es igual a la cantidad de juntas de expansión (J.E.) menos uno (1). La numeración de las superestructuras se realiza en el mismo sentido que la dirección de la vía (ver de la Figura A.5 a la Figura A.7 e ítem 6. Dirección de la vía hacia de la Tabla A.5).

Tabla A.7. Explicación de la Sección B del formulario Información básica.

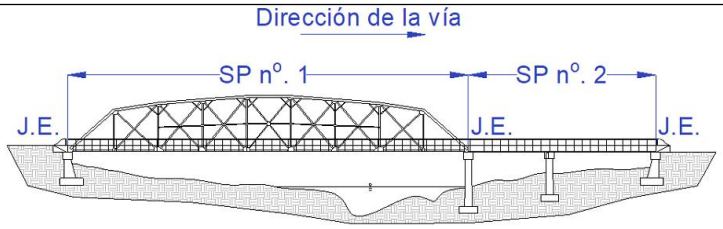
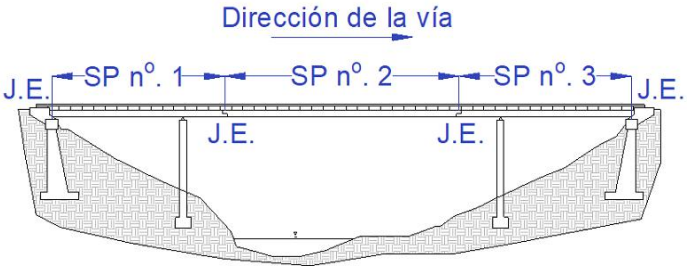
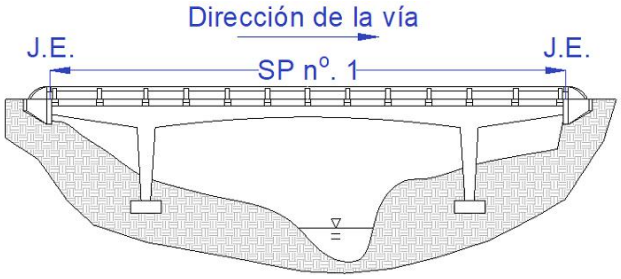
Ítem	Descripción
	 **Figura A.5.** Número de superestructuras (puente de dos superestructuras) (vista en elevación).  **Figura A.6.** Número de superestructuras (puente de tres superestructuras) (vista en elevación).  **Figura A.7.** Número de superestructuras (puente de una superestructura) (vista en elevación). En algunos casos, existen estructuras paralelas (EP) a la estructura o puente original y que comparten la calzada. Tales situaciones corresponden al caso donde existen cambios en la tipología de la sección transversal de la superestructura, cambios en el material, o existen juntas longitudinales en el puente. En dichos casos se debe registrar el número de superestructuras (SP) para cada estructura paralela (EP), siendo estas identificadas con letras de la “A” a la “E”. La primer estructura o puente original (identificada visualmente en sitio) siempre debe ser registrada como “A”. Las estructuras paralelas restantes deben registrase con letras de la “B” a la “E”, de izquierda a derecha según el sentido de la dirección de la

Tabla A.7. Explicación de la Sección B del formulario Información básica.

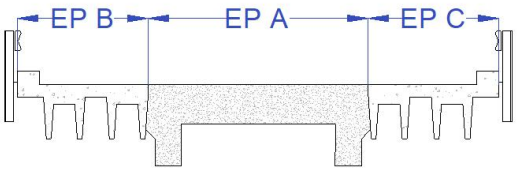
Ítem	Descripción
	vía (ver Figura A.8 e ítem 6. Dirección de la vía hacia de la Tabla A.5).  **Figura A.8.** Identificación de estructuras en paralelo (tres estructuras en paralelo) (vista transversal en el mismo sentido de la dirección de la vía). Por lo tanto, para el caso de que existan estructuras paralelas (EP), la numeración de las superestructuras (SP) debe realizarse de forma independiente para cada estructura paralela (EP) y anteponiendo a la numeración la letra correspondiente (Ejemplo: A.1, A.2, …, A.N) (ver Figura A.9). Si no existe alguna estructura paralela debe indicarse “NA” (no aplica) en el número de superestructuras para las estructuras paralelas de la “B” a la “E”. Deben diferenciarse las estructuras paralelas de las descritas en el ítem 11. Puente paralelo de esta tabla; que corresponde a puentes con superestructuras independientes que no comparten la calzada.  **Figura A.9.** Número de superestructuras en puente con estructuras paralelas (estructura paralela A con dos superestructuras y estructura paralela B con una superestructura) (vista superior).
5. Número de tramos	Se refiere al número total de tramos en que se divide el puente. Un tramo corresponde a cada sección del puente comprendida entre dos subestructuras adyacentes y cambios entre superestructuras (tal como el caso de las vigas en voladizo o tipo “Gerber”, ver Figura A.10). Para efectos de ejemplificar la contabilización del número total de tramos de un puente, de la Figura A.10 a la Figura A.12, se

Tabla A.7. Explicación de la Sección B del formulario Información básica.

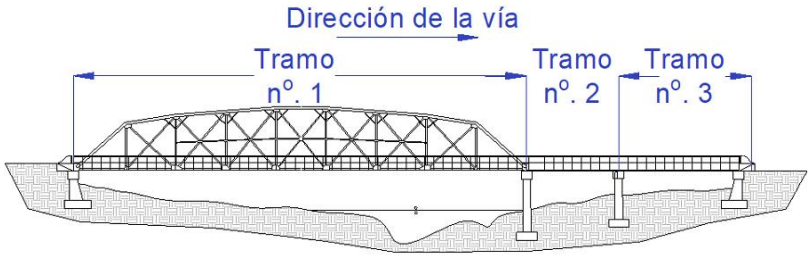
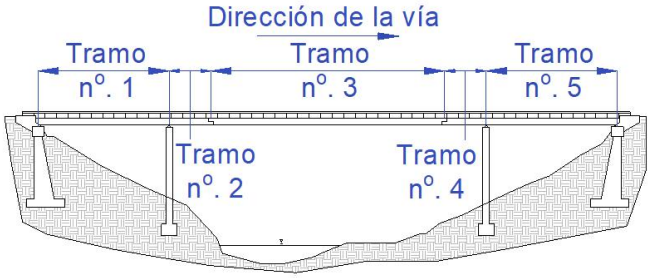
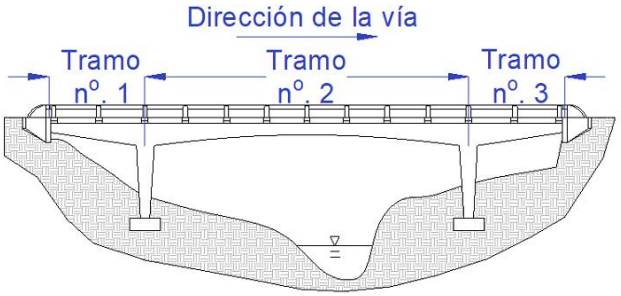
Ítem	Descripción
	muestra la numeración de todos los tramos del puente de forma consecutiva, sin embargo según se verá en el formulario del detalle de la superestructura (ii. **SP**), la numeración de tramos (1, 2, …, N) de cada superestructura se hace de forma independiente.  **Figura A.10.** Número de tramos (puente de tres tramos) (vista en elevación).  **Figura A.11.** Número de tramos (puente de cinco tramos) (vista en elevación).  **Figura A.12.** Número de tramos (puente de tres tramos) (vista en elevación). En algunos casos, existen estructuras paralelas (EP) a la estructura original y que comparten la calzada del puente (ver ítem 4. Número de superestructuras de esta tabla). En dichos casos se debe registrar el número de tramos para cada estructura paralela (EP). Si no existe

Tabla A.7. Explicación de la Sección B del formulario Información básica.

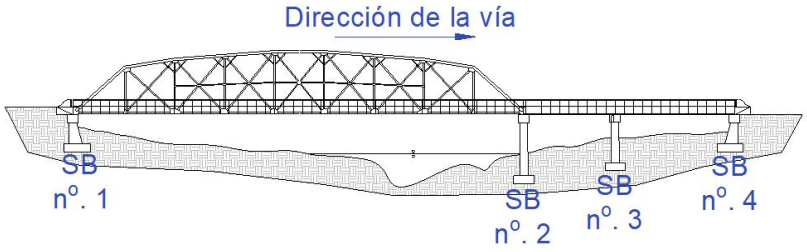
Ítem	Descripción
	alguna estructura paralela debe indicarse “NA” (no aplica) en el número de tramos para las estructuras paralelas de la “B” a la “E”.
6. Número total de subestructuras	Se refiere al número total de subestructuras (SB) que conforman el puente, es decir la suma de la cantidad de bastiones y pilas (ver Figura A.13). La numeración de las subestructuras se realiza en el mismo sentido que la dirección de la vía (ver Figura A.13 e ítem 6. Dirección de la vía hacia de la Tabla A.5).  **Figura A.13.** Número de subestructuras (vista en elevación). En algunos casos, existen estructuras paralelas a la estructura original y que comparten la calzada del puente (ver ítem 4. Número de superestructuras de la Tabla A.7). En tales situaciones también pueden existir subestructuras paralelas, o ampliaciones del bastión original pero que no conservan la tipología o material, por lo que deben contabilizarse como subestructuras por aparte (ver Figura A.14). Incluso puede darse el caso de que existan pilas que dan soporte únicamente a una de las estructuras paralelas, tal como se observa en la Figura A.14. Por otro lado, en otras situaciones pueden existir estructuras paralelas, pero en donde el bastión original ampliado conserva su tipología y material, por lo que se contabiliza como una única subestructura (ver Figura A.15). Este ítem corresponde solamente a la contabilización del número total de subestructuras del puente, la relación entre cada subestructura y la o las superestructuras que soporta se hace en el formulario del detalle de la subestructura (iii. **SB**) (ver ítem 1. Número de subestructura de la Tabla A.46). La numeración de las subestructuras se realiza de izquierda a derecha y según el mismo sentido que la dirección de la vía (ver ítem 6. Dirección de la vía hacia

Tabla A.7. Explicación de la Sección B del formulario Información básica.

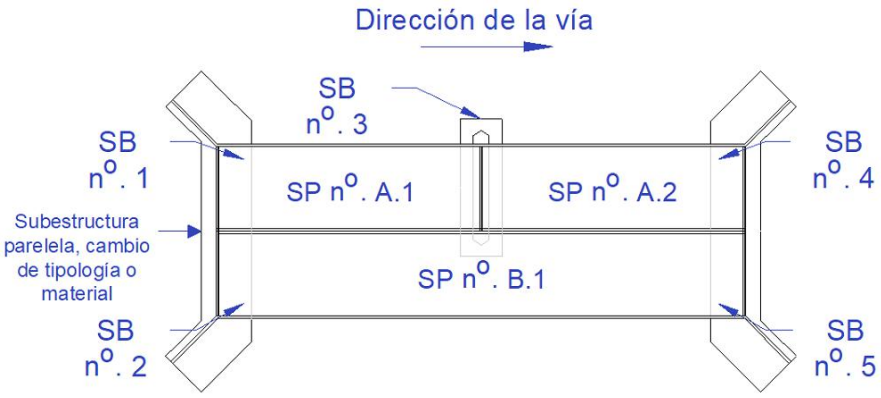
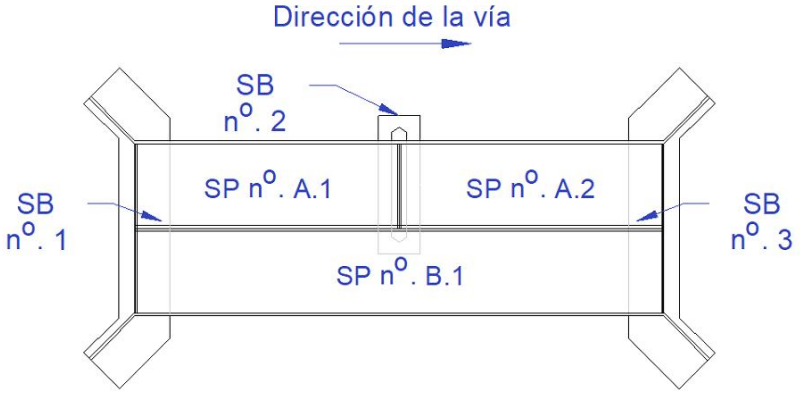
Ítem	Descripción
	de la Tabla A.5) (ver Figura A.14 y Figura A.15).  **Figura A.14.** Numeración de subestructuras (puente con estructuras paralelas y cuatro bastiones) (vista superior).  **Figura A.15.** Numeración de subestructuras (puente con estructuras paralelas y dos bastiones) (vista superior).
7. Tipos de uso	Se refiere al tipo de uso que se le da al puente. Un puente puede tener varios tipos de uso simultáneamente por lo que se deben marcar todas las opciones correspondientes. El tipo de uso “Peatonal”, únicamente debe ser indicado en puentes que cuenten con aceras o pasarelas peatonales integradas a la estructura para el paso de peatones.

Tabla A.7. Explicación de la Sección B del formulario Información básica.

Ítem	Descripción	
	Código	**Tipos de uso**
	1	Vehicular
	2	Peatonal
	3	Ciclovía
	4	Ferroviario
8. Cruza sobre	Se refiere al obstáculo sobre el cual cruza el puente. En el caso de ríos, esteros o quebradas se debe indicar el nombre del cuerpo de agua que cruza el puente. En el caso de puentes que cruzan sobre rutas nacionales, se deberá identificar el número de ruta sobre la cual cruza la estructura. De no conocerse el dato se debe consultar a la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT. Es importante señalar que en su longitud total un puente puede cruzar sobre diversos obstáculos por lo que se deben marcar todas las opciones correspondientes e indicar todos los nombres de cuerpos de agua y números de rutas nacionales que cruce.	
	Código	**Cruza sobre**
	1	Río
	2	Estero
	3	Quebrada
	4	Ruta Nacional
	5	Ruta Cantonal
	6	Línea férrea
	7	Camino privado
9. Servicios públicos	En casos en que las tuberías o conductos para los servicios	

Tabla A.7. Explicación de la Sección B del formulario Información básica.

Ítem	Descripción
	públicos estén conectados al puente, podrían resultar afectados en una eventual intervención de la estructura; por tal razón, se deberán indicar todos los tipos de servicios que estén adosados al puente, así como aquellos que físicamente se encuentren en el área de influencia de la estructura (área rectangular que incluye las dimensiones de las fundaciones y estructuras de contención de rellenos de aproximación como los aletones del bastión) (ver Figura A.16). Para cualquier servicio que se registre en el formulario y se encuentre adosado al puente se deberá indicar adicionalmente las siglas “AP” (adosado al puente) en el espacio correspondiente. Por otro lado, cuando se identifique un tipo de servicio público diferente a los mencionados se registrará como “Otros” y se especificará el tipo o tipos de servicios identificados, además si estos se encuentran adosados se escribirá las siglas “AP” inmediatamente posterior a la descripción del servicio. Si el puente no presenta servicios públicos se debe indicar “NP” (no presenta).

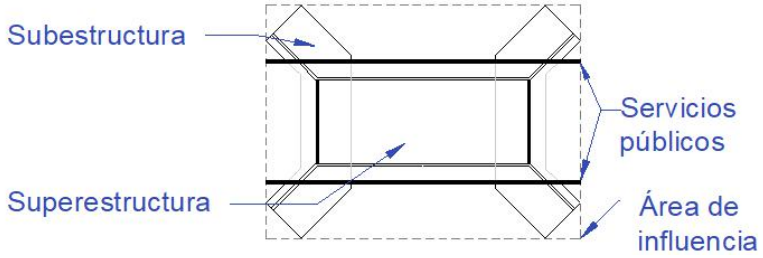


Figura A.16. Área de influencia (vista superior).

Código	Servicios públicos
1	Agua potable
2	Aguas negras
3	Oleoducto
4	Telecomunicación
5	Aceite
6	Gas

Tabla A.7. Explicación de la Sección B del formulario Información básica.

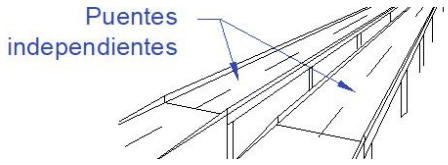
Ítem	Descripción
	7 Eléctrico 8 Otros 9 NP (no presenta)
10. Importancia histórica	Este ítem es una respuesta de “Sí o No” utilizada para indicar la importancia histórica del puente. Se considera como estructura con importancia histórica aquella que haya sido declarada patrimonio histórico arquitectónico o para la cual exista una solicitud de estudio para ser declarada. De no conocerse el dato, se debe consultar con el Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (CICPC) del Ministerio de Cultura y Juventud. La Tabla A.58 incluye una lista de puentes declarados patrimonio a la fecha del 20 de setiembre de 2018, la cual el inspector puede utilizar como referencia, sin embargo, siempre queda bajo su responsabilidad verificar la importancia histórica del puente, aunque no esté incluido en dicha lista.
11. Puente paralelo	Este ítem es una respuesta de “Sí o No” utilizada para indicar situaciones en las que existen dos estructuras separadas que dan servicio a la misma ruta y en el mismo kilómetro de ubicación (ver Figura A.17). En dichas situaciones ambos puentes paralelos deben ser levantados por separado y con códigos de puente independientes. Cuando existan puentes paralelos se debe registrar el código del puente que es paralelo al cual se le está realizando el inventario. Asimismo, si dichos puentes comparten pilas y/o bastiones se debe seleccionar la o las opciones correspondientes a dicha situación.  **Figura A.17.** Puentes paralelos.
12. Exposición ambiental	Se refiere al tipo de exposición ambiental a la que se encuentra sometida la estructura y que podría afectar su durabilidad. La

Tabla A.7. Explicación de la Sección B del formulario Información básica.

<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td></td><td>durabilidad se define como la capacidad de las estructuras a resistir la acción del medio ambiente al que se encentran expuestas. La presencia de iones de cloruro en ambientes marinos o cercanos a la costa puede afectar la durabilidad de las estructuras; la cantidad de cloruros con respecto a la distancia de la costa decrece exponencialmente (Alcántara, Chico, Díaz, de la Fuente, y Morcillo, 2015). Sin embargo, una estructura también puede estar expuesta a otros tipos de ambientes que pueden afectar su durabilidad. Una estructura en interacción directa con un río que recibe agua de afluentes provenientes de las faldas de un volcán, podría verse afectada por ataque de ácidos (Álvarez-González y Villalobos-Vega, 2018). Se entiende por interacción directa una estructura con pilas o de un tramo, pero que, durante la avenida máxima, las subestructuras se encuentran sumergidas o en contacto con el flujo del cauce. Por otro lado, una estructura contigua a plantaciones agrícolas podría sufrir ataque por sulfatos (Vargas-Alas y Villalobos-Vega, 2017). En el caso específico de estructuras de concreto, la presencia de dióxido de carbono (CO_2) puede generar procesos de carbonatación (Vargas-Alas y Villalobos-Vega, 2019), característicos de zonas con altos volúmenes de tránsito, el cual constituye el mayor emisor de gases de efecto invernadero. Un puente podría estar sometido simultáneamente a diferentes tipos de exposición ambiental, por lo que estas condiciones deben considerarse de forma independiente y registrarse los distintos ambientes presentes. Las distintas condiciones de exposición ambiental deben registrase de acuerdo con tres niveles de probabilidad exposición: “Alta”, “Media” o “Baja”.</td></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th>Exposición</th><th>Código</th><th>Probabilidad</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Marino o cercano a la costa</td><td>1</td><td rowspan="3">Alta: A menos de 1 km de distancia de la costa.
Media: Entre 1 km y 3 km de distancia de la costa.
Baja: A más de 3 km de distancia de la costa.</td></tr>
<tr><td>2</td></tr>
<tr><td>3</td></tr>
<tr><td>Zona con influencia</td><td>4</td><td>Alta: Puente en interacción directa con río y el cual es</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

Tabla A.7. Explicación de la Sección B del formulario Información básica.

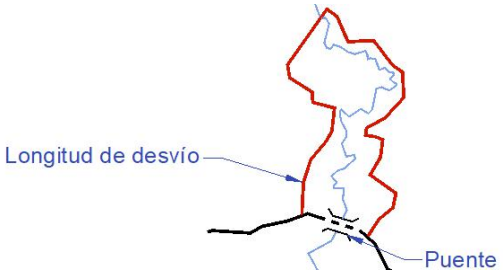
Ítem	Descripción		
	volcánica	5	perteneciente a cuenca con posibilidad de afectación por actividad volcánica. **Media:** Puente que no se encuentra en interacción directa con el río y el cual es perteneciente a cuenca con posibilidad de afectación por actividad volcánica.
		6	**Baja:** Puente que no esté incluido en ninguna de las condiciones anteriores.
	Carbonatación	7	**Alta:** Puente ubicados en los cantones de San José, Tibás, Montes de Oca y Curridabat.
		8	**Media:** Puentes ubicados en el GAM pero no en la categoría anterior.
		9	**Baja:** Resto del país.
	Sulfato	10	**Alta:** Puente contiguo a plantaciones agrícolas o fábricas de agroquímicos.
		11	**Baja:** Puente que no esté incluido en la condición anterior.

Tabla A.8. Sección C del formulario de Información básica.

C. Características Operacionales del Puente y la Ruta				
Importancia operacional del puente				☐ Crítico ☐ Esencial ☐ Convencional ☐ Otros
N.° carriles (puente)				
N.° carriles (carretera)				
Sentido de circulación				☐ Un sentido ☐ Doble sentido
Velocidad (ruta)				km/h
Ruta de desvío	Distancia			km
	Velocidad			km/h
	Características			☐ Vía sin pavimentar ☐ Muy mala ☐ Terreno montañoso
Conteo de tráfico	Fuente			
	Año			
	Sección de control			
	Total de vehículos			
	% vehículos pesados			%
	% camiones 5 o más ejes			%
	Tasa de crecimiento anual			%
Restricciones del puente	Carga	Tipo	☐ Por peso máximo de vehículo	ton
			☐ Por peso máximo de eje	ton
			☐ Por tipo de vehículo 	ton
			☐ Por tipo de vehículo	ton
			☐ Por tipo de vehículo 	ton
			☐ NA	
		Sólo un vehículo	☐ Sí ☐ No	
		Temporal	☐ Sí ☐ No	
	Altura			m
	Ancho			m

Tabla A.9. Explicación de la Sección C del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
1. Importancia operacional del puente	Corresponde a la importancia operacional definida para el puente según los *Lineamientos para el Diseño Sismoresistente de Puentes* (CFIA, 2013). En caso de no conocerse, se debe consultar con la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. **Código** — **Importancia operacional del puente** 1 — Crítico 2 — Esencial 3 — Convencional 4 — Otro
2. Número de carriles (puente)	Se refiere a la cantidad de carriles de tránsito que posee el puente.
3. Número de carriles (carretera)	Se refiere a la cantidad de carriles de tránsito que posee la carretera. En algunos casos la cantidad de carriles en la carretera difiere de la cantidad de carriles que posee el puente.
4. Sentido de circulación	Se refiere al sentido de circulación de los vehículos en la vía. Algunos puentes pueden tener un solo sentido de circulación. **Código** — **Sentido de la vía** 1 — Un sentido 2 — Doble sentido
5. Velocidad (ruta)	Se refiere al límite de velocidad máxima permitida en la ubicación del puente. Este dato puede obtenerse de señales de velocidad máxima ubicadas en la ruta, siempre y cuando las señales se ubiquen dentro de la misma sección de control en la que se encuentra el puente. En caso de que existan diferentes señalizaciones de velocidad se deberá indicar la señalización más cercana al puente. De no conocerse este dato se deberá consultar a la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT o a la Municipalidad respectiva.

6. Distancia (ruta de desvío)	Es la distancia que debe recorrer un vehículo durante un determinado tiempo fuera de la ruta en curso hasta volver a ella debido al cierre del paso por puente (ver Figura A.18). Primero se debe determinar si existe o no longitud de desvío; si existe, se debe medir la longitud en kilómetros, si no existe se debe indicar “NA” (no aplica). Se debe incluir un esquema de la longitud de desvío similar a la Figura A.18 en el formulario de fotografías (vi. **FT**) de la *Inspección de inventario*.  **Figura A.18.** Longitud de desvío.
7. Velocidad (ruta de desvío)	Se refiere al límite de velocidad máxima permitida en la longitud de desvío (ver ítem 5. Velocidad de esta tabla). De no conocerse el dato se debe consultar con la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT o de la Municipalidad respectiva. Además, si la longitud de desvió está compuesta por distintas rutas y con diferentes velocidades se debe registrar este dato como un promedio ponderado. Si no existe longitud de desvío se debe indicar “NA” (no aplica).
8. Características (ruta de desvío)	Si existe longitud de desvío se debe indicar si corresponde a una vía sin pavimentar, de terreno montañoso o ambas condiciones. Se entiende por terreno montañoso como una vía con relieve irregular, pendientes pronunciadas y no aptos para el tránsito de todo tipo de vehículo, es decir que vehículos “bajos” o pesados no podrían transitar por la longitud de desvío. Además, independientemente de que la vía sea no pavimentada o montañosa se debe indicar si su condición es muy mala para el tránsito de vehículos.
9. Conteo de tráfico	Se refiere a la información del último conteo de tráfico existente. Se debe indicar: la fuente de donde se obtuvo la información (Ejemplo: Anuario de información de tránsito del MOPT para el caso de las rutas nacionales), el año en que se realizó el conteo, la sección

<table>
<tr><td></td><td>de control donde se realizó el conteo, el total de vehículos que se midieron, el porcentaje de vehículos pesados de esta medición (suma total de conteo de buses y camiones de dos, tres, cuatro, cinco y seis ejes “C2E, C3E, C4E, C5E y C6E”), el porcentaje de camiones de 5 o más ejes y la tasa de crecimiento anual, la cual se debe proyectar a través de un método de proyección basado en series históricas del TPD en caso de que existan. Cuando el cálculo de la tasa de crecimiento anual resulte en un valor negativo se debe indicar 0 %, por otro lado, cuando únicamente exista un año de conteo se debe indicar “NI” (no se tiene información).</td></tr>
<tr><td>10. Restricciones del puente</td><td>Este ítem se utiliza para indicar situaciones en las que existe restricción de carga, altura o ancho en la estructura. Si existe una restricción por carga se debe indicar el tipo de restricción de carga de a acuerdo a las señales establecidas en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tráfico (Secretaría de Integración Económica Centroamericana [SIECA], 2014). Existen tres tipos de señales de restricción de carga: peso máximo por vehículo (R-12-3), peso máximo por eje (R-12-4) y peso máximo por tipo de vehículo. Cuando no exista restricción por carga se debe indicar “NA” (no aplica).

Código — Tipo (restricción por carga)
1 — Por peso máximo de vehículo
2 — Por peso máximo de eje
3 — Por tipo de vehículo
4 — NA (no aplica)

Si el tipo de restricción por carga corresponde a “Por peso máximo de vehículo” o “Por peso máximo de eje” se debe registrar el único valor correspondiente. Por otro lado, si el tipo de restricción corresponde a “Por tipo de vehículo” se debe registrar el valor para cada tipo de vehículo. Adicionalmente si existe restricción por carga se debe indicar si el paso está restringido al paso de sólo un vehículo a la vez por medio de una respuesta de “Sí” o “No”. Finalmente se debe indicar la restricción de carga existente es temporal o no (“Sí” o “No”). Por otro lado, si la restricción es por altura o ancho, se debe obtener esta medición en metros, si no existe tal restricción se debe</td></tr>
</table>

	indicar “NA” (no aplica).

Tabla A.10. Sección D del formulario de información básica.

D. Seguridad vial								
Sistema de contención vehicular (puente)	Tipo	Bordillo	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	NP
	Aguas arriba	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Aguas abajo	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Material	Acero	Concreto	Madera	Mampostería			NP
	Aguas arriba	☐	☐	☐	☐			☐
	Aguas abajo	☐	☐	☐	☐			☐
Sistema de contención vehicular (medianera)	Tipo	Bordillo	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	NP
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Material	Acero	Concreto	Madera	Mampostería			NP
		☐	☐	☐	☐			☐
Sistema de contención vehicular (accesos)	Tipo	Terminal de impacto		TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	NP
	Acceso n.° 1	☐ P	☐ NP	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Acceso n.° 2	☐ P	☐ NP	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Material	Acero	Concreto	Madera	Mampostería				NP
	Acceso n.° 1	☐	☐	☐	☐				☐
	Acceso n.° 2	☐	☐	☐	☐				☐
	Geometría	Longitud		Altura	Angulo de esviaje				
	Acceso n.° 1	m		m	o				
	Acceso n.° 2	m		m	o				
Estructura de señales elevadas		☐ P		☐ NP					
Iluminación		☐ P		☐ NP					
Acero inferior (paso a desnivel)		☐ P		☐ NP				☐ NA	
Pasarela peatonal (independiente)		☐ P		☐ NP					
Baranda o barrera peatonal	Material	Acero	Concreto	Madera	Mampostería				NP
	Aguas arriba	☐	☐	☐	☐				☐
	Aguas abajo	☐	☐	☐	☐				☐

Tabla A.11. Explicación de la Sección D del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
1. Tipo (sistema de contención vehicular) - puente	Se refiere al tipo de sistema de contención vehicular. Este se define de acuerdo con su nivel de contención según los criterios de “*AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*” (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2020). Este dato debe registrarse separadamente para el sistema existente aguas abajo y aguas arriba. En el caso de puentes donde únicamente existe un bordillo de seguridad, se deberá indicar la opción “Bordillo”. En el

Tabla A.11. Explicación de la Sección D del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
	caso de que no exista ningún sistema de contención vehicular se debe indicar la opción “NP” (no presenta). **Código** — **Tipo** 1 — Bordillo 2 — TL-1 3 — TL-2 4 — TL-3 5 — TL-4 6 — TL-5 7 — NP (no presenta)
2. Material (sistema de contención vehicular) - puente	Se refiere al material del que está compuesto el sistema de contención vehicular del puente en el caso de que exista. Este dato debe registrarse separadamente para el sistema existente aguas abajo y aguas arriba. En caso de que no exista un sistema de contención vehicular se debe indicar la opción “NP” (no presenta). En caso de existir combinación de materiales se deben marcar todos los materiales presentes (ejemplo: acero y concreto). **Código** — **Material** 1 — Acero 2 — Concreto 3 — Madera 4 — Mampostería 5 — NP (no presenta)
3. Tipo (sistema de contención vehicular) - medianera	En el caso de que exista un sistema de contención vehicular en el puente para dividir el sentido de circulación de dos carriles opuestos (medianera), se indicará el tipo de sistema de acuerdo con su nivel de contención según los criterios de “*AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*” (AASHTO, 2020). En el caso de puentes donde únicamente existe un bordillo de seguridad como medianera, se deberá indicar la opción “Bordillo”. En caso de que no exista ningún

Tabla A.11. Explicación de la Sección D del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
	sistema de contención vehicular se debe indicar la opción “NP” (no presenta). **Código** — **Tipo** 1 — Bordillo 2 — TL-1 3 — TL-2 4 — TL-3 5 — TL-4 6 — TL-5 7 — NP (no presenta)
4. Material (sistema de contención vehicular) - medianera	Se refiere al material del que está compuesto el sistema de contención vehicular de la medianera en caso de que exista. En el caso de puentes donde no exista un sistema de contención vehicular en la medianera se debe indicar la opción “NP” (no presenta). En caso de existir combinación de materiales se deben marcar todos los materiales presentes (ejemplo: acero y concreto) **Código** — **Material** 1 — Acero 2 — Concreto 3 — Madera 4 — Mampostería 5 — NP (no presenta)
5. Tipo (sistema de contención vehicular) – accesos	Se refiere al tipo de sistema de contención vehicular de los accesos. Este se define de acuerdo con su nivel de contención según los criterios de “*AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*” (AASHTO, 2020). Este dato debe registrarse separadamente para el sistema existente en ambos accesos (acceso n.° 1 y 2, numeración

Tabla A.11. Explicación de la Sección D del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
	realizada de acuerdo con la dirección de la vía según ítem 6. Dirección de la vía hacia de la Tabla A.5). En caso de que no exista se debe indicar la opción “NP” (no presenta). Si en un acceso, el nivel de contención aguas arriba y aguas abajo es distinto se deben marcas las dos opciones correspondientes en el acceso correspondiente. Adicionalmente se debe indicar mediante una respuesta de “P” (presenta) o “NP” (no presenta) si el tipo de sistema cuenta con una terminal amortiguadora de impacto y si esta condición difiere aguas arriba y abajo para un acceso se deben marcar ambas opciones. **Código** — **Tipo** 1 — TL-1 2 — TL-2 3 — TL-3 4 — TL-4 5 — TL-5 6 — NP (no presenta)
6. Material (sistema de contención vehicular) – accesos	Se refiere al material del que está compuesto el sistema de contención vehicular de los accesos en caso de que exista. Este dato debe registrarse separadamente para el sistema existente en ambos accesos (acceso n.° 1 y 2). En el caso de que no exista un sistema de contención vehicular en los accesos se debe indicar la opción “NP” (no presenta). En caso de existir combinación de materiales se deben marcar todos los materiales presentes (ejemplo: acero y concreto). **Código** — **Material** 1 — Acero 2 — Concreto 3 — Madera

Tabla A.11. Explicación de la Sección D del formulario de Información básica.

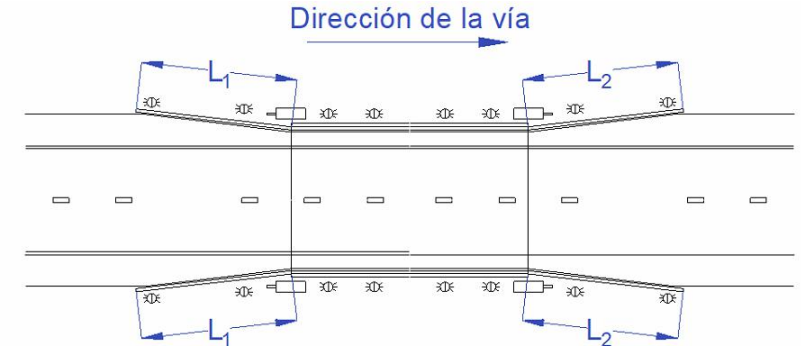
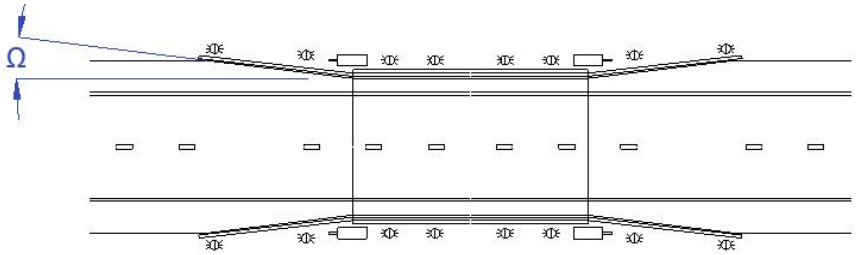
Ítem	Descripción
	4 Mampostería 5 NP (no presenta)
7. Longitud total (sistema de contención vehicular) – accesos	Se refiere a la distancia comprendida entre terminales de los sistemas de contención vehicular colocados en ambos accesos (ver Figura A.19). Este dato se debe registrar separadamente para ambos accesos (acceso n.° 1 y 2) sumando la longitud existente aguas arriba y aguas abajo, y recopilarse en metros.  **Figura A.19.** Longitud de guardavías (vista superior).
8. Ángulo de esviaje (sistema de contención vehicular) – accesos	Se refiere al promedio de ángulo “Ω” que forman las terminales de del sistema de contención vehicular de los accesos con respecto a un eje general en el sentido longitudinal del puente (ver Figura A.20). Este dato se debe registrar separadamente para ambos accesos (acceso n.° 1 y 2) y recopilarse en grados.  **Figura A.20.** Ángulo de esviaje en guardavías (vista superior).
9. Altura (sistema de contención vehicular) – accesos	Se refiere a la altura “h_g” del sistema de contención vehicular de los accesos con respecto al borde externo del carril (ver Figura A.21). Este dato se debe registrar separadamente para ambos accesos (acceso n.° 1 y 2) y recopilarse en metros.

Tabla A.11. Explicación de la Sección D del formulario de Información básica.

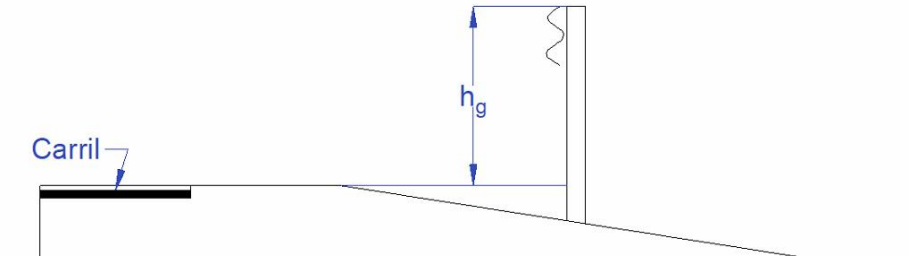
Ítem	Descripción
	 **Figura A.21.** Altura de guardavías.
10. Estructuras de señales elevadas	Este ítem es una respuesta de “P” (presenta) o “NP” (no presenta) y tiene como objetivo indicar la existencia o no de estructuras de señales elevadas sobre el puente.
11. Iluminación	Este ítem es una respuesta de “P” (presenta) o “NP” (no presenta) y tiene como objetivo indicar la existencia o no de iluminación sobre el puente y/o sus accesos.
12. Acera inferior (paso a desnivel)	En casos donde el puente salvaguarde el paso sobre una ruta (sea nacional o cantonal) se debe indicar a través de una respuesta de “P” (presenta) o “NP” (no presenta) la existencia o no de aceras en la vía inferior sobre la cual cruza la estructura. Cuando el puente cruce sobre un cuerpo de agua, línea férrea, camino privado o salvaguarde el paso sobre más de una ruta se debe indicar “NA” (no aplica).
13. Pasarela peatonal (independiente)	Este ítem es una respuesta de “P” (presenta) o “NP” (no presenta) y tiene como objetivo indicar la existencia de una estructura independiente del puente para la movilidad de peatones.
14. Material (barrera o baranda peatonal)	Se refiere al material del que está compuesto la barrera o baranda peatonal (ya sea del puente o de una estructura independiente para el paso de peatones en caso de que exista). Este dato debe registrarse separadamente para la barrera o baranda aguas abajo y aguas arriba. En el caso de que no exista se debe indicar “NP” (no presenta). En caso de existir combinación de materiales se deben marcar todos los materiales presentes (ejemplo: acero y concreto).

Tabla A.12. Sección E del formulario de Información básica.

E. Accesos y accesorios						
Superficie de desgaste (puente)	**Tipo**	☐ Concreto ☐ Acero ☐ NP ☐ Asfalto ☐ Madera				
	Espesor original	mm				
	Espesor sobrecapa	mm				
Entrada de sistema de drenaje (tablero)	**Tipo**	☐ Rejilla ☐ Drenaje a través de losa ☐ Ranura en base de sistema de contención vehicular ☐ NP				
Salida de sistema de drenaje (tablero)	**Tipo**	☐ Metálico ☐ Plástico ☐ NP				
Alineamiento horizontal (accesos)	**Tipo**	Recto	Curvo			
	Acceso n.° 1	☐	☐			
	Acceso n.° 2	☐	☐			
Superficie de ruedo (accesos)	**Tipo**	Asfalto	Concreto	Grava		
	Acceso n.° 1	☐	☐	☐		
	Acceso n.° 2	☐	☐	☐		
Losa de aproximación	**Tipo**	Concreto reforzado	Concreto presforzado	NP	NI	
	Acceso n.° 1	☐	☐	☐	☐	
	Acceso n.° 2	☐	☐	☐	☐	
Sistema de drenaje (accesos)	**Tipo**	Concreto	Metálico	Plástico	Canal natural	NP
	Acceso n.° 1	☐	☐	☐	☐	☐
	Acceso n.° 2	☐	☐	☐	☐	☐
Obras de retención no integrales (accesos)	**Tipo**	Concreto ciclópeo	Concreto reforzado	Gaviones	Suelo cosido	
	Acceso n.° 1	☐	☐	☐	☐	
	Acceso n.° 2	☐	☐	☐	☐	
	Tipo	Tierra armada	Tablestaca	Mampostería	NP	
	Acceso n.° 1	☐	☐	☐	☐	
	Acceso n.° 2	☐	☐	☐	☐	

Tabla A.13. Explicación de la Sección E del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
1. Superficie de desgaste (puente)	Se refiere al tipo de superficie de desgaste colocada sobre el puente. Cuando exista una superficie de asfalto se debe indicar su espesor en milímetros, tanto de la capa original como de la sobrecapa (en caso de que exista). Únicamente se debe indicar una superficie de desgaste de concreto cuando en planos se señale explícitamente un sobreespesor adicional al recubrimiento del acero de refuerzo y este debe ser registrado. La opción “NP” (no presenta) se debe indicar

Tabla A.13. Explicación de la Sección E del formulario de Información básica.

<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td></td><td>cuando haya evidencia en planos de que el puente debe contar con una superficie de desgaste de asfalto (siempre y cuando no sea una previsión futura) y esta no se encuentre colocada o cuando simultáneamente no exista superficie de asfalto ni en planos venga indicado un sobreespesor adicional al recubrimiento del acero de refuerzo. Finalmente, si la superficie es de acero, madera o no existe se deberá registrar el tipo correspondiente e indicar “NA” (no aplica) en los espacios de “espesor original” y “espesor sobrecapa”.

Código — Tipo de superficie de desgaste (puente)
1 — Concreto
2 — Asfalto
3 — Acero
4 — Madera
5 — NP (no presenta)</td></tr>
<tr><td>2. Sistema de drenaje (tablero) - entrada</td><td>Se refiere al tipo de sistema (entrada) de drenaje sobre el puente (ver Figura A.22). En el caso de que no exista se debe indicar la opción “NP” (no presenta).

Código — Tipo de sistema de drenaje (entrada-tablero)
1 — Rejilla
2 — Drenaje a través de losa
3 — Ranuras en base del sistema de contención vehicular
4 — NP (no presenta)

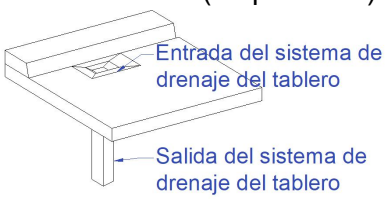
 

Figura A.22. Componentes del sistema de drenaje del tablero (sistema de entrada y salida).</td></tr>
<tr><td>3. Sistema de drenaje (tablero) -</td><td>Se refiere al tipo de sistema (salida) de drenaje sobre el puente (ver Figura A.22). En el caso de que no exista se debe indicar la</td></tr>
</table>

Tabla A.13. Explicación de la Sección E del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
salida	opción “NP” (no presenta). **Código** — **Tipo de sistema de drenaje (salida-tablero)** 1 — Metálico 2 — Plástico 3 — NP (no presenta)
4. Alineamiento horizontal (accesos)	Se refiere al alineamiento horizontal de la carretera en los accesos del puente. Este dato debe registrarse separadamente para ambos accesos del puente (acceso n.° 1 y 2). **Código** — **Alineamiento horizontal (accesos)** 1 — Recto 2 — Curvo
5. Superficie de ruedo (accesos)	Se refiere al tipo de superficie de ruedo colocada en los accesos, es decir. No debe confundirse con el material de la losa de aproximación cuando esta se encuentra expuesta o visible. Este dato debe registrarse separadamente para ambos accesos del puente (acceso n.° 1 y 2). **Código** — **Tipo de superficie de ruedo (accesos)** 1 — Concreto 2 — Asfalto 3 — Grava
6. Losa de aproximación	Se refiere al tipo de losa aproximación de los accesos. Este dato debe registrarse separadamente para ambos accesos del puente (acceso n.° 1 y 2). Este dato se puede encontrar en los planos del puente; de no contar con los planos, se debe consultar con algún oficial de gobierno ya sea en la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. En el caso de que no exista losa de aproximación se debe indicar la información “NP” (no presenta). Esta

Tabla A.13. Explicación de la Sección E del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
	opción solamente puede ser indicada cuando el inspector tenga plena certeza de que no exista. Es importante considerar que en algunos casos la losa de aproximación puede encontrarse debajo de un relleno, por lo que podría no estar visible. Finalmente, si no existe información, se debe indicar “NI” (no se tiene información) **Código** — **Tipo de losa de aproximación** 1 — Concreto reforzado 2 — Concreto preesforzado 3 — NP (no presenta) 4 — NI (no se tiene información)
7. Sistema de drenaje (accesos)	Se refiere al tipo sistema de drenaje de los accesos. Este dato debe registrarse separadamente para ambos accesos del puente (acceso n.° 1 y 2). En el caso de que no exista se debe indicar la opción “NP” (no presenta). **Código** — **Tipo de sistema de drenaje (accesos)** 1 — Concreto 2 — Metálico 3 — Plástico 4 — Canal natural 5 — NP (no presenta)
8. Obras de retención (accesos)	Se refiere al tipo de obras de retención de los accesos. Este dato debe registrarse separadamente para ambos accesos del puente (acceso n.° 1 y 2). En el caso de que no existan obras de retención en los accesos, se debe indicar la opción “NP” (no presenta). **Código** — **Tipo de obra de retención no integral** 1 — Concreto ciclópeo 2 — Concreto reforzado

Tabla A.13. Explicación de la Sección E del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción	
	3	Gaviones
	4	Suelo cosido
	5	Tierra armada
	6	Tablestaca
	7	Mampostería
	8	NP (no presenta)

Tabla A.14. Sección E del formulario de Información básica.

F. Claro libre y sección transversal										
Altura libre vertical	Superior	m	Ancho de vía acceso n.° 1	m	Ancho de vía acceso n.° 2	m				
	Inferior	m								
Sección transversal						Ancho entre bordillos		m	Ancho total	m
Ítems	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W (m)										
H (m)										
A (m)										
V (m)										

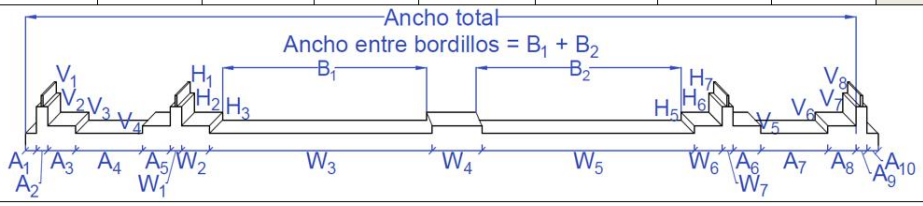


Tabla A.15. Explicación de la Sección E del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
1. Altura libre vertical	Se debe obtener las medidas en metros de la altura libre vertical tanto superior como inferior: • Altura libre vertical superior: distancia superior que existe desde la rasante al elemento estructural más bajo que esté sobre esta rasante y que pueda restringir el paso de vehículos a través del puente. En el caso de las cerchas de paso inferior, esta es la altura entre la rasante del puente y la elevación inferior del portal o

Tabla A.15. Explicación de la Sección E del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
	armadura frontal de la cercha. En puentes donde no existan elementos estructurales que restrinjan el paso libre de vehículos sobre el puente se debe indicar “NA” (no aplica). • Altura libre vertical inferior: distancia inferior que existe entre el nivel de agua máximo esperado (obtenido en planos, del estudio hidrológico-hidráulico o según evidencias en el sitio), o de la rasante del paso inferior al punto más bajo de cualquier elemento estructural del puente en el caso de pasos a desnivel o viaductos. Cuando el nivel de agua máximo esperado no esté en planos, la medida se debe tomar según indicios visibles tales como: marcas de agua en la subestructura, marcas en la vegetación (altura a la que se encuentran expuestas las raíces), evidencia de escombros acumulados en algún componente del puente, y de ser posible el testimonio de algún vecino de la zona que identifique niveles de inundación para respaldar el dato de agua máxima.
2. Ancho de vía de acceso	Espacio en la vía de acceso del puente medido entre bordes asfaltados. En la mayoría de los casos este ancho es mayor que el ancho de la calzada del puente. Este dato debe registrarse separadamente para ambos accesos del puente (acceso n.° 1 y 2).
3. Sección transversal	Deben obtenerse las medidas en metros del ancho total del puente, el ancho entre bordillos y otras medidas de la sección transversal del puente. • Ancho total: Espacio comprendido entre los bordes exteriores de los elementos extremos de la sección transversal del puente. El ancho del puente es la suma del ancho de la calzada, aceras o pasarelas peatonales y barreras del sistema de contención vehicular. En el caso en que las barreras de contención estén sujetas lateralmente al bordillo, no se considerarán dentro del ancho del puente y por lo tanto no se debe anotar el ancho de la misma en “W_1” ni en “W_7”. • Ancho entre bordillos: Corresponde a la distancia comprendida entre las partes internas de los bordillos. En el caso de puentes con medianera, se toma como el ancho efectivo, simbolizado

Tabla A.15. Explicación de la Sección E del formulario de Información básica.

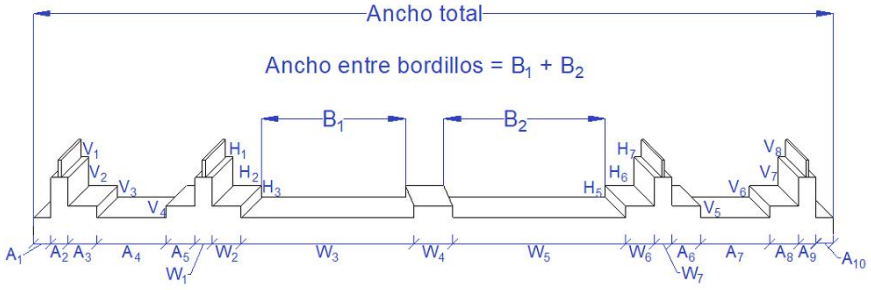
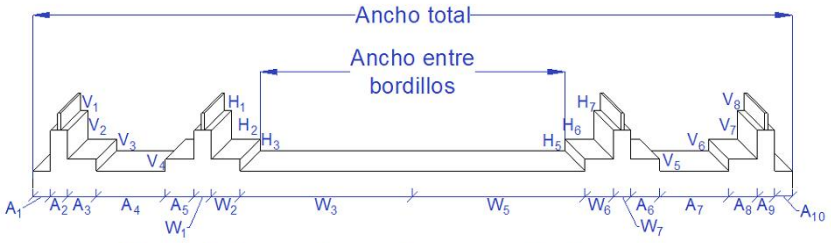
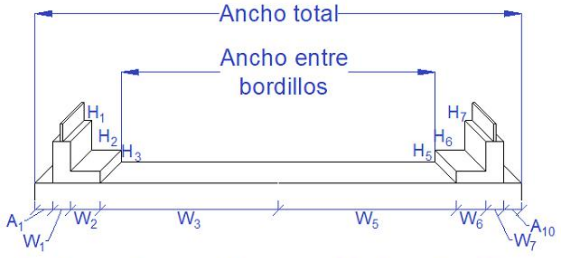
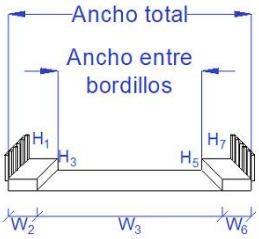
Ítem	Descripción
	como la suma de "B_1" y "B_2" en la Figura A.23. La Figura A.23 muestra las medidas a tomar en la sección transversal del puente, las cuales se deben registrar de izquierda a derecha de acuerdo con la dirección de la vía (ver ítem 6. Dirección de la vía hacia de la Tabla A.5). Cuando el puente sea de un solo carril se debe registrar el ancho de carril en "W_3". Cuando un elemento no esté presente en la sección transversal del puente se debe registrar un valor de "0" (sea un carril, acera o pasarela peatonal, barrera o medianera). La Figura A.24 muestra ejemplos de cómo recopilar esta información para distintas secciones transversales de puentes.  **Figura A.23.** Sección transversal.  Puente de dos carriles, con barreras vehiculares, aceras separadas y barandas para el paso de peatones  Puente de dos carriles, con barrera vehicular y bordillo para paso de peatones

Tabla A.15. Explicación de la Sección E del formulario de Información básica.

Ítem	Descripción
	 Puente de un carril, con bordillos y barandas adosadas de forma externa **Figura A.24.** Ejemplos de secciones transversales.

A.3 Descripción de los formularios de detalle de la superestructura

Corresponde a la información técnica relevante de los diferentes elementos de la o las superestructuras que componen el puente. Se definen diferentes tipos de formulario para cada tipo de superestructura. Debe completarse un formulario de inventario por cada superestructura del puente. Todos los formularios del detalle de la superestructura se encuentran divididos en tres secciones (identificadas con letras de la A a la C), las cuales se muestran en la Figura A.25.

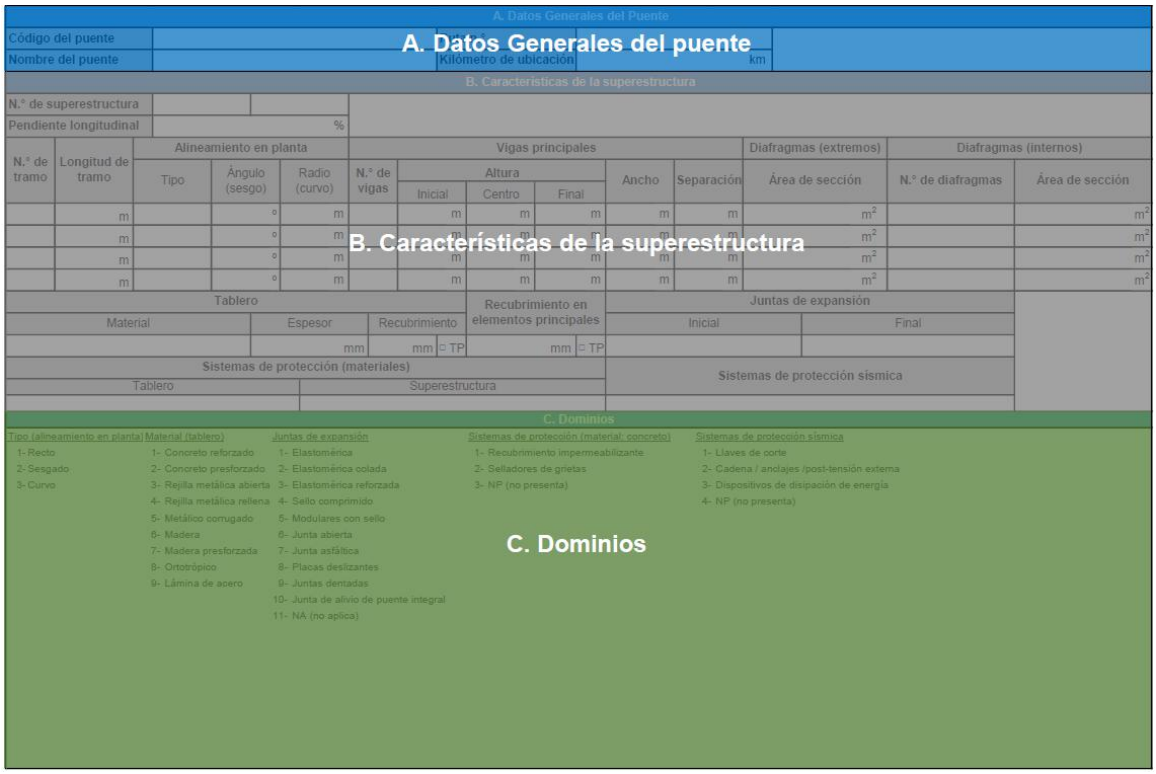


Figura A.25. Secciones del formulario de Detalle de la superestructura.

La sección **A. Datos generales del puente** del formulario del detalle de la superestructura, corresponde a un apartado resumido de la sección que lleva el mismo nombre en el formulario de información básica (ver Tabla A.4 y A.5)

Tabla A.16. Sección A del formulario de Detalle de la superestructura.

A. Datos Generales del Puente				
Código del puente		**Ruta n.°**		
Nombre del puente		**Kilómetro de ubicación**	km	

La sección **C. Dominios**, corresponde a una sección que indica al inspector sobre las opciones disponibles o dominios para llenar un ítem específico en un formulario particular (ver ejemplo de la Tabla A.17). Tal como se indicó en la Sección A.2 del MP-2024 Tomo I, los

dominios corresponden a un término utilizado en bases de datos relacionales para referirse a restricciones en los valores, numéricos o no, a ser utilizados por un atributo.

Tabla A.17. Sección C del formulario de Detalle de la superestructura.

C. Dominios				
Tipo (alineamiento en planta)	Material (tablero)	Juntas de expansión	Sistemas de protección (material: concreto)	Sistemas de protección sísmica
1- Recto	1- Concreto reforzado	1- Elastomérica	1- Recubrimiento impermeabilizante	1- Llaves de corte
2- Sesgado	2- Concreto presforzado	2- Elastomérica colada	2- Selladores de grietas	2- Cadena / anclajes /post-tensión externa
3- Curvo	3- Rejilla metálica abierta	3- Elastomérica reforzada	3- NP (no presenta)	3- Dispositivos de disipación de energía
	4- Rejilla metálica rellena	4- Sello comprimido		4- NP (no presenta)
	5- Metálico corrugado	5- Modulares con sello		
	6- Madera	6- Junta abierta		
	7- Madera presforzada	7- Junta asfáltica		
	8- Ortotrópico	8- Placas deslizantes		
	9- Lámina de acero	9- Juntas dentadas		
		10- Junta de alivio de puente integral		
		11- NA (no aplica)		

Finalmente, la sección **B. Características de la superestructura** es particular de cada tipo de superestructura, por lo que a continuación se explica los diferentes ítems incluidos en cada formulario según el tipo de superestructura.

A.3.1 Superestructura tipo vigas de concreto reforzado (IN-SP-01)

Tabla A.18. Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto reforzado.

B. Caracteristicas de la superestructura														
N.° de superestructura														
Pendiente longitudinal		%												
N.° de tramo	**Longitud de tramo**	**Alineamiento en planta**			**Vigas principales**						**Diafragmas (extremos)**	**Diafragmas (internos)**		
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)	**N.° de vigas**	**Altura**			**Ancho**	**Separación**	**Área de sección**	**N.° de diafragmas**	**Área de sección**	
						Inicial	Centro	Final						
	m		°	m		m	m	m	m	m	m^2		m^2	
	m		°	m		m	m	m	m	m	m^2		m^2	
	m		°	m		m	m	m	m	m	m^2		m^2	
	m		°	m		m	m	m	m	m	m^2		m^2	
Tablero						**Recubrimiento en elementos principales**	**Juntas de expansión**							
Material		Espesor	Recubrimiento				Inicial	Final						
		mm	mm ▫ TP			mm ▫ TP								
Sistemas de protección (materiales)							**Sistemas de protección sísmica**							
Tablero		Superestructura												

Tabla A.19. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto reforzado.

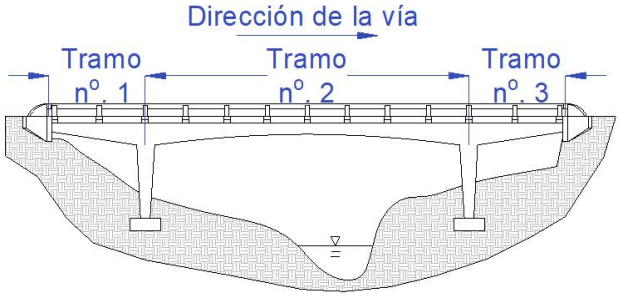
Ítem	Descripción
1. Número de superestructura	Se indica el número de superestructura “X” al que corresponde el formulario en cuestión y seguido el número total de superestructuras “XX” que componen el puente. La numeración de las superestructuras de un puente se realiza de acuerdo con el ítem 4. Número de superestructuras de la Tabla A.7.
2. Pendiente longitudinal	Es el porcentaje de la inclinación longitudinal de la superestructura. Se define como positiva si la pendiente va en ascenso en la misma dirección de la vía y negativa en caso contrario (ver ítem 6. Dirección de la vía de la Tabla A.5). En el caso de que el porcentaje de inclinación varíe a lo largo de la superestructura se debe registrar el valor promedio de al menos tres lecturas (tomadas al inicio, centro y final de la superestructura respectivamente).
3. Número de tramo	Se incluye una fila por cada tramo que posea la superestructura (1, 2, 3, …, N). Se debe registrar la totalidad de la información solicitada para cada uno de los tramos de la superestructura. Como se puede observar en la Tabla A.18 el formulario físico incluye un total de cuatro filas, por lo que en caso de que el puente cuente con una cantidad de tramos superior a dicho número se deberá continuar el registro y numeración de los otros tramos en hojas adicionales según se requiera.
4. Longitud de tramo	Es la distancia comprendida entre línea de centro de apoyos entre subestructura adyacentes y cambios entre superestructuras (ver Figura A.26 e ítem 5. Número de tramos de la Tabla A.7). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.26.** Longitud de tramos de una superestructura (vista en

Tabla A.19. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto reforzado.

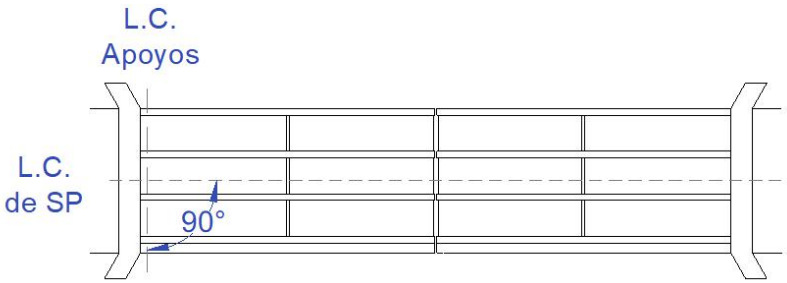
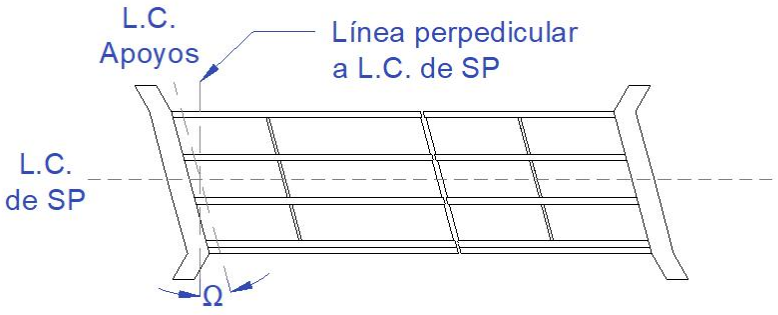
Ítem	Descripción
	elevación).
5. Alineamiento en planta	Se refiere al alineamiento en planta de la superestructura respecto a la línea de centro de la misma. Existen tres tipos de alineación en planta: • Recto: Cuando la línea centro de apoyos de la superestructura es perpendicular (ángulo 90°) a la línea de centro de la misma (ver Figura A.27).  **Figura A.27.** Alineación recta en superestructura (vista superior sin tablero). • Sesgado: Cuando la línea centro de apoyos de la superestructura no es perpendicular (ángulo 90°) a la línea de centro de la misma (ver Figura A.28). Cuando la superestructura es sesgada, debe medirse el ángulo de sesgo (Ω) como el ángulo formado entre la línea de centro de apoyos y una línea perpendicular a la línea de centro de la superestructura. Si el ango de sesgo es distinto en ambos extremos de la superestructura se deben anotar el mayor valor. Este valor debe medirse en grados. 

Tabla A.19. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto reforzado.

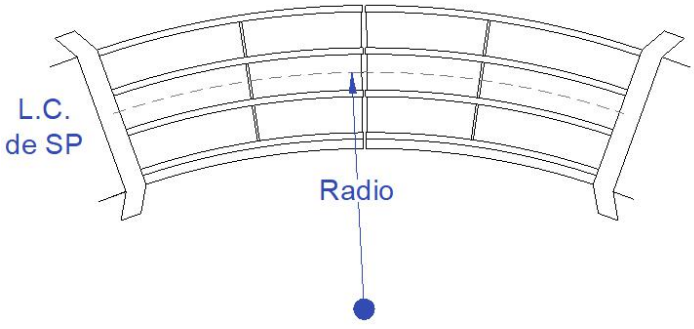
Ítem	Descripción
	Figura A.28. Alineación con sesgo en superestructura (vista superior sin tablero).
	• Curvo: El alineamiento del eje central de la superestructura forma una curva a lo largo de esta. Cuando la superestructura es curva se debe anotar el radio de curvatura del eje central de la superestructura en metros (ver Figura A.29). Debe diferenciarse este tipo de alineamiento respecto aquellos puentes que aparentan ser curvos, pero que en realidad su curvatura se debe a la colocación de varias superestructuras con ángulo de sesgo distinto, por lo que en este caso cada superestructura se debe registrar con alineamiento en planta “sesgada” (ver Figura A.30).  **Figura A.29.** Alineación curva en superestructura (vista superior sin tablero).

Tabla A.19. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto reforzado.

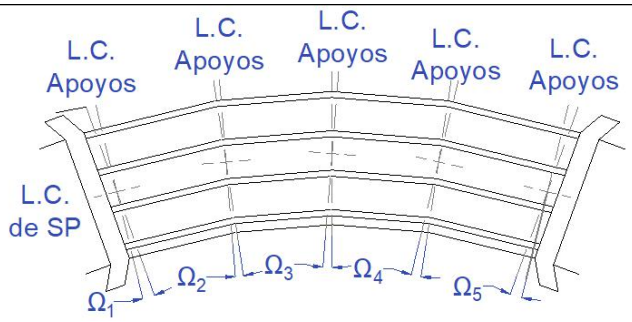
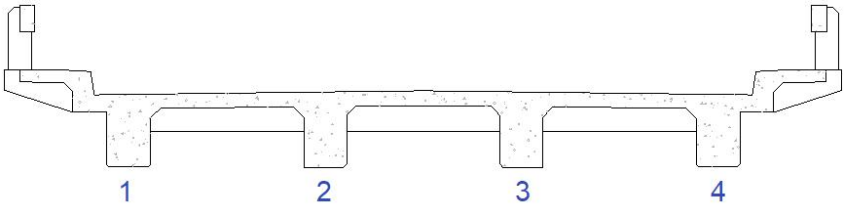
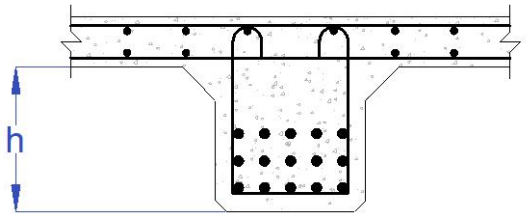
Ítem	Descripción
	 **Figura A.30.** Alineación con sesgo en superestructura (vista superior sin tablero). **Código** — **Alineación en planta** 1 — Recto 2 — Sesgado 3 — Curvo
6. Número de vigas (vigas principales)	Se refiere al número de vigas principales que conforma la superestructura (ver Figura A.31).  **Figura A.31.** Número de vigas principales de concreto reforzado.
7. Altura (vigas principales)	Se refiere a la altura de las vigas principales. Se mide desde la cara inferior de la viga a la cara inferior del tablero. Está simbolizado como “h” en la Figura A.32). Este dato se debe recopilar en metros. 

Tabla A.19. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto reforzado.

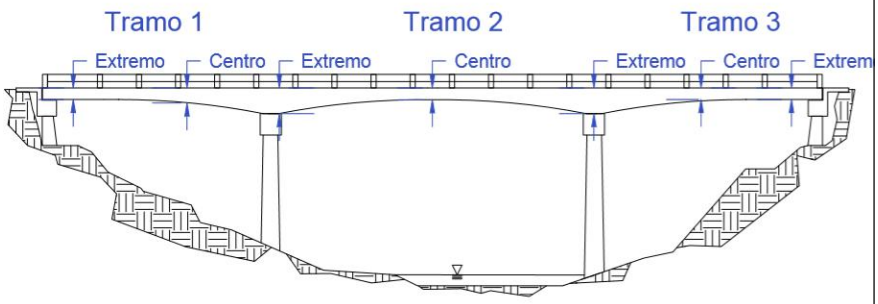
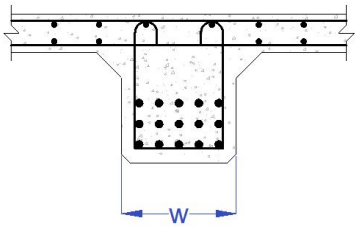
Ítem	Descripción
	Figura A.32. Altura en vigas principales de concreto reforzado. En superestructuras con vigas principales de sección variable, se debe recopilar la altura al centro y extremos (inicial y final) de cada tramo (ver Figura A.33). En superestructuras con vigas de sección constante, se debe registrar el mismo valor en cada casilla (inicial, centro y final).  **Figura A.33.** Altura en vigas principales de sección variable
8. Ancho (vigas principales)	Se refiere al ancho de las vigas principales, simbolizado como “w” en la Figura A.34. Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.34.** Ancho en vigas principales de concreto reforzado.
9. Separación (vigas principales)	Se refiere a la separación entre vigas principales (ver Figura A.35). Esta distancia se registra como la separación entre las líneas de centro de las vigas principales adyacentes, simbolizada como “s” en la Figura A.35. En puentes donde existan diferentes separaciones entre las vigas principales, el inspector deberá colocar la separación promedio. Este dato se debe recopilar en metros.

Tabla A.19. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto reforzado.

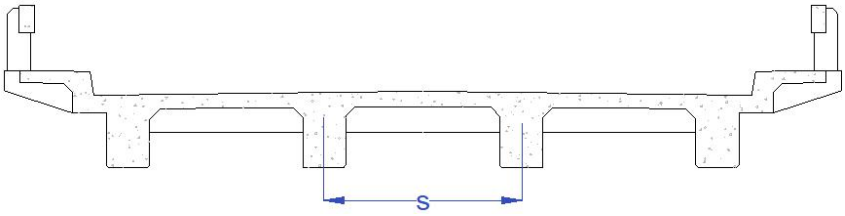
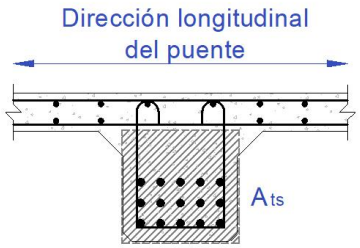
Ítem	Descripción
	 **Figura A.35.** Separación en vigas principales de concreto reforzado.
10. Área de sección (diafragmas extremos)	Se refiere al área de la sección transversal del elemento, simbolizada como "A_{ts}" en la Figura A.36. Se deben medir todas las dimensiones necesarias para obtener un área transversal aproximada del elemento. Este dato se debe recopilar en metros cuadrados. En caso de que la superestructura no posea este elemento se debe indicar "NA" (no aplica).  **Figura A.36.** Área de sección.
11. Área de sección (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 10. Área de sección de esta tabla. En caso de que la superestructura no posea este elemento se debe indicar "NA" (no aplica).
12. Número de diafragmas (diafragmas internos)	Se refiere al número de diafragmas internos de cada tramo en cuestión. No se deben contabilizar los diafragmas ubicados en los extremos de cada tramo (ver Figura A.37). En caso de que la superestructura no posea este elemento se debe indicar "NA" (no aplica).

Tabla A.19. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto reforzado.

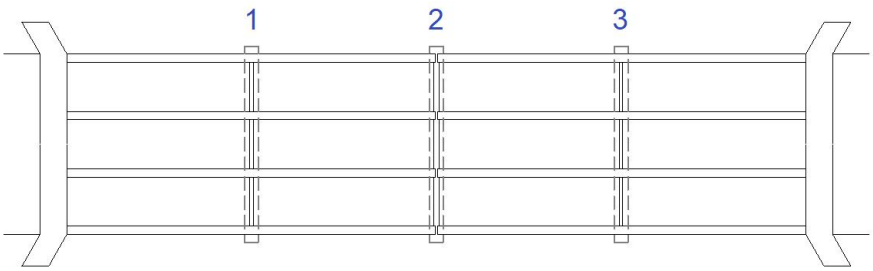
<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td></td><td> 

Figura A.37. Número de diafragmas internos (vista superior sin tablero).</td></tr>
<tr><td>13. Tablero</td><td>Se refiere al material del que está conformado el tablero de la superestructura. Para el caso de tableros de concreto reforzado y presforzado, se debe indicar el espesor en metros y si este es variable se debe colocar un promedio de la sección transversal (ver Figura A.38); además, únicamente si el puente cuenta con planos debe registrarse el recubrimiento del acero de refuerzo en el tablero, el cual puede tomarse de planos, en cuyo caso debe marcarse la opción “TP” (tomado de planos) o verificarse mediante técnicas no destructivas según el reporte “Report on Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures (228.2R-13)” (American Concrete Institute [ACI], 2013) denominado de aquí en adelante como ACI 228.2R-13 2013 (ver también Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I). En el caso de que el recubrimiento sea diferente en ambas caras del tablero (cara superior e inferior) se deberá colocar el menor de ambos valores. Cuando no exista planos se debe indicar “NI” (no se tiene información) en el campo correspondiente al espesor. En el caso de tableros de otro tipo se debe indicar “NA” (no aplica) en los espacios correspondientes al espesor y el recubrimiento.
<table>
<tr><th>Código</th><th>Tablero</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Concreto reforzado</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Concreto presforzado</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Rejilla metálica abierta</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Tabla A.19. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto reforzado.

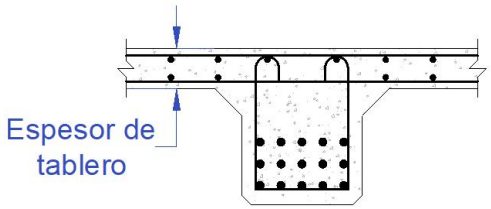
Ítem	Descripción
	4 Rejilla metálica rellena 5 Metálico corrugado 6 Madera 7 Madera presforzada 8 Ortotrópico 9 Lámina de acero  **Figura A.38.** Espesor de tablero.
14. Recubrimiento en elementos principales	Se refiere al recubrimiento del acero de refuerzo en los elementos principales de concreto. Únicamente si el puente cuenta con planos debe registrarse este valor, ya sea tomado de planos o verificado mediante técnicas no destructivas según ACI 228.2R-13 2013 (ver también Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I). En caso de que este valor sea tomado de planos se debe marcar adicionalmente la opción “TP” (tomado de planos). En caso de no tener planos se debe indicar “NI” (no se tiene información).
15. Juntas de expansión	Se refiere al tipo de junta de expansión (inicial y final) en la superestructura. La junta inicial y final deben definirse de acuerdo con la dirección de la vía (ver ítem 6. Dirección de la vía hacia de la Tabla A.5). En caso de que las juntas se encuentren cubiertas con asfalto y no sea posible identificar su tipo en el sitio del puente, se deberá indicar el tipo de acuerdo con lo señalado en planos y en última instancia en caso de que esta no se encuentre especificada se deberá registrar como una junta abierta. Cualquiera de las situaciones anteriores descritas deberá registrarse en el formulario de

Tabla A.19. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto reforzado.

Ítem	Descripción
	comentarios (v. **CM**). **Código** — **Juntas de expansión** 1 — Elastomérica 2 — Elastomérica colada 3 — Elastomérica reforzada 4 — Sello comprimido 5 — Modulares con sello 6 — Junta abierta 7 — Junta asfáltica 8 — Placas deslizantes 9 — Junta dentada 10 — Junta de alivio de puente integral 11 — NA (no aplica)
16. Sistemas de protección (materiales)	Se refiere al tipo sistema de protección para elementos de concreto. Este ítem debe registrarse separadamente para el tablero y la superestructura. En el caso de que no existan sistemas de protección se debe indicar la opción “NP” (no presenta). **Código** — **Sistema de protección para elementos de concreto** 1 — Recubrimientos impermeabilizantes 2 — Selladores de grietas 3 — NP (no presenta)
17. Sistemas de protección sísmica	Se refiere al tipo sistema de protección sísmica de la superestructura. En el caso de que no existan sistemas de protección sísmica se debe indicar la opción “NP” (no presenta).

Tabla A.19. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto reforzado.

Ítem	Descripción	
	Código	**Tipo de sistema**
	1	Llaves de corte
	2	Cadena / Anclajes /Post-tensión externa
	3	Dispositivos de disipación de energía
	4	NP (no presenta)

A.3.2 Superestructura tipo vigas de concreto presforzado (IN-SP-02).

Tabla A.20. Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto presforzado.

B. Características de la superestructura																			
N.° de superestructura																			
Pendiente longitudinal		%																	
N.° de tramo	Longitud de tramo	Alineamiento en planta			Vigas principales											Diafragmas (extremos)	Diafragmas (internos)		
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)	Tipo de sección	N.° de vigas	Altura	Espesor alma	Ancho alas		Espesor alas		Separación	Área de sección		N.° de diafragmas	Área de sección		
									Superior	Inferior	Superior	Inferior							
	m		°	m			m	m	m	m	m	m	m	m^2			m^2		
	m		°	m			m	m	m	m	m	m	m	m^2			m^2		
	m		°	m			m	m	m	m	m	m	m	m^2			m^2		
	m		°	m			m	m	m	m	m	m	m	m^2			m^2		
Tablero							Recubrimiento en elementos principales		Juntas de expansión										
Material		Espesor		Recubrimiento					Inicial		Final								
		mm		mm	▫ TP		mm	▫ TP											
Sistemas de protección (materiales)									Sistemas de protección sísmica										
Tablero		Superestructura																	

Tabla A.21. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto presforzado.

Ítem	Descripción
1. Número de superestructura	Refiérase al ítem 1. Número de superestructura de la Tabla A.19.
2. Pendiente longitudinal	Refiérase al ítem 2. Pendiente longitudinal de la Tabla A.19.
3. Número de tramo	Refiérase al ítem 3. Número de tramo de la Tabla A.19.
4. Longitud de tramo	Refiérase al ítem 4. Longitud de tramo de la Tabla A.19.

Tabla A.21. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto presforzado.

<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td>5. Alineamiento en planta</td><td>Refiérase al ítem 5. Alineamiento en planta de la Tabla A.19.</td></tr>
<tr><td>6. Tipo de sección (vigas principales)</td><td>Se refiere al tipo de sección transversal en elementos de concreto presforzado (ver tipos de sección de la Figura A.39 a la Figura A.43)

Código — Tipo de sección
1 — Tipo I
2 — Bulbo
3 — Tipo T
4 — Doble T
5 — Canaleta</td></tr>
<tr><td>7. Número de vigas (vigas principales)</td><td>Se refiere al número de vigas principales que conforman la superestructura. De la Figura A.39 a la Figura A.43 se muestra cómo se debe recopilar este dato según los diferentes tipos de sección transversal en elementos de concreto presforzado.

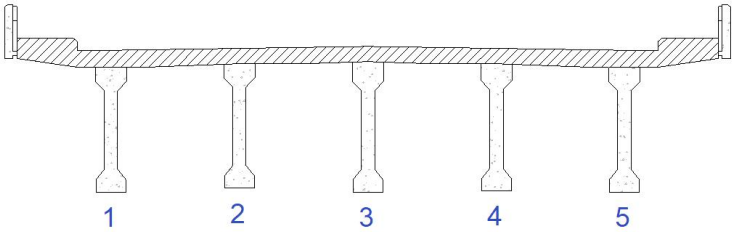
 

Figura A.39. Número de vigas presforzadas tipo I.

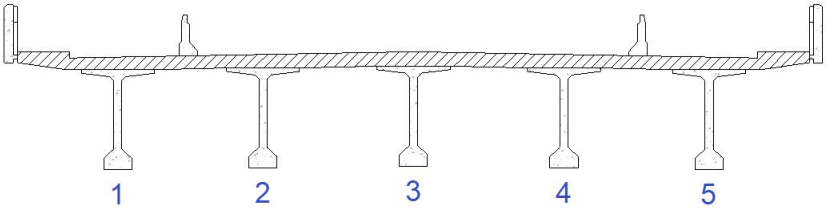
 

Figura A.40. Número de vigas presforzadas tipo bulbo.</td></tr>
</table>

Tabla A.21. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto presforzado.

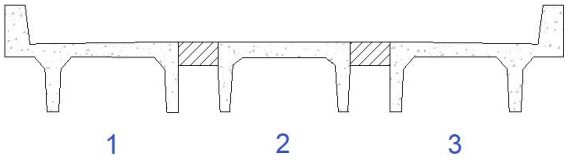
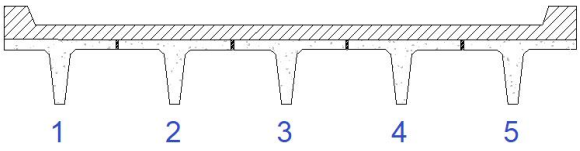
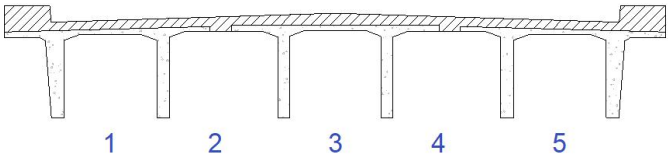
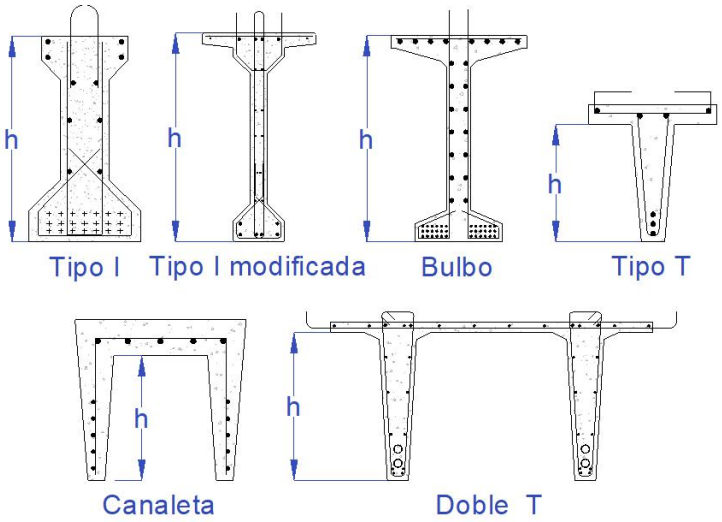
Ítem	Descripción
7. Número de vigas (vigas principales) *(continuación)*	 **Figura A.41.** Número de vigas presforzadas tipo canaleta.  **Figura A.42.** Número de vigas presforzadas tipo T.  **Figura A.43.** Número de vigas presforzadas tipo doble T.
8. Altura (vigas principales)	Se refiere a la altura de las vigas principales. En la Figura A.44 se muestra cómo se debe recopilar la altura (simbolizada como “h”), según los diferentes tipos de sección transversal en elementos de concreto presforzado. Es importante indicar que tal como se muestra en la Figura A.44, esta dimensión no incluye el espacio que en casos existe entre la cara superior de la viga y la cara inferior del tablero (ver Figura A.45). Este dato se debe recopilar en metros. 

Tabla A.21. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto presforzado.

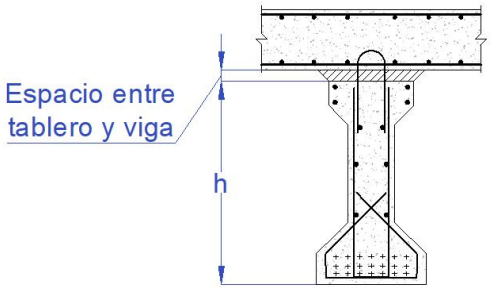
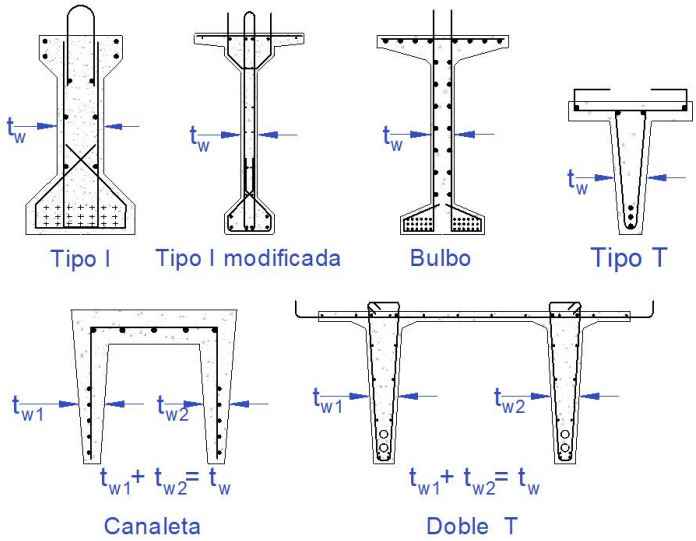
Ítem	Descripción
	Figura A.44. Altura en vigas principales de concreto presforzado.  **Figura A.45.** Espacio entre cara superior de la viga y cara inferior tablero.
9. Espesor alma (vigas principales)	Se refiere al espesor del alma de las vigas principales. En el caso de vigas principales con secciones transversales tipo “Doble T” o “Canaleta” se debe registrar este dato como la sumatoria de los espesores que conforman el alma de la sección. Cuando se trate de vigas principales con almas de espesor variable, debe medirse este valor a una altura media de la sección para así obtener un espesor promedio. En la Figura A.46 se muestra cómo se debe recopilar este dato (simbolizado como “t_w”) en algunos tipos de sección transversal de elementos de concreto presforzado. Este dato se debe recopilar en metros. 

Tabla A.21. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto presforzado.

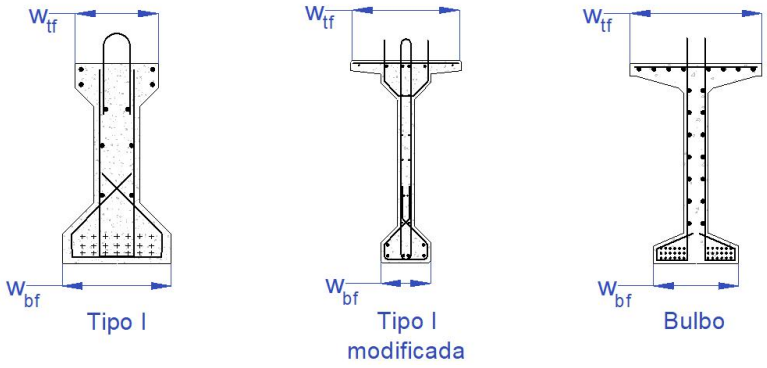
Ítem	Descripción
	Figura A.46. Espesor de alma en vigas principales de concreto presforzado
10. Ancho alas (vigas principales)	Se refiere al ancho de las alas de las vigas principales. En el caso de vigas principales con secciones transversales de tipo “T”, “Doble T”, o “Canaleta” no debe registrarse este dato, por lo que debe indicarse “NA” (no aplica). En la Figura A.47 se muestra cómo debe recopilarse este dato según los diferentes tipos de sección transversal en elementos de concreto presforzado (se simboliza el ancho de alas inferiores como “w_{bf}” y el ancho de alas superiores como “w_{tf}”). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.47.** Ancho de alas en vigas principales de concreto presforzado.
11. Espesor alas (vigas principales)	Se refiere al espesor de las alas de las vigas principales. Cuando se trate de vigas principales con secciones transversales tipo “I” o “Bulbo”, se debe medir este valor a un espesor medio de la sección del ala para así obtener un espesor promedio. En el caso de vigas principales con secciones transversales de tipo “T”, “Doble T”, o “Canaleta” no se debe registrar este dato, por lo que debe indicarse “NA” (no aplica). En la Figura A.48 se muestra cómo se debe recopilar este dato según los diferentes tipos de sección transversal en elementos de concreto presforzado (se simboliza el espesor de alas inferiores como “T_{bf}” y el ancho de alas superiores como “T_{tf}”). Este dato se debe recopilar en metros.

Tabla A.21. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto presforzado.

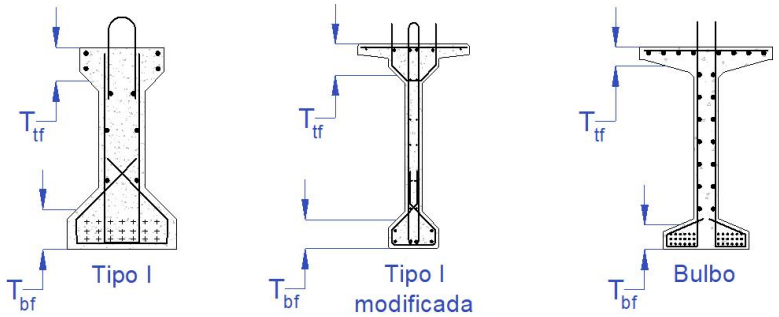
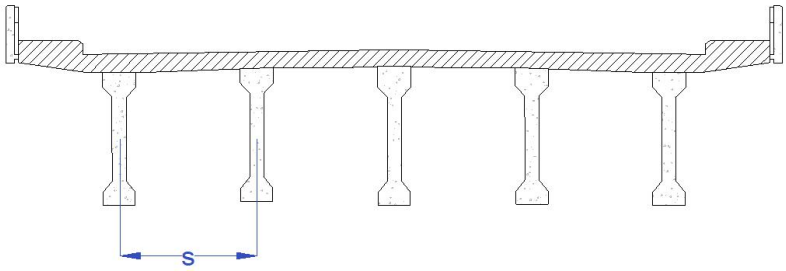
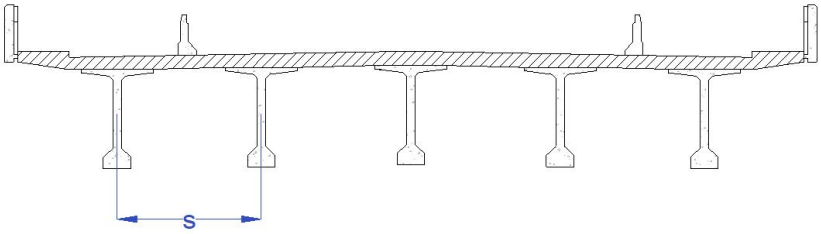
Ítem	Descripción
	 **Figura A.48**. Espesor del alma en vigas principales de concreto presforzado.
12. Separación (vigas principales)	Se refiere a la separación entre vigas principales. Esta distancia se registra como la separación entre la línea de centro de vigas principales adyacentes. En superestructuras donde existan diferentes separaciones entre vigas principales, el inspector deberá colocar la separación promedio. De la Figura A.49 a la Figura A.53 se muestra cómo se debe recopilar este dato (simbolizado como “s”) en los diferentes tipos de sección transversal de elementos de concreto preesforzado. Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.49.** Separación en vigas principales (vigas presforzadas tipo I).  **Figura A.50.** Separación en vigas principales (vigas presforzadas

Tabla A.21. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto presforzado.

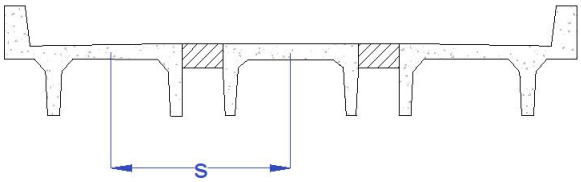
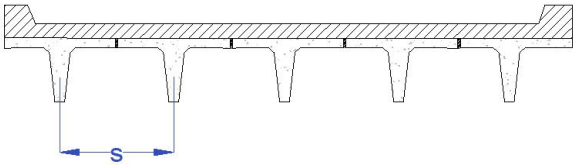
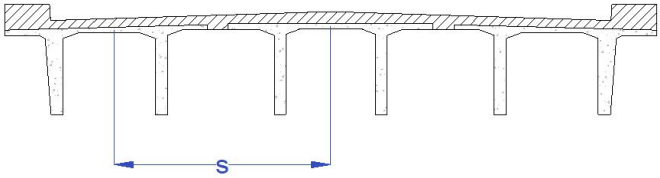
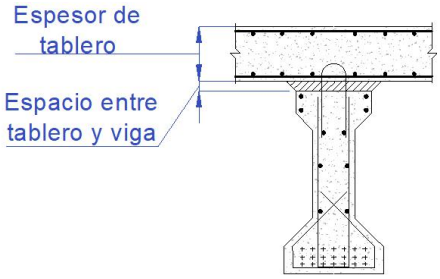
Ítem	Descripción
	tipo bulbo).  **Figura A.51.** Separación en vigas principales (vigas presforzadas tipo canaleta).  **Figura A.52.** Separación en vigas principales (vigas presforzadas tipo T).  **Figura A.53.** Separación en vigas principales (vigas presforzadas tipo doble T).
13. Área de sección (diafragmas externos)	Refiérase al ítem 10. Área de sección de la Tabla A.19.
14. Área de sección (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 10. Área de sección de la Tabla A.19.
15. Número de diafragmas (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 12. Número de diafragmas de la Tabla A.19.

Tabla A.21. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de concreto presforzado.

Ítem	Descripción
16. Tablero	Refiérase al ítem 13. Tablero de la Tabla A.19. Adicionalmente, es importante indicar que tal como se muestra en la Figura A.54, el espesor del tablero no incluye el espacio que en casos existe entre la cara superior de la viga y la cara inferior del tablero. Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.54.** Espesor del tablero en superestructura tipo viga de concreto presforzado.
17. Recubrimiento en elementos principales	Refiérase al ítem 14. Recubrimiento en elementos principales de la Tabla A.19.
17. Juntas de expansión	Refiérase al ítem 15. Juntas de expansión de la Tabla A.19.
18. Sistemas de protección (materiales)	Refiérase al ítem 16. Sistemas de protección (materiales) de la Tabla A.19.
19. Sistemas de protección sísmica	Refiérase al ítem 17. Sistemas de protección sísmica de la Tabla A.19.

A.3.3 Superestructura tipo vigas I de acero (IN-SP-03)

Tabla A.22. Sección B. del formulario de superestructura tipo vigas I de acero.

B. Características de la superestructura																				
N.° de superestructura																				
Pendiente longitudinal			%																	
N.° de tramo	Longitud de tramo	Alineamiento en planta			N.° de vigas	Vigas principales								Sistema arriostramiento (lateral)						
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)		Altura			Ancho alas	Espesores		Separación		Separación	Tipo de sección	Área de sección				
						Inicial	Centro	Final		Alma	Alas									
	m		°	m		m	m	m	m	mm	mm	m		m		m^2				
	m		°	m		m	m	m	m	mm	mm	m		m		m^2				
	m		°	m		m	m	m	m	mm	mm	m		m		m^2				
	m		°	m		m	m	m	m	mm	mm	m		m		m^2				
N.° de tramo	Longitud de tramo	Diafragmas (extremos)					Diafragmas (internos)						Vigas transversales			Vigas de piso				
		Tipo de diafragma	N.° de elementos	Tipo de sección	Área de sección	Longitud promedio	Tipo de diafragma	N.° de diafragmas	N.° de elementos	Tipo de sección	Área de sección	Longitud promedio	Tipo de sección	Área de sección	Separación	N.° de vigas	Tipo de sección	Área de sección		
	m				m^2	m					m^2	m		m^2	m			m^2		
	m				m^2	m					m^2	m		m^2	m			m^2		
	m				m^2	m					m^2	m		m^2	m			m^2		
	m				m^2	m					m^2	m		m^2	m			m^2		
Tablero							Juntas de expansión						Vigas gerber							
Material				Espesor	Recubrimiento		Inicial			Final			☐ Sí ☐ No							
				mm	mm ☐ TP															
Sistemas de protección (materiales)							Sistemas de protección sísmica						Tipo de conexión							
Tablero		Recubrimiento		Superestructura		Recubrimiento														
		mm				mm														

Tabla A.23. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas I de acero.

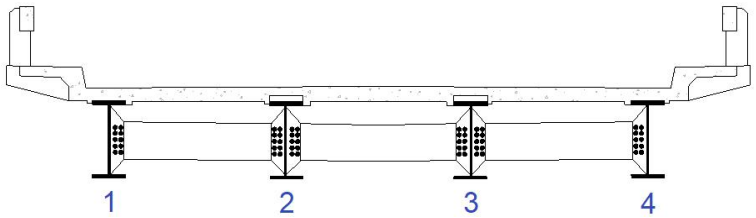
Ítem	Descripción
1. Número de superestructura	Refiérase al ítem 1. Número de superestructura de la Tabla A.19.
2. Pendiente longitudinal	Refiérase al ítem 2. Pendiente longitudinal de la Tabla A.19.
3. Número de tramo	Refiérase al ítem 3. Número de tramo de la Tabla A.19.
4. Longitud de tramo	Refiérase al ítem 4. Longitud de tramo de la Tabla A.19.
5. Alineamiento en planta	Refiérase al ítem 5. Alineamiento en planta de la Tabla A.19.
6. Número de vigas (vigas principales)	Refiérase al ítem 6. Número de vigas de Tabla A.19.  **Figura A.55.** Número de vigas principales.
7. Altura (vigas	Se refiere a la altura de las vigas principales. Se mide desde la

Tabla A.23. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas I de acero.

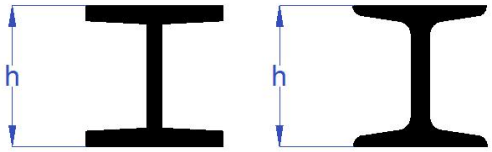
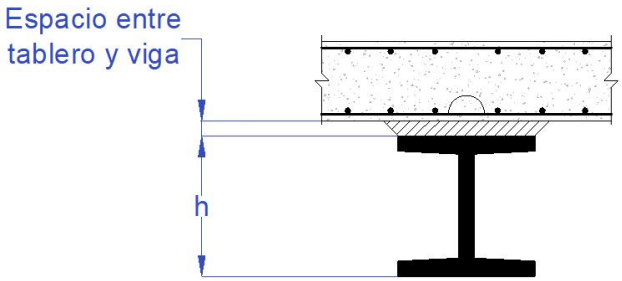
Ítem	Descripción
principales)	cara inferior del ala inferior a la cara superior del ala superior. Está simbolizado como “h” en la Figura A.56. Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.56.** Altura de vigas principales de acero. En superestructuras con vigas principales de sección variable se debe recopilar la altura al centro y extremos (inicial y final) de cada tramo (ver Figura A.33). En superestructuras con vigas de sección constante se debe registrar el mismo valor en cada casilla (inicial, centro y final). Es importante indicar que tal como se muestra en la Figura A.57, esta dimensión no incluye el espacio que en casos existe entre la cara superior de la viga y la cara inferior del tablero (ver Figura A.57).  **Figura A.57.** Espacio entre cara superior de la viga y cara inferior tablero.
8. Ancho de alas (vigas principales)	Se refiere al ancho de las alas de las vigas principales, el cual está simbolizado como “w” en la Figura A.58. Este dato se debe recopilar en metros.

Tabla A.23. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas I de acero.

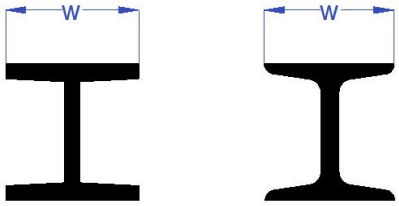
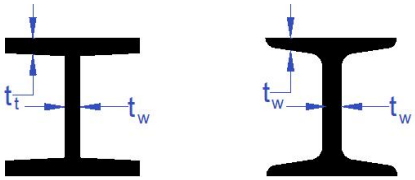
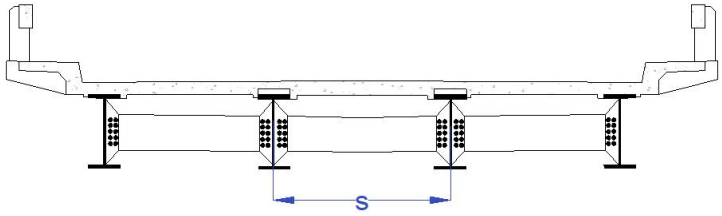
Ítem	Descripción
	 **Figura A.58.** Ancho de alas de vigas principales de acero.
9. Espesores (vigas principales)	Se refiere al espesor del alma y espesor de las alas de las vigas principales, los cuales están simbolizados como "t_w" y "t_f", respectivamente, en la Figura A.59. Este dato se debe recopilar en milímetros.  **Figura A.59.** Espesores en vigas principales de acero.
10. Separación (vigas principales)	Refiérase al ítem 9. Separación de Tabla A.19.  **Figura A.60.** Separación en vigas principales de acero.
11. Tipo de diafragma (diafragmas extremos)	Se refiere al tipo de diafragma. Cuando el diafragma sea una combinación entre el tipo viga de alma llena y armadura se debe indicar la opción de armadura. En caso de que la superestructura no posea diafragmas se debe indicar "NA" (no aplica). **Código** — **Tipo de diafragma** 1 — Viga de alma llena 2 — Armadura 3 — NA (no aplica).
12. Número de	Cuando el tipo de diafragma corresponda a una armadura, se debe

Tabla A.23. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas I de acero.

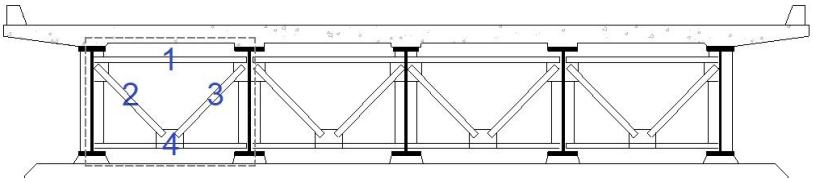
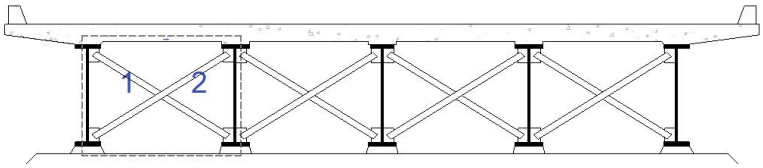
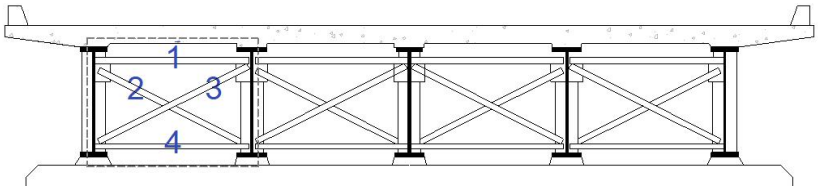
Ítem	Descripción
elementos (diafragmas extremos)	indicar el número de elementos de la armadura que componen cada sección del diafragma entre vigas principales (ver de la Figura A.61 a Figura A.63). Cuando el tipo de diafragma corresponda a una viga de alma llena se debe registrar un valor de “1”. Cuando el diafragma sea una combinación entre el tipo viga de alma llena y armadura se debe registrar la cantidad total de elementos de la armadura más la viga de alma llena. En caso de que la superestructura no posea diafragmas se debe indicar “NA” (no aplica).  **Figura A.61.** Número de elementos en diafragmas tipo armadura de cuatro elementos (patrón de “V”).  **Figura A.62.** Número de elementos en diafragmas tipo armadura de dos elementos (patrón de diagonales en “X”).  **Figura A.63.** Número de elementos en diafragmas tipo armadura de cuatro elementos (patrón de diagonales en “X”).
13. Tipo de sección (diafragmas extremos)	Se refiere al tipo de sección transversal que compone el elemento (ver Figura A.64). En caso de que la superestructura no posea este elemento se debe indicar “NA” (no aplica). Cuando el diafragma sea una combinación entre el tipo viga de alma llena y armadura se debe indicar el tipo de sección correspondiente a la viga de alma llena. **Código** **Tipo de sección de acero**

Tabla A.23. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas I de acero.

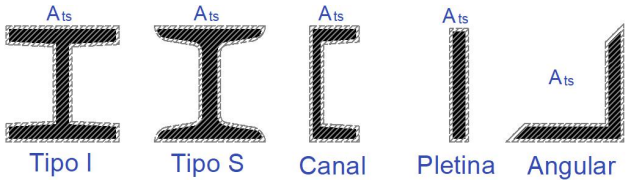
Ítem	Descripción	
	1	Tipo I
	2	Tipo S
	3	Canal
	4	Pletina
	5	Angular
	6	Elemento informal
	7	NA (no aplica)
14. Área de sección (diafragmas extremos)	Se refiere al área de la sección transversal del elemento, simbolizada como "A_{ts}" en la Figura A.64. Se debe medir todas las dimensiones necesarias para obtener un área transversal aproximada del elemento. Este dato se debe recopilar en metros cuadrados y con al menos tres cifras significativas. En caso de que la superestructura no posea este elemento se debe indicar "NA" (no aplica).  **Figura A.64.** Área de secciones de (acero).	
15. Longitud promedio (diafragmas extremos)	Cuando el tipo de diafragma corresponda a una armadura se debe indicar una longitud promedio de los diferentes elementos de la armadura que componen cada sección del diafragma entre vigas principales. En caso de que la superestructura no posea este elemento o el diafragma sea de tipo viga de alma llena se debe indicar "NA" (no aplica).	
16. Tipo de diafragma (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 11. Tipo de diafragma de esta tabla.	
17. Número de	Refiérase al ítem 12. Número de elementos de esta tabla.	

Tabla A.23. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas I de acero.

Ítem	Descripción
elementos (diafragmas internos)	
18. Número de diafragmas (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 12. Número de diafragmas de la Tabla A.19.
19. Tipo de sección (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de esta tabla.
20. Área de sección (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de esta tabla.
21. Longitud promedio (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 15. Longitud promedio de esta tabla.
22. Tipo de sección (vigas transversales)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de esta tabla.
23. Área sección (vigas transversales)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de esta tabla.
24. Separación (vigas transversales)	Se refiere a la separación entre vigas transversales, simbolizada como “s” en la Figura A.65, aplicable principalmente a puentes tipo cercha, arcos de acero, colgantes, atirantados (cuyos formularios se explican más adelante) o puentes que aparte de las vigas principales I, cuentan con vigas transversales. Esta distancia se registra como la separación entre línea de centro de vigas transversales adyacentes. Este dato se debe recopilar en metros. En caso de que la superestructura no posea vigas transversales se debe indicar “NA” (no aplica).

Tabla A.23. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas I de acero.

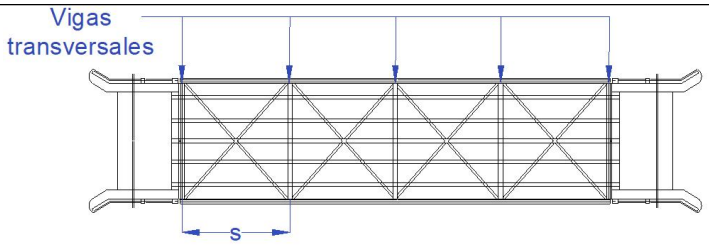
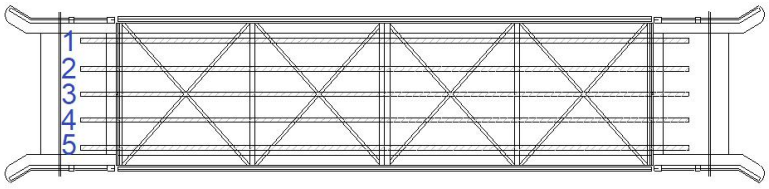
Ítem	Descripción
	 **Figura A.65.** Separación en vigas transversales (vista inferior).
25. Número de vigas (vigas de piso)	Se refiere al número de vigas de piso que conforman el sistema de piso (ver Figura A.66), aplicable principalmente a puentes tipo cercha, arcos de acero, colgantes, atirantados (cuyos formularios se explican más adelante) o puentes que aparte de las vigas principales I, cuentan con vigas y de piso. En caso de que la superestructura no posea vigas de piso se debe indicar “NA” (no aplica).  **Figura A.66.** Número de vigas de piso (vista inferior).
26. Tipo de sección (vigas de piso)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de esta tabla.
27. Área sección (vigas de piso)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de esta tabla.
28. Separación (sistema de arriostramiento lateral)	Se refiere a la separación de los elementos que conforman el sistema de arriostramiento lateral del puente (ver Figura A.67). En caso de que la superestructura no posea sistema de arriostramiento lateral se debe indicar “NA” (no aplica).

Tabla A.23. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas I de acero.

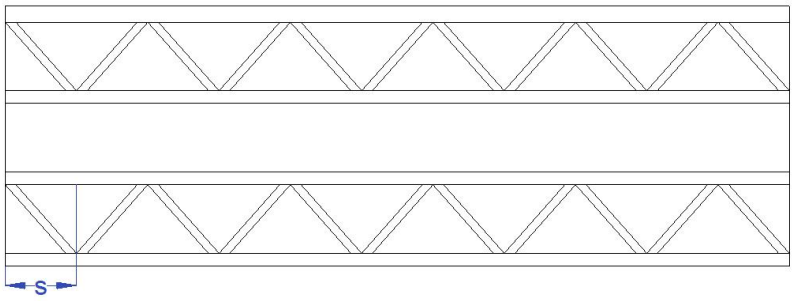
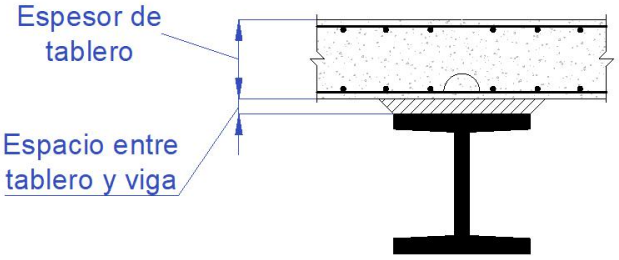
Ítem	Descripción
	 **Figura A.67.** Separación elementos del sistema de arriostramiento lateral (vista inferior).
29. Tipo sección (sistema de arriostramiento lateral)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de esta tabla.
30. Área sección (sistema de arriostramiento lateral)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de esta tabla.
31. Tablero	Refiérase al ítem 13. Tablero de la Tabla A.19. Adicionalmente, es importante indicar que tal como se muestra en la Figura A.68, el espesor del tablero no incluye el espacio que, en casos, existe entre la cara superior de la viga y la cara inferior del tablero. Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.68.** Espesor del tablero en superestructura tipo viga de acero.
32. Juntas de	Refiérase al ítem 15. Juntas de expansión de la Tabla A.19.

Tabla A.23. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas I de acero.

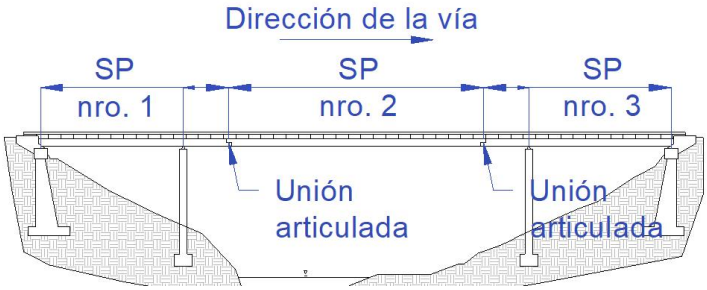
<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td>expansión</td><td></td></tr>
<tr><td>33. Vigas Gerber</td><td>Este ítem es una respuesta de “Sí o No” y se utiliza para indicar la existencia de vigas en voladizo o Gerber, que representan una unión articulada entre superestructuras (ver Figura A.69).
 

Figura A.69. Longitud total de arco de concreto reforzado.</td></tr>
<tr><td>34. Sistema de protección (materiales)</td><td>Se refiere al tipo sistema de protección contra la corrosión en elementos de acero. Este ítem debe registrarse separadamente para el tablero y la superestructura. En el caso de que el tablero corresponda a un elemento de concreto refiérase al ítem 16. Sistemas de protección (materiales) de la Tabla A.19. En el caso de que el sistema de protección en elementos de acero corresponda a “Pintura” y que el puente cuente con planos y/o especificaciones con información del recubrimiento, se debe indicar este espesor y verificar en sitio con una lectura puntual (promedio de 3 lecturas puntuales separadas y contenidas en un círculo de 40 mm de diámetro) según SSPC-PA 2: Estándar para medición de espesores de recubrimiento en superficies de acero (2012). Para el caso de otros sistemas se debe indicar “NA” (no aplica) en el espacio correspondiente al recubrimiento. En el caso de que no existan sistemas de protección, se debe indicar la opción “NP” (no presenta).
<table>
<tr><th>Código</th><th>Sistema de protección contra la corrosión</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Pintura</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Acero autopatinable (“weathering”)</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Galvanizado</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Tabla A.23. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas I de acero.

Ítem	Descripción
	4 Sistemas dúplex 5 NP (no presenta)
35. Sistemas de protección sísmica	Refiérase al ítem 17. Sistemas de protección sísmica de la Tabla A.19.
36. Tipo de conexión	Se refiere a los tipos de conexión existentes entre los elementos principales de la superestructura. **Código** — **Tipo de conexión** 1 Apernada 2 Remachada 3 Soldada 4 NP (no presenta)

A.3.4 Superestructura tipo vigas de madera (IN-SP-04)

Tabla A.24. Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de madera.

B. Características de la superestructura																	
N.° de superestructura				Material	☐ Madera laminada	☐ Madera aserrada											
Pendiente longitudinal		%															
N.° de tramo	Longitud de tramo	Alineamiento en planta			Vigas principales					Diafragmas (extremos)							
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)	Tipo de sección	N.° de vigas	Altura	Ancho	Separación	Material	Tipo de diafragma	N.° de elementos	Tipo de sección	Área de sección	Longitud promedio		
	m		°	m			m	m	m					m^2	m		
	m		°	m			m	m	m					m^2	m		
	m		°	m			m	m	m					m^2	m		
	m		°	m			m	m	m					m^2	m		
N.° de tramo	Longitud de tramo	Diafragmas (internos)															
		Material	Tipo de diafragma	N.° de elementos	N.° de diafragmas	Tipo de sección	Área de sección	Longitud promedio									
	m						m^2	m									
	m						m^2	m									
	m						m^2	m									
	m						m^2	m									
Tablero										Juntas de expansión							
Material			Espesor		Recubrimiento					Inicial			Final				
			mm		mm	☐ TP											
Sistemas de protección (materiales)																	
Tablero			Superestructura														

Tabla A.25. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de madera.

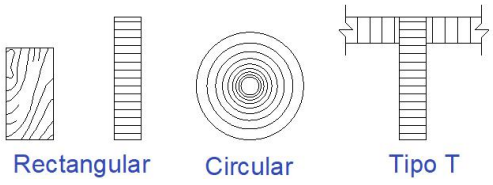
Ítem	Descripción
1. Número de superestructura	Refiérase al ítem 1. Número de superestructura de la Tabla A.19.
2. Pendiente longitudinal	Refiérase al ítem 2. Pendiente longitudinal de la Tabla A.19.
3. Número de tramo	Refiérase al ítem 3. Número de tramo de la Tabla A.19.
4. Longitud de tramo	Refiérase al ítem 4. Longitud de tramo de la Tabla A.19.
5. Alineamiento en planta	Refiérase al ítem 5. Alineamiento en planta de la Tabla A.19.
6. Material	Se refiere al tipo de material del que están compuestas las vigas principales. **Código** — **Material** 1 — Madera aserrada 2 — Madera laminada
7. Tipo de sección (vigas principales)	Se refiere al tipo de sección transversal del elemento (ver Figura A.70 **Código** — **Tipo de sección** 1 — Rectangular 2 — Circular 3 — Tipo T  **Figura A.70.** Tipos de sección transversal en elementos de madera.
8. Número de vigas	Refiérase al ítem 6. Número de vigas de Tabla A.19.

Tabla A.25. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de madera.

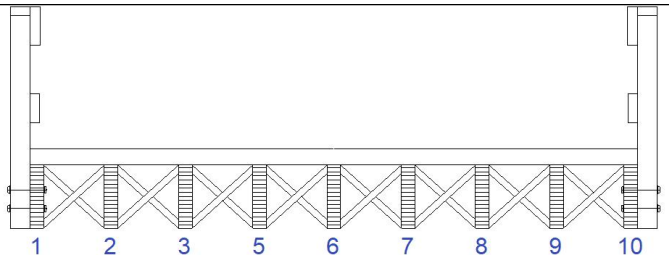
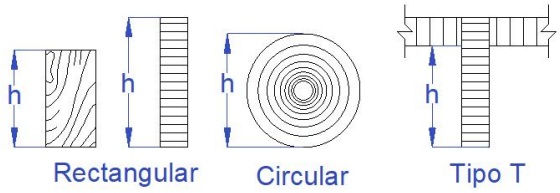
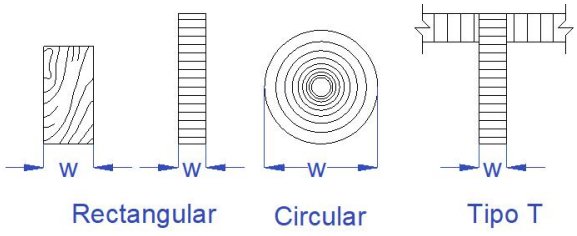
Ítem	Descripción
(vigas principales)	 **Figura A.71.** Número de vigas principales.
9. Altura (vigas principales)	Se refiere a la altura de las vigas principales. Se mide desde la cara inferior de la viga a la cara inferior del tablero. Está simbolizado como “h” en la Figura A.72). Este dato se debe recopilar en metros. Según muestra en Figura A.72 en el caso de vigas con tipo de sección circular este dato corresponde al diámetro.  **Figura A.72.** Altura en vigas principales de madera
10. Ancho (vigas principales)	Se refiere al ancho de las vigas principales, simbolizado como “w” en la Figura A.73. Este dato se debe recopilar en metros. Según muestra en Figura A.73 en el caso de vigas con tipo de sección circular este dato corresponde al diámetro.  **Figura A.73.** Ancho en vigas principales de madera.
11. Separación (vigas principales)	Refiérase al ítem 9. Separación de Tabla A.19.

Tabla A.25. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de madera.

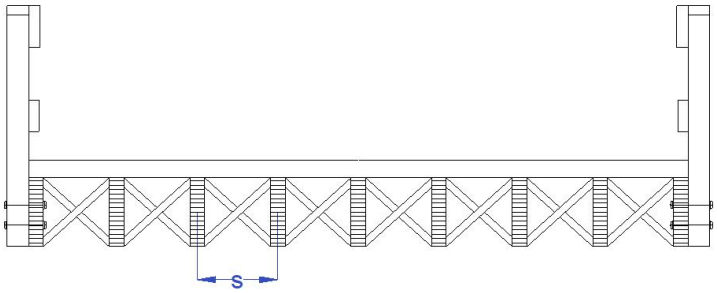
Ítem	Descripción
	 **Figura A.74.** Separación en vigas principales de madera.
12. Material (diafragmas extremos)	Se refiere al tipo de material del que está compuesto el elemento. En caso de que la superestructura no posea este elemento se debe indicar “NA” (no aplica). **Código** — **Material** 1 — Madera aserrada 2 — Madera laminada 3 — Acero 4 — NA (no aplica)
13. Tipo de diafragma (diafragmas extremos)	Refiérase al ítem 11. Tipo de diafragma de la Tabla A.23.
14. Número de elementos (diafragmas extremos)	Refiérase al ítem 12. Número de elementos de la Tabla A.23.
15. Tipo de sección (diafragmas	Se refiere al tipo de sección transversal que compone el elemento (ver Figura A.75). En caso de que la superestructura no posea este

Tabla A.25. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de madera.

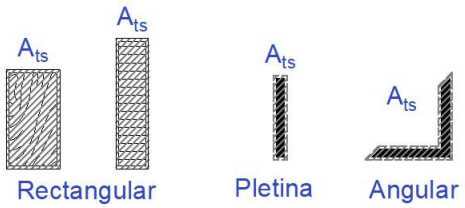
Ítem	Descripción
extremos)	elemento se debe indicar “NA” (no aplica). **Código** — **Tipo de sección** 1 — Rectangular (madera) 2 — Pletina (acero) 3 — Angular (acero)
16. Área de sección (diafragmas extremos)	Se refiere al área de la sección transversal del elemento, simbolizada como “A_{ts}” en la Figura A.75. Se debe medir todas las dimensiones necesarias para obtener un área transversal aproximada del elemento. Este dato se debe recopilar en metros cuadrados. En caso de que la superestructura no posea este elemento se debe indicar “NA” (no aplica).  **Figura A.75.** Área de secciones.
17. Longitud promedio (diafragmas extremos)	Refiérase al ítem 15. Longitud promedio de la Tabla A.23.
18. Material (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 12. Material de esta tabla.
19. Tipo de diafragma (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 11. Tipo de diafragma de la Tabla A.23.
20. Número de	Refiérase al ítem 12. Número de elementos de la Tabla A.23.

Tabla A.25. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de madera.

Ítem	Descripción
elementos (diafragmas internos)	
21. Número de diafragmas (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 12. Número de diafragmas de la Tabla A.19.
22. Tipo de sección (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 15. Tipo de sección de esta tabla.
23. Área de sección (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 16. Área de sección de esta tabla.
24. Longitud promedio (diafragmas internos)	Refiérase al ítem 15. Longitud promedio de la Tabla A.23.
25. Tablero	Refiérase al ítem 13. Tablero de la Tabla A.19.
26. Juntas de expansión	Refiérase al ítem 15. Juntas de expansión de la Tabla A.19.
27. Sistema de protección (materiales)	Se refiere al tipo sistema de protección para elementos de madera. Este ítem debe registrarse separadamente para el tablero y la superestructura. En el caso de que el tablero corresponda a un elemento de concreto refiérase al ítem 16. Sistemas de protección (materiales) de la Tabla A.19. En el caso de que no existan sistemas de protección, se debe indicar la opción “NP” (no presenta). **Código** — **Sistema de protección para elementos de madera** 1 — Pintura 2 — Preservante

Tabla A.25. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo vigas de madera.

Ítem	Descripción
	3 Repelente de agua
	4 Retardante de fuego
	5 NP (no presenta)

A.3.5 Superestructura tipo losa (concreto reforzado, concreto presforzado y madera) (IN-SP-05)

Tabla A.26. Sección B del formulario de superestructura tipo losa (concreto reforzado, concreto presforzado y madera).

B. Características de la superestructura											
N.° de superestructura											
Pendiente longitudinal		%									
N.° de tramo	Longitud de tramo	Alineamiento en planta			Losa				Juntas de expansión		
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)	Material	Tipo	Espesor	Recubrimiento	Inicial	Final	
							mm	mm TP			
	m		°	m	Sistemas de protección (materiales)				Sistemas de protección sísmica		
	m		°	m	Superestructura						
	m		°	m							
	m		°	m							

Tabla A.27. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo losa (concreto reforzado, concreto presforzado y madera).

Ítem	Descripción
1. Número de superestructura	Refiérase al ítem 1. Número de superestructura de la Tabla A.19.
2. Pendiente longitudinal	Refiérase al ítem 2. Pendiente longitudinal de la Tabla A.19.
3. Número de tramo	Refiérase al ítem 3. Número de tramo de la Tabla A.19.
4. Longitud de tramo	Refiérase al ítem 4. Longitud de tramo de la Tabla A.19.
5. Alineamiento en planta	Refiérase al ítem 5. Alineamiento en planta de la Tabla A.19.
6. Losa	Refiérase al ítem 13. Tablero de la Tabla A.19. Adicionalmente, se debe indicar el tipo de losa.

Tabla A.27. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo losa (concreto reforzado, concreto presforzado y madera).

Ítem	Descripción	
	Código	**Tipo (losa)**
	1	Sólida
	2	Con vacíos
7. Juntas de expansión	Refiérase al ítem 15. Juntas de expansión de la Tabla A.19.	
8. Sistema de protección (materiales)	En el caso de que la losa corresponda a un elemento de concreto refiérase al ítem 16. Sistemas de protección (materiales) de la Tabla A.19. Por otro lado, en caso de ser un elemento de madera refiérase al ítem 24. Sistema de protección (materiales) de la Tabla A.25.	

A.3.6 Superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera) (IN-SP-06)

Tabla A.28. Sección B del formulario de superestructura tipo arco de concreto (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

B. Características de la superestructura																				
N.° de superestructura			**Tipo de arco**	□ Paso inferior	□ Paso superior	□ Banda tensada	**Material**	□ Concreto reforzado	□ Concreto presforzado	□ Acero	□ Madera laminada									
Pendiente longitudinal	%																			
Alineamiento en planta			**Longitud de la superestructura**	**Arco**								**Vigas de arriostramiento**		**Sistema de soporte del tablero**						
Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)		**Longitud de arco**	**Longitud de arco superior**	**N.° de cuerdas**	**Altura**	**Ancho**	**Separación**	**Flecha**		**N.° de vigas**	**Área de sección**	**Tipo**	**N.° de elementos**	**Separación**	**Área de sección**			
	°	m	m	m	m		m	m	m	m			m^2		m	m	m^2			
Vigas transversales		**Vigas de piso**		**Tablero**								**Recubrimiento en elementos principales**		**Tipo de conexión**						
Área de sección		**N.° de vigas**	**Área de sección**	Material			Espesor		Recubrimiento											
m^2			m^2				mm		mm	□ TP		mm	□ TP							
Juntas de expansión				**Sistemas de protección (materiales)**										**Sistemas de protección sísmica**						
Inicial		Final		Tablero			Recubrimiento		Superestructura			Recubrimiento								
							mm					mm								

Tabla A.29. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

Ítem	Descripción
1. Número de superestructura	Refiérase al ítem 1. Número de superestructura de la Tabla A.19.
2. Pendiente longitudinal	Refiérase al ítem 2. Pendiente longitudinal de la Tabla A.19.

Tabla A.29. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td>3. Tipo de arco</td><td>Se refiere al tipo de arco de acuerdo con la posición del tablero en la superestructura. Se debe diferenciar el tipo de arco de paso superior del arco de banda tensada (también de paso superior) (ver Figura A.76).

Código — Tipo (arco)
1 — Paso inferior
2 — Paso superior
3 — Banda tensada

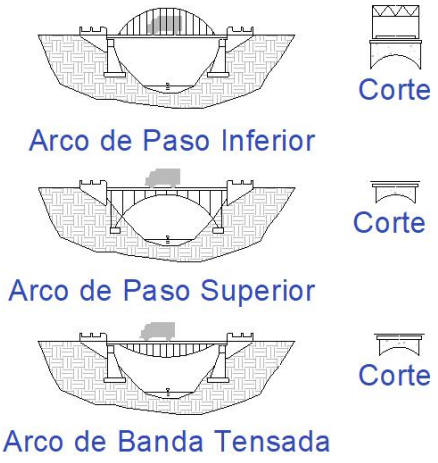
 

Figura A.76. Tipos de arco.</td></tr>
<tr><td>4. Alineamiento en planta</td><td>Refiérase al ítem 5. Alineamiento en planta de la Tabla A.19.</td></tr>
<tr><td>5. Material</td><td>Se refiere al tipo de material del que está compuesto el arco.

Código — Material (arco)
1 — Concreto reforzado
2 — Concreto presforzado</td></tr>
</table>

Tabla A.29. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

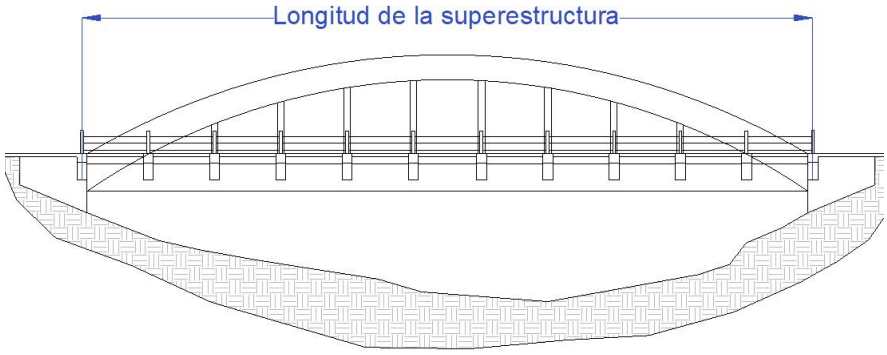
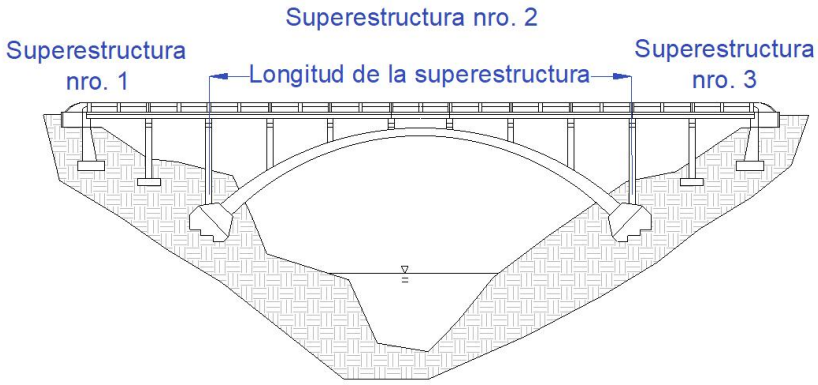
Ítem	Descripción
	3 Acero 4 Madera laminada
6. Longitud de la superestructura	Se refiere a la longitud total de la superestructura tipo arco. Es la distancia comprendida entre la línea centro de los apoyos iniciales y finales de la superestructura (ver de la Figura A.77 a la Figura A.79).  **Figura A.77.** Longitud total de la superestructura tipo arco de paso inferior.  **Figura A.78.** Longitud total de la superestructura tipo arco de paso superior.

Tabla A.29. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

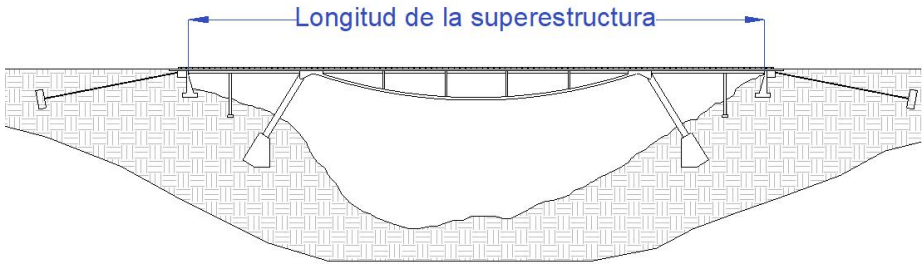
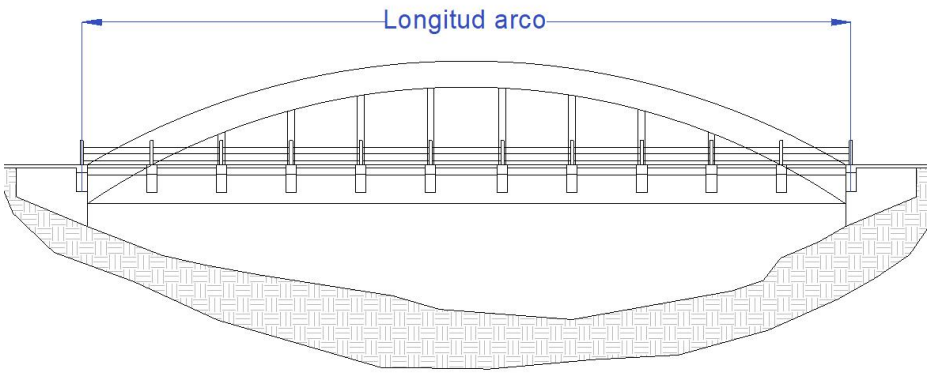
Ítem	Descripción
	 **Figura A.79.** Longitud total de la superestructura tipo arco de banda tensada.
7. Longitud arco	Corresponde a la distancia horizontal comprendida entre los extremos de anclaje inicial y final de las cuerdas del arco o longitud donde se presenta el comportamiento de arco (ver de la Figura A.80 a la Figura A.82). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.80.** Longitud de arco en superestructura tipo arco de paso inferior.

Tabla A.29. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

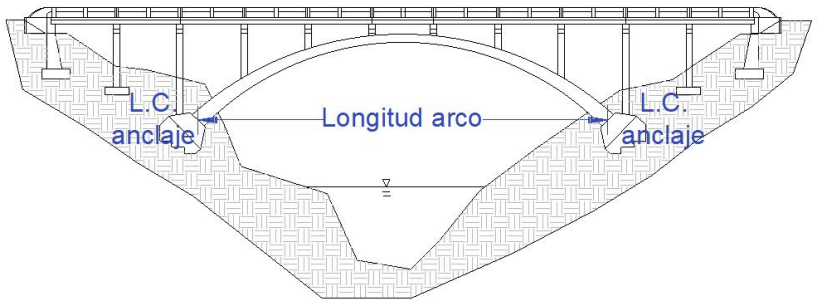
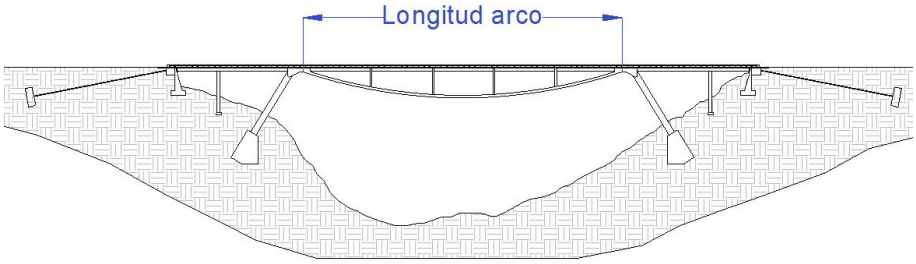
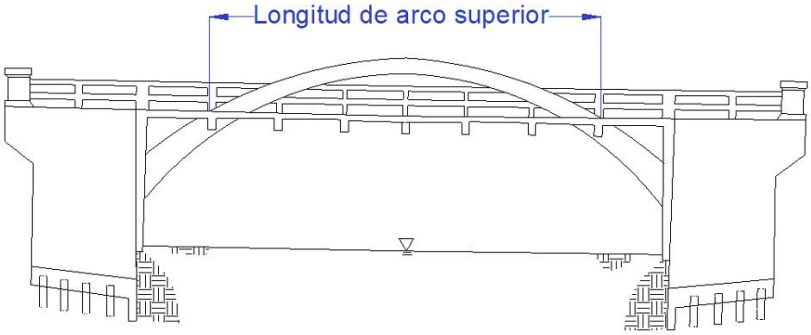
Ítem	Descripción
	 **Figura A.81.** Longitud de arco en superestructura tipo arco de paso superior.  **Figura A.82.** Longitud de arco en superestructura tipo arco de banda tensada.
8. Longitud de arco superior	En el caso de superestructuras tipo arco de paso inferior puede existir una longitud del arco por encima del tablero y otra por debajo. Esta distancia corresponde a la distancia horizontal comprendida entre las cuerdas del arco al nivel de elevación del tablero (ver Figura A.83). En caso de que esta situación no se presente se debe indicar “NA” (no aplica).  **Figura A.83.** Longitud de arco superior.

Tabla A.29. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

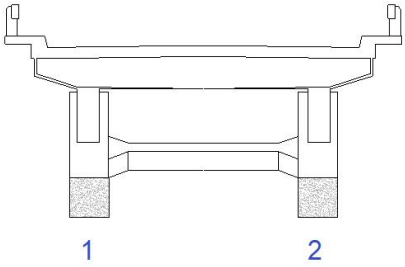
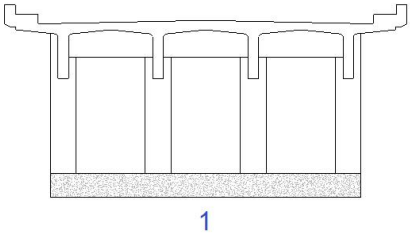
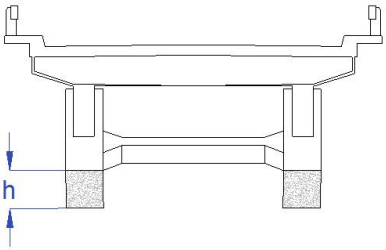
Ítem	Descripción
9. Número de cuerdas	Se refiere al número de cuerdas que conforman el arco de la superestructura (ver Figura A.84 y Figura A.85).  **Figura A.84.** Número de cuerdas (sección transversal de superestructura tipo arco de dos cuerdas).  **Figura A.85.** Número de cuerdas (sección transversal de superestructura tipo arco de una cuerda).
10. Altura (cuerda arco)	Se refiere a la altura de la sección transversal de la cuerda del arco, simbolizada como “h” en la Figura A.86 y Figura A.87. Este dato debe recopilarse en metros y medirse a un ángulo de 90° respecto a la línea de centro de la parte inferior de la cuerda del arco. En arcos con cuerdas de sección variable, se debe recopilar este dato como la altura promedio.  **Figura A.86.** Altura en cuerda de arco (sección transversal de superestructura tipo arco de dos cuerdas).

Tabla A.29. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

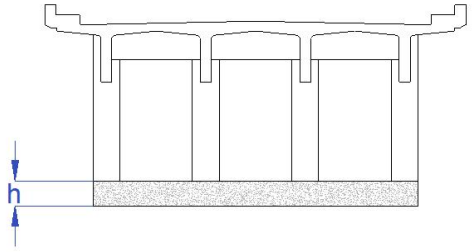
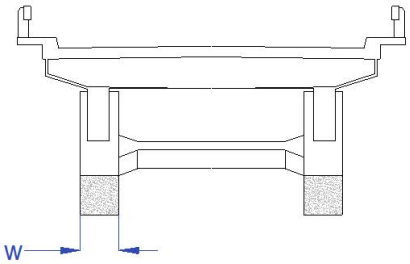
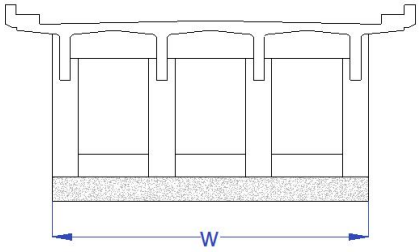
Ítem	Descripción
	 **Figura A.87.** Altura en cuerda de arco (sección transversal de superestructura tipo arco de una cuerda).
11. Ancho (cuerda arco)	Se refiere al ancho de la sección transversal de las cuerdas o cuerda del arco. Este dato se debe recopilar en metros. Está simbolizado como “w” en la Figura A.88 y Figura A.89.  **Figura A.88.** Ancho en cuerda de arco (sección transversal de superestructura tipo arco de dos cuerdas).  **Figura A.89.** Ancho en cuerda de arco (sección transversal de superestructura tipo arco de una cuerda).
12. Separación (cuerda arco)	Se refiere a la separación entre cuerdas del arco (ver Figura A.90). Esta distancia se registra como la separación entre las líneas de centro de las cuerdas del arco, simbolizada como “s” en la Figura A.90. Este dato se debe recopilar en metros. En superestructuras tipo

Tabla A.29. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

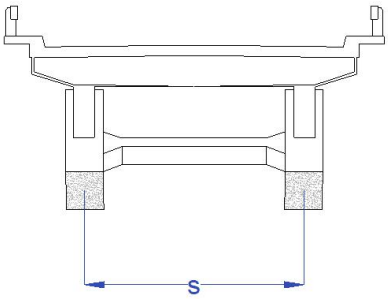
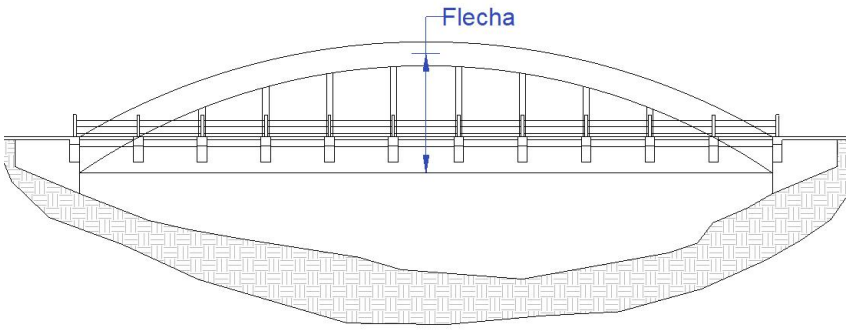
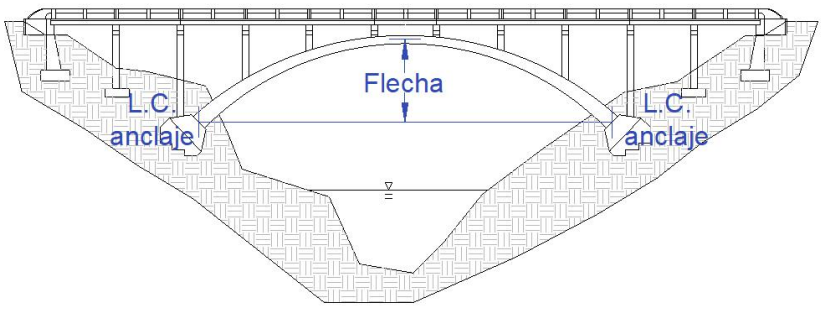
Ítem	Descripción
	arco compuestas por una única cuerda se debe indicar “NA” (no aplica).  **Figura A.90.** Separación entre cuerdas del arco (sección transversal de superestructura tipo arco de dos cuerdas).
13. Flecha (cuerda arco)	Se refiere a la distancia vertical comprendida entre el punto de mayor elevación de las cuerdas del arco (medido a línea de centro) hasta el nivel de altura de los extremos de anclaje inicial y final de las cuerdas del arco (medidos a línea de centro) (ver de la Figura A.91 a la Figura A.93).  **Figura A.91.** Flecha en superestructura tipo arco de paso inferior. 

Tabla A.29. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

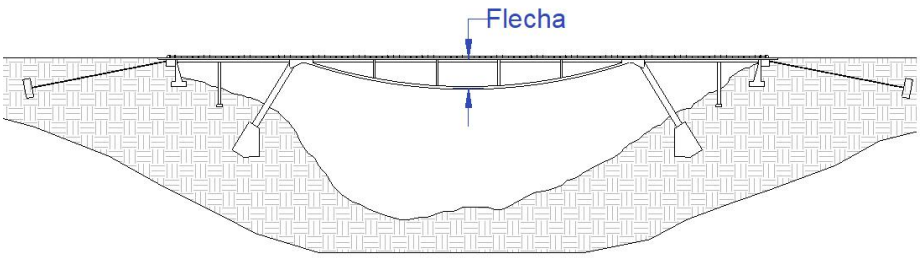
<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td></td><td>Figura A.92. Flecha en superestructura tipo arco de paso superior.
 

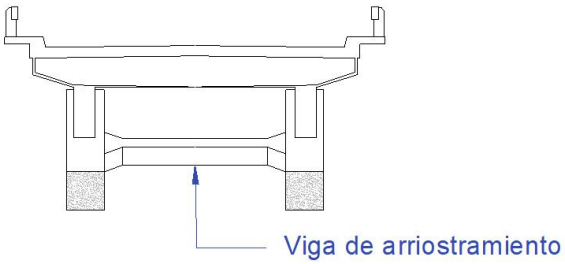
Figura A.93. Flecha en superestructura tipo arco de banda tensada</td></tr>
<tr><td>14. Número de vigas (vigas de arriostramiento – cuerda arco)</td><td>Se refiere al número de vigas de arriostramiento entre las cuerdas del arco (ver Figura A.94). En el caso de superestructuras tipo arco compuestas por una única cuerda o el caso de arcos donde no exista vigas de arriostramiento se debe indicar “NA” (no aplica).
 

Figura A.94. Ancho de la cuerda del ancho (sección transversal).</td></tr>
<tr><td>15. Área de sección (vigas de arriostramiento – cuerda arco)</td><td>Refiérase al ítem 10. Área de sección de la Tabla A.19. En el caso de superestructuras tipo arco compuestas por una única cuerda o el caso de arcos donde no exista vigas de arriostramiento se debe indicar “NA” (no aplica).</td></tr>
<tr><td>16. Tipo (sistema de soporte del tablero)</td><td>Se refiere al tipo de sistema estructural que da soporte al tablero de la superestructura.
<table><tr><th>Código</th><th>Tipo (sistema de soporte del tablero)</th></tr><tr><td>1</td><td>Marco</td></tr><tr><td>2</td><td>Muro</td></tr><tr><td>3</td><td>Tirantes</td></tr></table></td></tr>
</table>

Tabla A.29. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

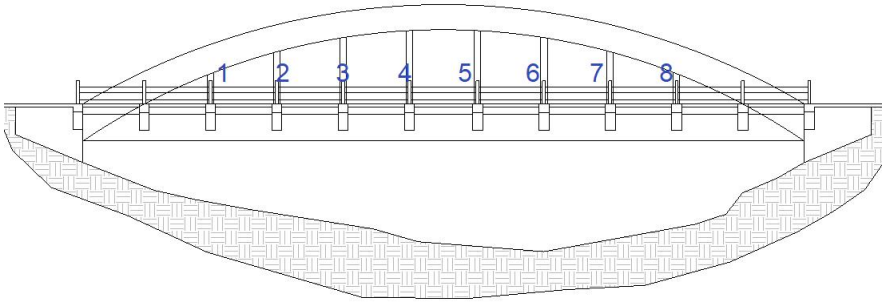
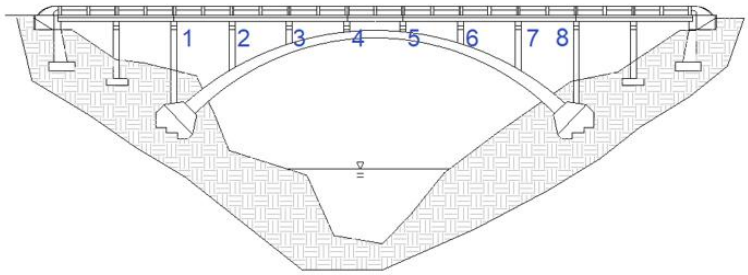
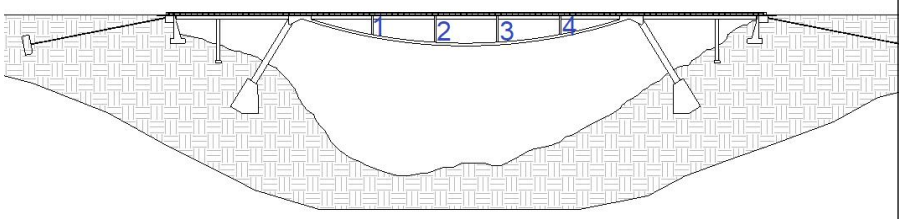
Ítem	Descripción
17. Número de elementos (sistema de soporte del tablero)	Se refiere al número de elementos del sistema de soporte del tablero, vistos desde una vista lateral del puente (ver de la Figura A.95 a la Figura A.97). Este dato se debe registrar contabilizando únicamente una vista lateral del puente.  **Figura A.95.** Número de elementos del sistema de soporte en superestructura tipo arco de paso inferior.  **Figura A.96.** Número de elementos del sistema de soporte en superestructura tipo arco de paso superior.  **Figura A.97.** Número de elementos del sistema de soporte en superestructura tipo arco de banda tensada.
18. Separación (sistema de soporte del tablero)	Se refiere a la separación “s” entre elementos adyacentes (marco o muro) del sistema de soporte del tablero (ver de la Figura A.98 a la Figura A.100). Esta distancia se registra como la separación entre las

Tabla A.29. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

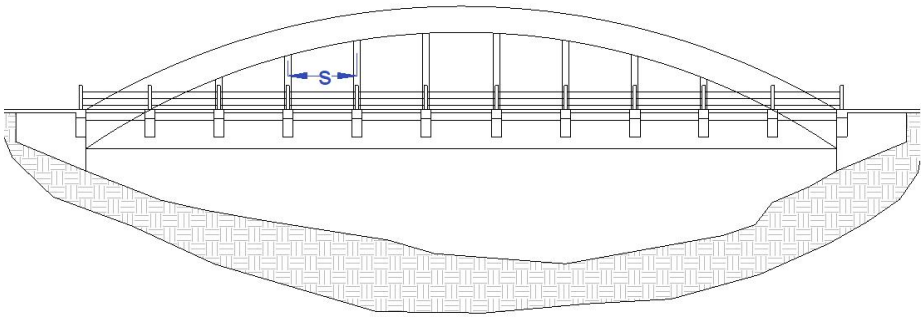
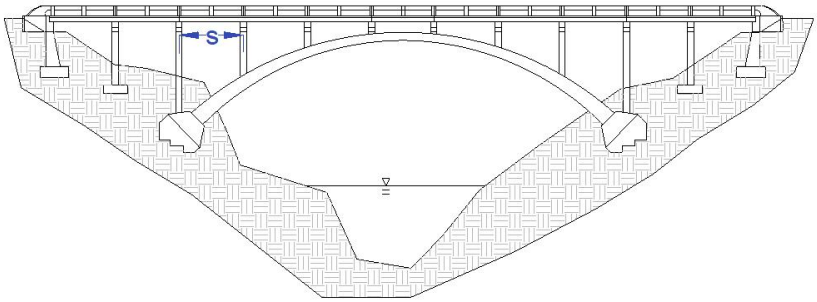
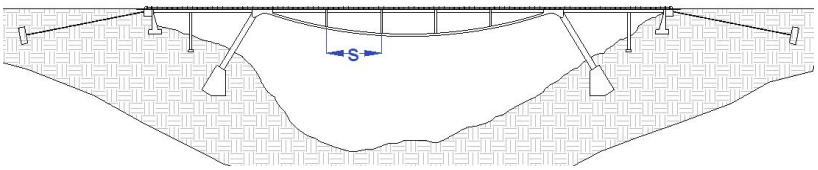
Ítem	Descripción
	líneas centro de los elementos. Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.98.** Separación entre elementos del sistema de soporte en superestructura tipo arco de paso inferior.  **Figura A.99.** Separación entre elementos del sistema de soporte en superestructura tipo arco de paso superior.  **Figura A.100.** Separación entre elementos del sistema de soporte en superestructura tipo arco de banda tensada.
19. Área de sección (sistema de soporte del tablero)	Se refiere al área de la sección transversal "A_{ts}" de los elementos del sistema de soporte del tablero. En el caso de que el sistema de soporte sea tipo marco o tirantes, se debe registrar este valor como la suma de las áreas de las columnas o tirantes según corresponda (ver Figura A.101). En el caso del sistema de soporte tipo muro se registra

Tabla A.29. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

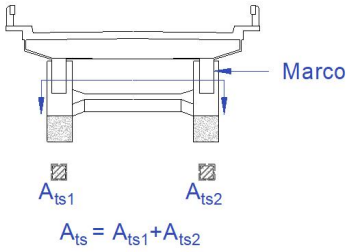
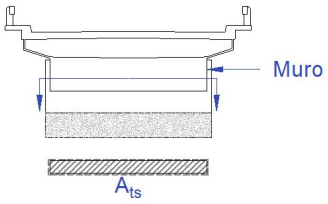
Ítem	Descripción
	el área de la sección transversal del muro (ver Figura A.102). Este dato se debe recopilar en metros cuadrados.  **Figura A.101.** Área de sección de elementos verticales de un sistema de soporte tipo marco.  **Figura A.102.** Área de sección de elementos horizontales de un sistema de soporte tipo muro.
20. Área de sección (vigas transversales)	Para elementos de concreto refiérase al ítem 10. Área de sección de la Tabla A.19. En el caso de elementos de acero refiérase al ítem 14. Área de sección de la Tabla A.23, mientras que para elementos de madera refiérase al ítem 16. Área de sección de la Tabla A.25. Cuando el sistema de soporte del tablero sea tipo muro o tipo marco sin vigas transversales se debe indicar “NA” (no aplica).
21. Número de vigas (vigas de piso)	Refiérase al ítem 25. Número de vigas de la Tabla A.23.
22. Área de sección (vigas de piso)	Para elementos de concreto refiérase al ítem 10. Área de sección de la Tabla A.19. En el caso de elementos de acero refiérase al ítem 14. Área de sección de la Tabla A.23, mientras que para elementos de madera refiérase al ítem 16. Área de sección de la Tabla A.25. Cuando la superestructura no cuente con este elemento se debe indicar “NA” (no aplica).
23. Tablero	Refiérase al ítem 13. Tablero de la Tabla A.19.

Tabla A.29. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera).

Ítem	Descripción
24. Recubrimiento en elementos principales	Refiérase al ítem 14. Recubrimiento en elementos principales de la Tabla A.19. En caso de que el material del arco corresponda a acero o madera se debe indicar “NA” (no aplica).
25. Juntas de expansión	Refiérase al ítem 15. Juntas de expansión de la Tabla A.19.
26. Sistema de protección (materiales)	Para elementos de concreto refiérase al ítem 16. Sistemas de protección (materiales) de la Tabla A.19. Por otro lado, para el caso de elementos de acero refiérase al ítem 34. Sistema de protección (materiales) de la Tabla A.23, mientras que para elementos de madera refiérase al ítem 27. Sistema de protección (materiales) de la Tabla de la Tabla A.25.
27. Sistemas de protección sísmica	Refiérase al ítem 17. Sistemas de protección sísmica de la Tabla A.19.
28. Tipo de conexión	Refiérase al ítem 36. Tipo de conexión de la Tabla A.23. En el caso de superestructuras de concreto o madera se debe indicar “NA” (no aplica).

A.3.7 Superestructura tipo arco de mampostería (IN-SP-07)

Tabla A.30. Sección B del formulario de superestructura tipo arco de mampostería.

B. Características de la superestructura								
N.° de superestructura								
Pendiente longitudinal		%						
Alineamiento en planta			Longitud de la superestructura	Arco				Altura mínima muro de retención lateral
Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)		Longitud de arco	Flecha	Espesor	Ancho	
	°	m	m	m	m	m	m	m

Tabla A.31. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco de mampostería.

Ítem	Descripción
1. Número de superestructura	Refiérase al ítem 1. Número de superestructura de la Tabla A.19.

Tabla A.31. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco de mampostería.

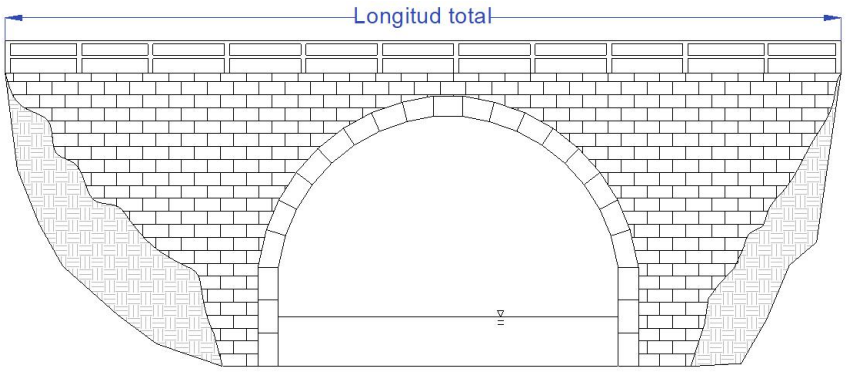
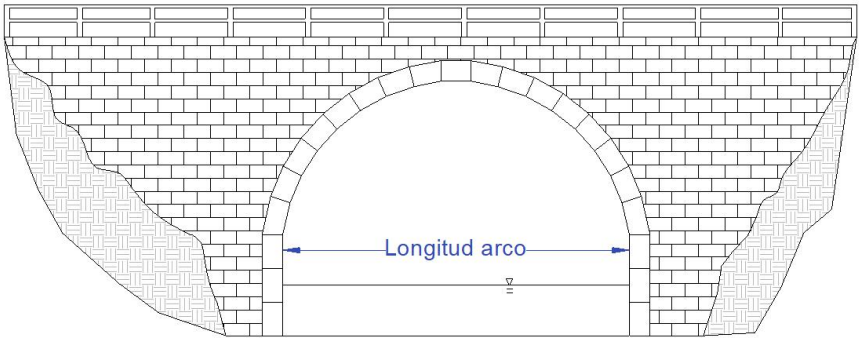
Ítem	Descripción
2. Pendiente longitudinal	Refiérase al ítem 2. Pendiente longitudinal de la Tabla A.19.
3. Alineamiento en planta	Refiérase al ítem 5. Alineamiento en planta de la Tabla A.19.
4. Longitud de la superestructura	Es la distancia horizontal comprendida entre extremos finales de bastiones (ver Figura A.103). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.103.** Longitud de superestructura tipo arco de mampostería.
5. Longitud arco	Corresponde a la luz salvada por el arco (ver Figura A.104). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.104.** Longitud de arco en superestructura tipo arco de mampostería.
6. Flecha (arco)	Se refiere a la distancia vertical que existe entre el punto de mayor y menor elevación en el arco (ver Figura A.105). Este dato se debe recopilar en metros.

Tabla A.31. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco de mampostería.

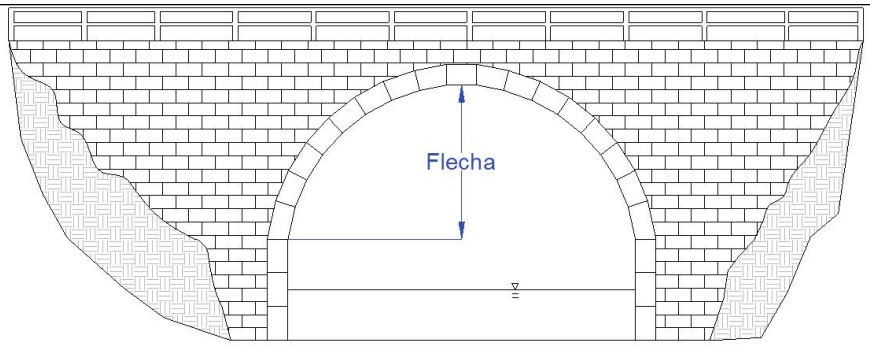
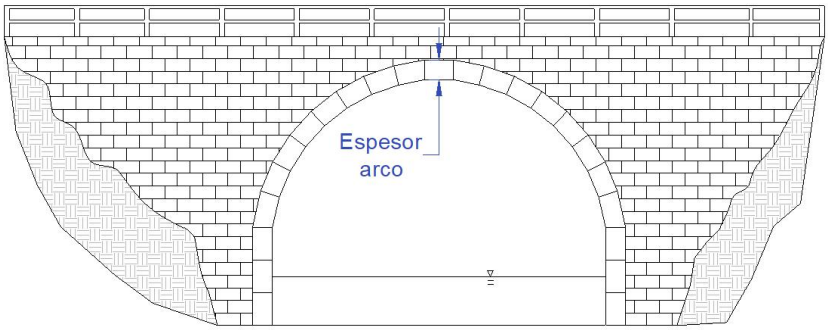
Ítem	Descripción
	 **Figura A.105.** Flecha de arco en superestructura tipo arco de mampostería.
7. Espesor (arco)	Se refiere al espesor de los mampuestos que conforman el arco principal del puente (ver Figura A.106). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.106.** Espesor de arco en superestructura tipo arco de mampostería.
8. Ancho (arco)	Se refiere al ancho del arco, simbolizado como “W” en la Figura A.107. Este dato se debe recopilar en metros. En algunos casos el ancho del tablero puede mayor al de la superestructura, en estos casos siempre se debe medir el ancho del arco a la altura del cuerpo de la superestructura (ver Figura A.108).

Tabla A.31. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco de mampostería.

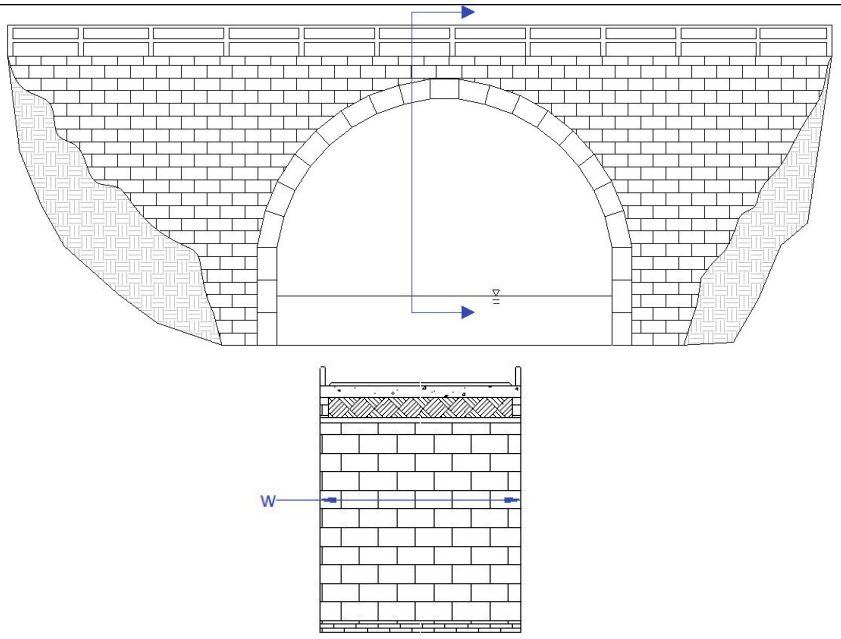
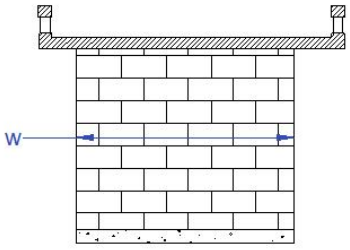
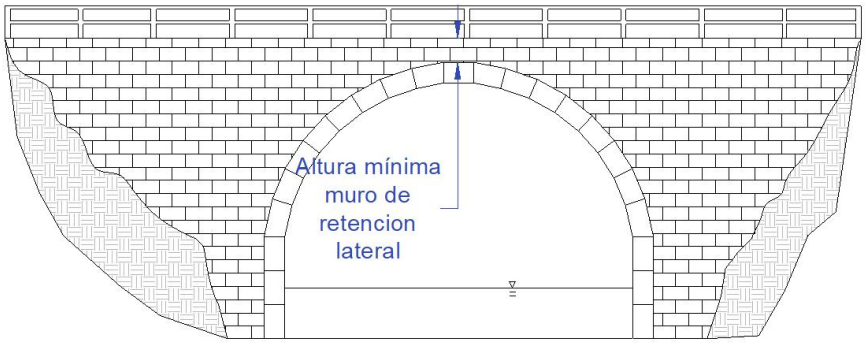
Ítem	Descripción
	 **Figura A.107.** Ancho de arco en superestructura tipo arco de mampostería.  **Figura A.108.** Ancho de arco en superestructura tipo arco de mampostería con tablero más ancho que el arco.
9. Altura mínima de muro de retención lateral	Se refiere a la altura mínima del muro de retención lateral (ver Figura A.109). Este dato se debe recopilar en metros.

Tabla A.31. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco de mampostería.

Ítem	Descripción
	 **Figura A.109.** Altura mínima muro de retención lateral en superestructura tipo arco de mampostería.

A.3.8 Superestructura tipo arco prefabricado (IN-SP-08)

Tabla A.32. Sección B del formulario de superestructura tipo arco prefabricado.

B. Características de la superestructura								
N.° de superestructura								
Pendiente longitudinal		%						
Alineamiento en planta			Longitud de la superestructura	Arco				Altura mínima muro de retención lateral
Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)		Longitud de arco	Flecha	Espesor	Ancho	
	°	m	m	m	m	m	m	m

Tabla A.33. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco prefabricado.

Ítem	Descripción
1. Número de superestructura	Refiérase al ítem 1. Número de superestructura de la Tabla A.19.
2. Pendiente longitudinal	Refiérase al ítem 2. Pendiente longitudinal de la Tabla A.19.
3. Alineamiento en planta	Refiérase al ítem 5. Alineamiento en planta de la Tabla A.19.
4. Longitud de la superestructura	Es la distancia horizontal comprendida entre extremos finales de los muros de retención laterales (ver Figura A.110). Este dato se debe recopilar en metros.

Tabla A.33. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco prefabricado.

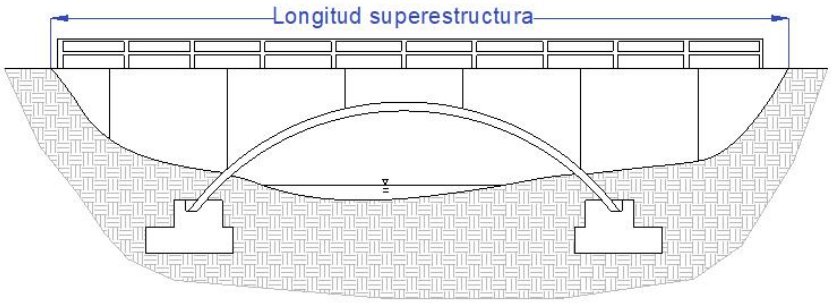
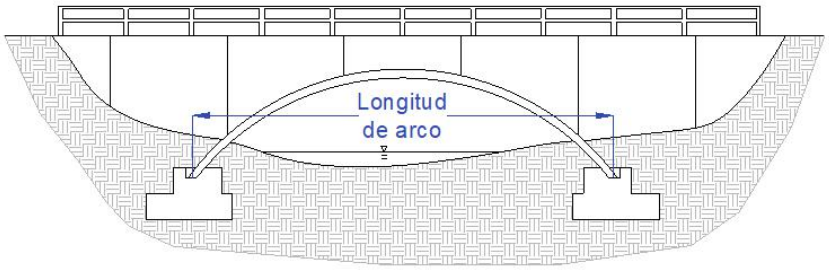
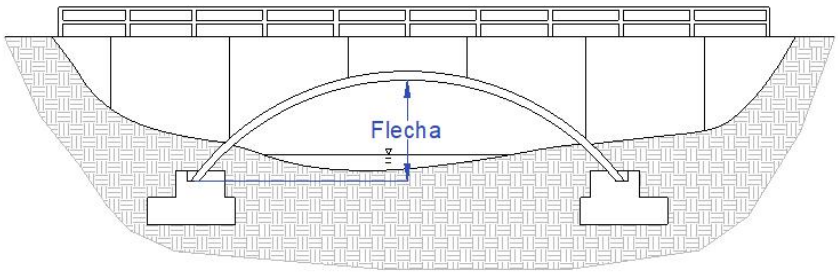
Ítem	Descripción
	 **Figura A.110.** Longitud de superestructura tipo arco prefabricado.
5. Longitud arco	Corresponde a la luz salvada por el arco (ver Figura A.111). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.111.** Longitud de arco en superestructura tipo arco prefabricado.
6. Flecha	Se refiere a la distancia vertical que existe entre el punto de mayor y menor elevación en el arco (ver Figura A.112). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.112.** Flecha de arco en superestructura tipo arco prefabricado.

Tabla A.33. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco prefabricado.

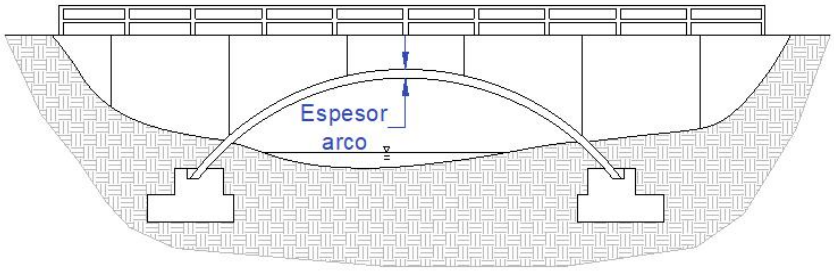
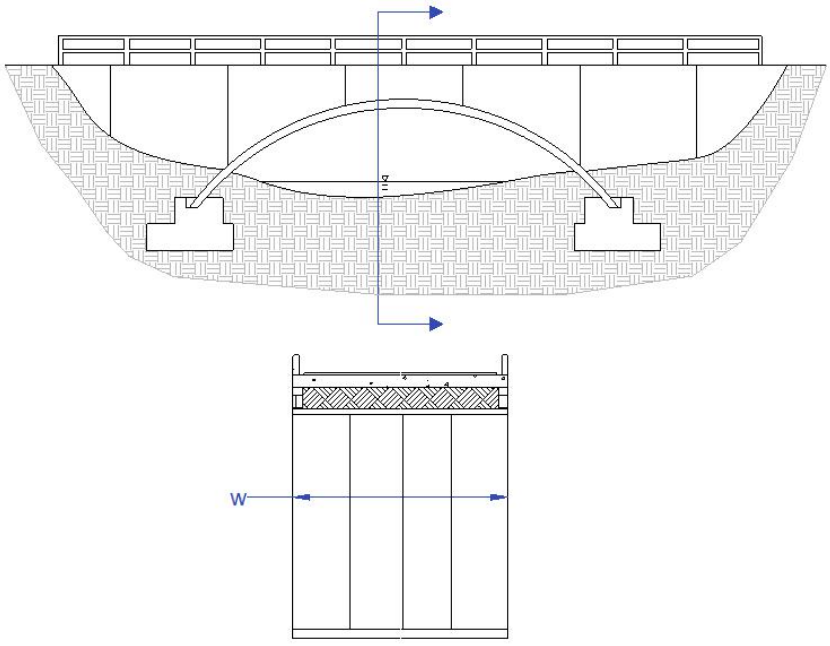
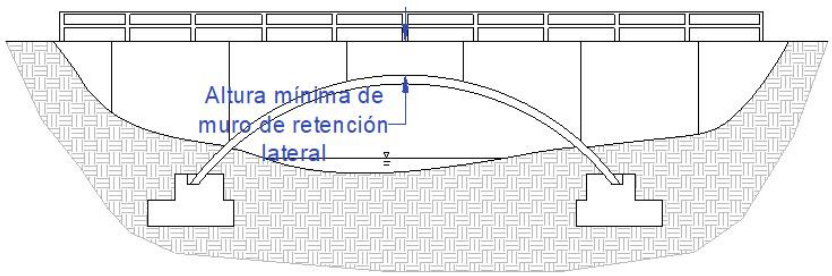
Ítem	Descripción
7. Espesor de arco	Se refiere al espesor del arco prefabricado (ver Figura A.113). Este dato se debe recopilar en metros y en caso de ser variable se debe registrar un promedio.  **Figura A.113.** Espesor del arco en superestructura tipo arco prefabricado.
8. Ancho de arco	Se refiere al ancho del arco, simbolizado como “w” en la Figura A.114. Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.114.** Ancho de arco en superestructura tipo arco prefabricado.
9. Altura mínima de muro de retención	Se refiere a la altura mínima del muro de retención lateral (ver Figura A.115). Este dato se debe recopilar en metros.

Tabla A.33. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo arco prefabricado.

Ítem	Descripción
lateral	 **Figura A.115.** Altura mínima muro de retención lateral.

A.3.9 Superestructura tipo viga cajón (concreto reforzado, presforzado, acero y madera) (IN-SP-09)

Tabla A.34. Sección B del formulario de superestructura tipo viga cajón.

B. Características de la superestructura																		
N.° de superestructura					Material	☐ Concreto reforzado	☐ Concreto presforzado	☐ Acero	☐ Madera laminada									
Pendiente longitudinal		%																
N.° de tramo	Longitud de tramo	Alineamiento en planta			Vigas principales													
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)	N.° de vigas	Separación	N.° de celdas	Altura			Espesor ala inferior			Espesor alma	Ancho	
								Inicial	Centro	Final	Inicial	Centro	Final		Superior	Inferior
	m		°	m		m		m	m	m	m	m	m	m	m	m
	m		°	m		m		m	m	m	m	m	m	m	m	m
	m		°	m		m		m	m	m	m	m	m	m	m	m
	m		°	m		m		m	m	m	m	m	m	m	m	m

Tablero			Recubrimiento en elementos principales	Juntas de expansión		Tipo de conexión
Material	Espesor	Recubrimiento		Inicial	Final	
	mm	mm ☐ TP	mm ☐ TP			

Sistemas de protección (materiales)				Sistemas de protección sísmica
Tablero	Recubrimiento	Superestructura	Recubrimiento	
	mm		mm	

Tabla A.35. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo viga cajón.

Ítem	Descripción
1. Número de superestructura	Refiérase al ítem 1. Número de superestructura de la Tabla A.19.
2. Pendiente longitudinal	Refiérase al ítem 2. Pendiente longitudinal de la Tabla A.19.
3. Número de tramo	Refiérase al ítem 3. Número de tramo de la Tabla A.19.
4. Longitud de tramo	Refiérase al ítem 4. Longitud de tramo de la Tabla A.19.
5. Alineación en planta	Refiérase al ítem 5. Alineación en planta de Tabla A.19.
6. Material (vigas principales)	Se refiere al tipo de material del que están compuestas las vigas principales tipo cajón. **Código** — **Material (viga cajón)** 1 — Concreto reforzado 2 — Concreto presforzado 3 — Acero 4 — Madera laminada **Código** — **Material (viga cajón)** 1 — Concreto reforzado

Tabla A.35. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo viga cajón.

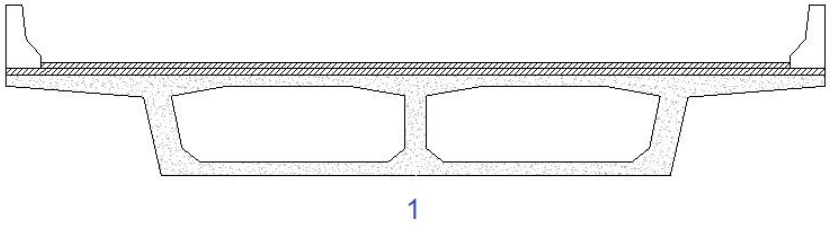
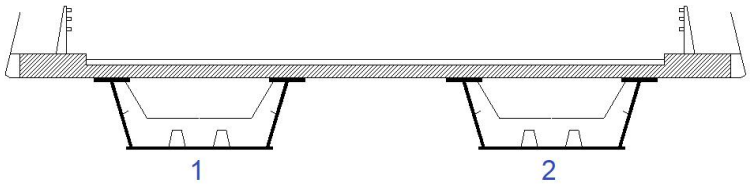
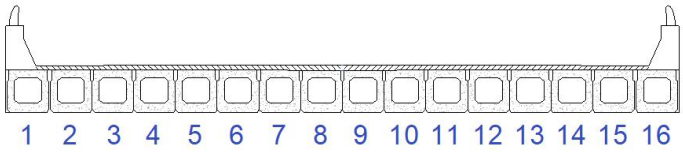
Ítem	Descripción
	2 Concreto presforzado 3 Acero 4 Madera laminada
7. Número de vigas (vigas principales)	Se refiere al número de vigas principales que conforma la superestructura (ver de la Figura a la A.116 a la Figura A.119).  **Figura A.116.** Número de vigas principales (sección transversal de superestructura tipo viga cajón con una viga principal).  **Figura A.117.** Número de vigas principales (sección transversal de superestructura tipo viga cajón con dos vigas principales).  **Figura A.118.** Número de vigas principales (sección transversal de superestructura tipo viga cajón con dieciséis vigas principales).

Tabla A.35. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo viga cajón.

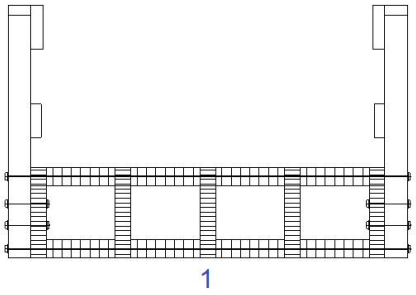
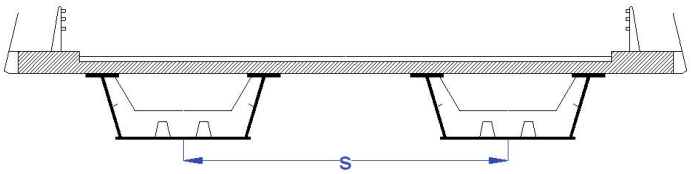
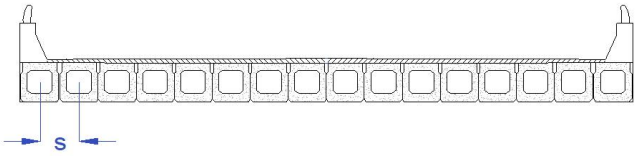
Ítem	Descripción
	 **Figura A.119.** Número de vigas principales (sección transversal de superestructura tipo viga cajón con una viga principal).
8. Separación (vigas principales)	Se refiere a la separación entre vigas principales, simbolizado como “s” en la Figura A.120 y la Figura A.121. Esta distancia se registra como la separación entre línea de centro de vigas principales adyacentes. Cuando la superestructura cuente con una única viga cajón se debe indicar “NA” (no aplica).  **Figura A.120.** Separación en vigas principales (sección transversal de superestructura tipo viga cajón con dos vigas principales).  **Figura A.121.** Separación en vigas principales (sección transversal de superestructura tipo viga cajón con dieciséis vigas principales).
9. Número de celdas (vigas principales)	Se refiere al número de celdas que poseen las vigas principales tipo cajón (ver Figura de la A.122 a la Figura A.125).

Tabla A.35. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo viga cajón.

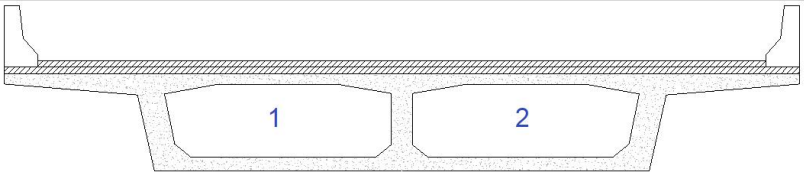
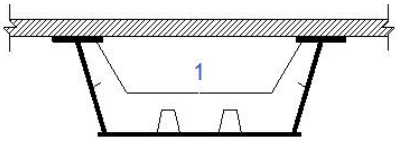
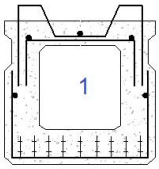
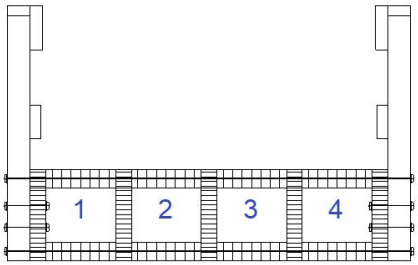
Ítem	Descripción
	 **Figura A.122.** Número de celdas en vigas principales (sección transversal viga cajón de dos celdas).  **Figura A.123.** Número de celdas en vigas principales (sección transversal viga cajón de una celda).  **Figura A.124.** Número de celdas en vigas principales (sección transversal de viga cajón de una celda).  **Figura A.125.** Número de celdas en vigas principales (sección transversal de viga cajón de cuatro celdas).
10. Altura (vigas principales)	Se refiere a la altura de las vigas principales. Se mide desde la cara inferior del ala inferior a la cara inferior del tablero. Está simbolizado como “h” de la Figura A.126 a la Figura A.129. Este dato se debe recopilar en metros.

Tabla A.35. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo viga cajón.

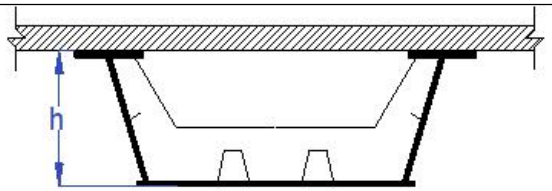
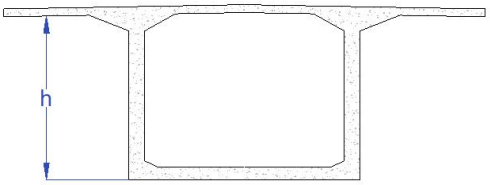
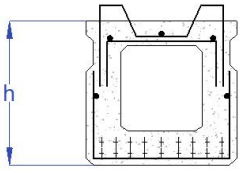
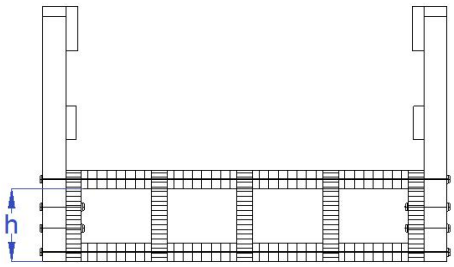
Ítem	Descripción
	 **Figura A.126.** Altura en viga principal (sección transversal de viga cajón de acero).  **Figura A.127.** Altura en viga principal (sección transversal de viga cajón de concreto presforzado).  **Figura A.128.** Altura en viga principal (sección transversal de viga cajón de concreto presforzado).  **Figura A.129.** Altura en viga principal (sección transversal de viga cajón de madera laminada). Es importante indicar que tal como se muestra en la Figura A.130, esta dimensión no incluye el espacio que, en algunos casos, existe entre la cara superior de la viga y la cara inferior del tablero.

Tabla A.35. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo viga cajón.

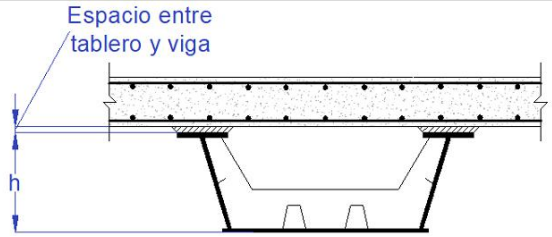
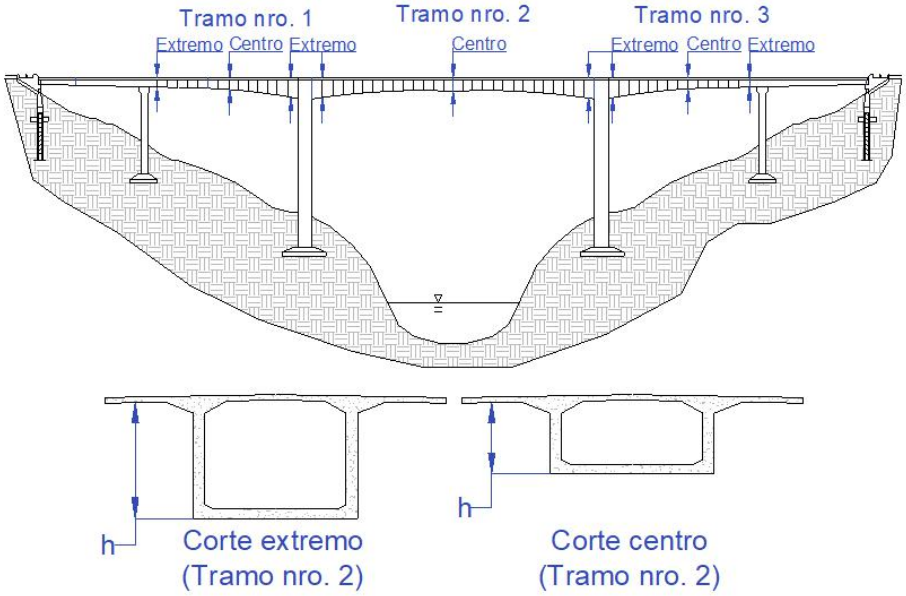
Ítem	Descripción
	 **Figura A.130.** Espacio entre cara superior de la viga y cara inferior tablero. En superestructuras con vigas principales de sección variable, se debe recopilar la altura al centro y extremos (inicial y final) de cada tramo (ver Figura A.131). En superestructuras con vigas de sección constante, se debe registrar el mismo valor en cada casilla (inicial, centro y final).  **Figura A.131.** Altura en viga principal de sección variable.
11. Espesor ala inferior (vigas principales)	Se refiere al espesor del ala inferior, simbolizado como "t_f" de la Figura A.132 a la Figura A.135. En superestructuras con vigas principales de sección variable se debe recopilar el espesor del ala inferior al centro y extremos (inicial y final) de cada tramo (ver Figura A.136). En superestructuras con vigas de sección constante, se registra el mismo valor en las tres casillas (inicial, centro y final).

Tabla A.35. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo viga cajón.

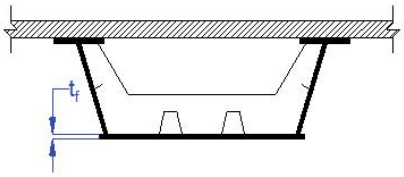
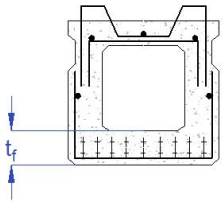
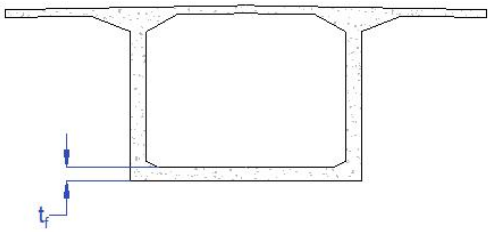
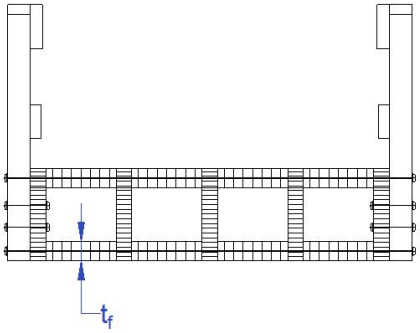
Ítem	Descripción
	 **Figura A.132.** Espesor en ala inferior de viga principal (sección transversal de viga cajón de acero).  **Figura A.133.** Espesor en ala inferior de viga principal (sección transversal de viga cajón de concreto presforzado).  **Figura A.134.** Espesor en ala inferior de vigas principales (sección transversal de viga cajón de concreto presforzado).  **Figura A.135.** Espesor en ala inferior de vigas principales (sección transversal de viga cajón de madera laminada).

Tabla A.35. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo viga cajón.

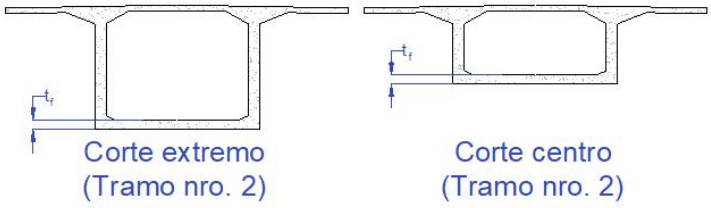
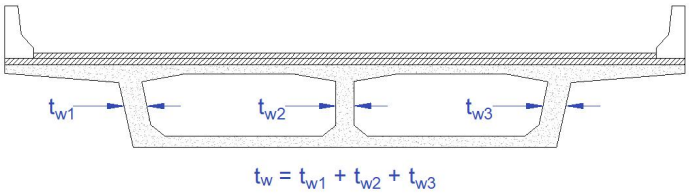
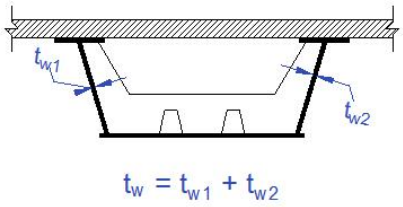
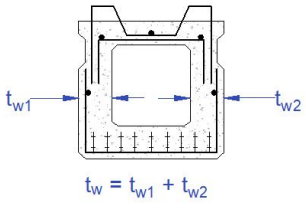
Ítem	Descripción
	 **Figura A.136.** Espesor en ala inferior de viga principal de sección variable.
12. Espesor de alma (vigas principales)	Se refiere al espesor del alma del cajón. Este dato se debe recopilar en metros y se debe registrar como la sumatoria de los espesores de las caras laterales de la viga tipo cajón y de las celdas cuando corresponda. Está simbolizado como "t_w" de la Figura A.137 a la Figura A.140.  **Figura A.137.** Espesor de alma en vigas principales (viga tipo cajón de dos celdas).  **Figura A.138.** Espesor de alma en vigas principales (viga tipo cajón de una celda).  **Figura A.139.** Espesor de alma en vigas principales (viga tipo cajón de una celda).

Tabla A.35. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo viga cajón.

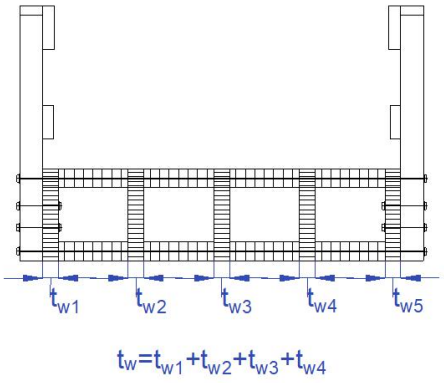
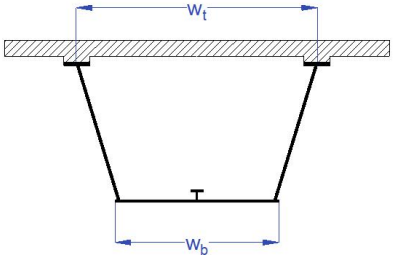
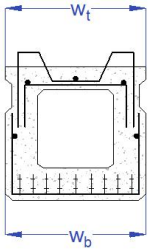
Ítem	Descripción
	 **Figura A.140.** Espesor de alma en vigas principales (viga tipo cajón de cuatro celdas).
13. Ancho (vigas principales)	Se refiere al ancho de las vigas principales, simbolizado como "w_b" para el ancho inferior y "w_t" para el ancho superior de la Figura A.141 a la Figura A.144. Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.141.** Ancho superior e inferior de viga principal (sección transversal de viga cajón de acero).  **Figura A.142.** Ancho superior e inferior de viga principal (sección transversal de viga cajón de concreto presforzado).

Tabla A.35. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo viga cajón.

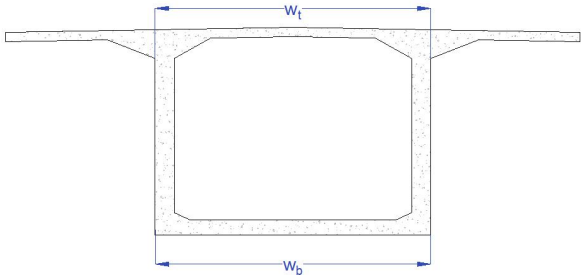
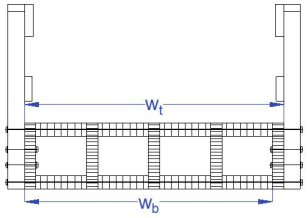
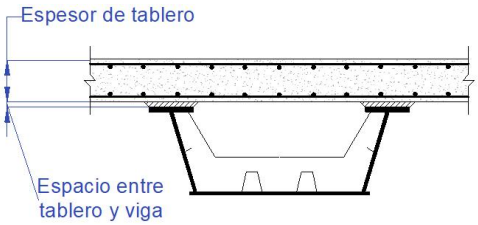
Ítem	Descripción
	 **Figura A.143.** Ancho superior e inferior de viga principal (sección transversal de viga cajón de concreto presforzado).  **Figura A.144.** Ancho superior e inferior de viga principal (sección transversal de viga cajón de concreto presforzado).
14. Tablero	Ver ítem 13. Tablero de la Tabla A.19. Adicionalmente, es importante indicar que tal como se muestra en la Figura A.145, el espesor del tablero no incluye el espacio que casos existe entre la cara superior de la viga y la cara inferior del tablero. Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.145.** Espesor del tablero en superestructura tipo viga cajón de concreto presforzado.
15. Recubrimiento en elementos principales	Cuando la viga cajón es de concreto preesforzado refiérase al ítem 14. Recubrimiento en elementos principales de la Tabla A.19. En caso de que la superestructura tipo cajón sea de acero o madera se debe indicar “NA” (no aplica).
16. Juntas de expansión	Refiérase al ítem 15. Juntas de expansión de la Tabla A.19.

Tabla A.35. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo viga cajón.

Ítem	Descripción
17. Tipo de conexión	En el caso de superestructuras de acero refiérase al ítem 36. Tipo de conexión de la Tabla A.23. En el caso de superestructuras de concreto presforzado o madera se debe indicar “NA” (no aplica).
18. Sistema de protección (materiales)	Para elementos de concreto refiérase al ítem 16. Sistemas de protección (materiales) de la Tabla A.19. Por otro lado, para el caso de elementos de acero refiérase al ítem 34. Sistema de protección (materiales) de la Tabla A.23, mientras que para elementos de madera refiérase al ítem 27. Sistema de protección (materiales) de la Tabla de la Tabla A.25.
19. Sistemas de protección sísmica	Refiérase al ítem 17. Sistemas de protección sísmica de la Tabla A.19.

A.3.10 Superestructura tipo cercha (IN-SP-10)

Tabla A.36. Sección B del formulario de superestructura tipo cercha.

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura																									
Pendiente longitudinal					%																				
Material	□ Acero □ Madera laminada	**Tipo cercha**	□ Paso inferior □ Paso superior □ Media altura	**Configuración**	□ Pratt □ Camelback □ Parker	□ Pennsylvania □ Wichert □ Warren	□ Warren con verticales □ Modular	**Clasificación puente modular**												**N.° de cerchas**					
								Fabricante		**Configuración**										**N.° de paneles**					
																				Separación	m				

N.° de tramo	**Longitud de tramo**	**Alineamiento en planta**			**Altura**			**Cercha**								**Vigas transversales**	
								Cuerda superior		**Cuerda inferior**		**Diagonales**		**Verticales**			
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)	Inicial	Centro	Final	**Tipo de sección**	**Área de sección**	**Tipo de sección**	**Área de sección**	**Tipo de sección**	**Área de sección**	**Tipo de sección**	**Área de sección**	**Tipo de sección**	**Área de sección**
	m		°	m	m	m	m		m^2		m^2		m^2		m^2		m^2
	m		°	m	m	m	m		m^2		m^2		m^2		m^2		m^2
	m		°	m	m	m	m		m^2		m^2		m^2		m^2		m^2
	m		°	m	m	m	m		m^2		m^2		m^2		m^2		m^2

N.° de tramo	**Vigas de piso**			**Arriostramiento superior**	**Arriostramiento inferior**		**Portal**				**Arriostramiento vertical**			
	N.° de vigas	**Tipo de sección**	**Área de sección**	**Tipo de sección**	**Área de sección**	**Tipo de sección**	**Área de sección**	**N.° de paneles**	**Altura**	**Tipo de sección**	**Área de sección**	**N.° de paneles**	**Altura**	**Tipo de sección**	**Área de sección**
			m^2		m^2		m^2		m		m^2		m		m^2
			m^2		m^2		m^2		m		m^2		m		m^2
			m^2		m^2		m^2		m		m^2		m		m^2
			m^2		m^2		m^2		m		m^2		m		m^2

Tablero			**Juntas de expansión**		**Tipo de conexión**
Material	Espesor	Recubrimiento	Inicial	Final	
	mm	mm □ TP			

Sistemas de protección (materiales)				**Sistemas de protección sísmica**
Tablero	Recubrimiento	Superestructura	Recubrimiento	
	mm		mm	

Tabla A.37. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo cercha.

Ítem	Descripción

Tabla A.37. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo cercha.

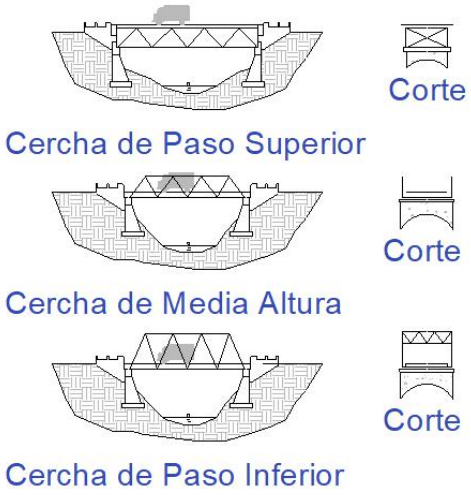
<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td>1. Número de superestructura</td><td>Refiérase al ítem 1. Número de superestructura de la Tabla A.19.</td></tr>
<tr><td>2. Pendiente longitudinal</td><td>Refiérase al ítem 2. Pendiente longitudinal de la Tabla A.19.</td></tr>
<tr><td>3. Tipo de cercha</td><td>Se refiere al tipo de cercha de acuerdo con la posición del tablero en la superestructura (ver Figura A.146).
 

Figura A.146. Tipo de cercha.

Código — Tipo de cercha
1 — Cercha de paso inferior
2 — Cercha de media altura
3 — Cercha de paso superior</td></tr>
<tr><td>4. Material</td><td>Se refiere al tipo de material del que están compuestas las cerchas.

Código — Material
1 — Acero
2 — Madera laminada</td></tr>
</table>

Tabla A.37. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo cercha.

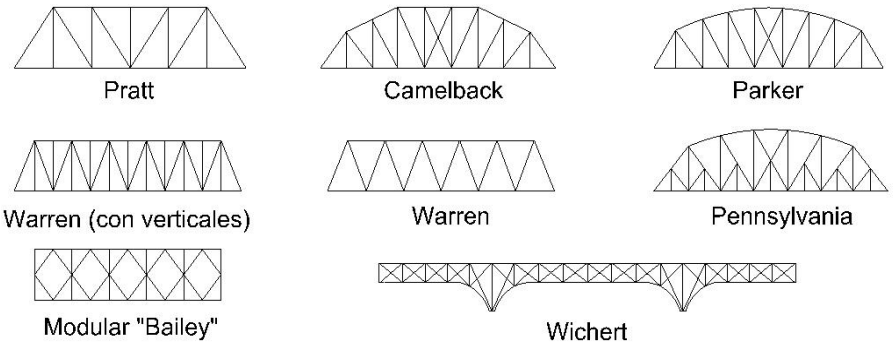
<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td>5. Configuración cercha</td><td>Se refiere a la configuración geométrica de las cerchas (ver Figura A.147).
 

Figura A.147. Configuración cercha.

<table>
<tr><th>Código</th><th>Configuración</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Pratt</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Camelback</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Parker</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Warren</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Warren (con verticales)</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Pennsylvania</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Wichert</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Modular “Bailey”</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>6. Fabricante (clasificación puente modular)</td><td>En el caso de que la configuración geométrica de las cerchas corresponda a “Modular” (Bailey), se debe el nombre del fabricante del puente.</td></tr>
<tr><td>7. Configuración (clasificación puente modular)</td><td>En el caso de que la configuración geométrica de las cerchas corresponda a “Modular” (Bailey), se debe indicar la clasificación de los paneles que componen el puente. Dicha clasificación se da en</td></tr>
</table>

Tabla A.37. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo cercha.

<table>
<tr><th>Ítem</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td></td><td>función de cuatro parámetros, de izquierda a derecha:

• Parámetro 1 (letra): Se refiere al número de líneas de paneles que conforman los elementos principales (ver Figura A.148).

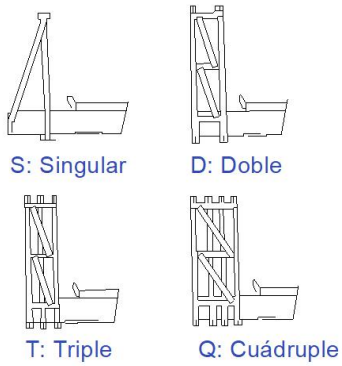
 

Figura A.148. Número de líneas de paneles.

<table><tr><th>Código</th><th>Número de línea de paneles</th></tr><tr><td>S</td><td>Singular</td></tr><tr><td>D</td><td>Doble</td></tr><tr><td>T</td><td>Triple</td></tr><tr><td>Q</td><td>Cuádruple</td></tr></table>• Parámetro 2 (letra): Se refiere al número de pisos de paneles que conforman los elementos principales (ver Figura A.149).

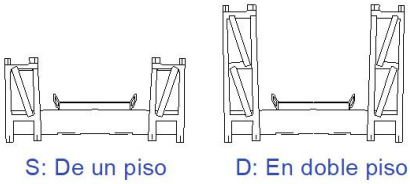
 

Figura A.149. Número de pisos de paneles.

<table><tr><th>Código</th><th>Número de piso de paneles</th></tr><tr><td>S</td><td>De un piso</td></tr><tr><td>D</td><td>En doble piso</td></tr></table>• Parámetro 3 (letra): Si las cuerdas superiores e inferiores de uno, varios o todos los paneles se encuentran reforzadas, se debe indicar una letra “R”, de lo contrario “N” para no reforzadas (ver Figura A.150).</td></tr>
</table>

Tabla A.37. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo cercha.

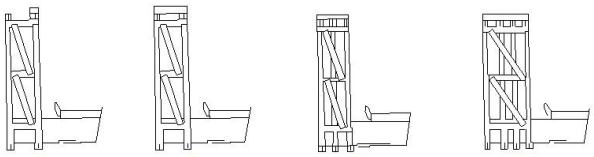
Ítem	Descripción
	 Paneles reforzados Paneles no reforzados **Figura A.150.** Refuerzo de paneles. **Código** **Refuerzo de paneles** R Reforzados N No reforzados • Parámetro 4 (número): Se refiere al número de paneles reforzados en los elementos principales (ver Figura A.151). Si no hay refuerzos se indica con el número 0.  1 2 3 4 **Figura A.151.** Número de paneles reforzados. **Código** **Número de paneles reforzados** 1 Un panel reforzado 2 Dos paneles reforzados 3 Tres paneles reforzados 4 Cuatro paneles reforzados
8. Número de cerchas	Se refiere al número de cerchas principales que componen la sección transversal de la superestructura. Una superestructura tipo cercha usualmente está compuesta por dos cerchas principales. En el caso de cerchas de paso superior pueden existir más de dos cerchas principales. Para el caso de puente modulares, siempre se debe indicar “2” ya que el número de cerchas (número de líneas de paneles) se encuentra contabilizado en la clasificación de los paneles (ver ítem 5. Clasificación puente modular de esta tabla).
9. Número de paneles	Se refiere al número de paneles que compone cada cercha. Un panel es la distancia horizontal comprendida entre dos nudos

Tabla A.37. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo cercha.

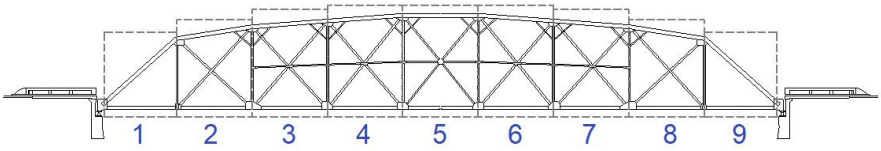
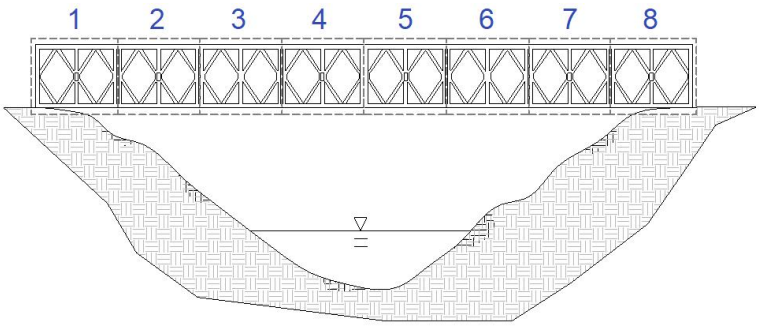
Ítem	Descripción
	adyacentes de la cuerda inferior, o lo que es lo mismo, la distancia horizontal comprendida entre dos vigas transversales o dos columnas adyacentes (ver Figura A.152). En el caso de puentes modulares, corresponde con el número de cercha modulares que lo componen, las cuales están unidas entre sí con pines de unión (ver Figura A.153).  Configuración Parker **Figura A.152.** Número de paneles en cercha (superestructura tipo cercha con configuración Parker).  Modular "Bailey" **Figura A.153.** Número de paneles en cercha (superestructura tipo cercha modular “Bailey”).
10. Separación	Se refiere a la separación entre líneas de centro de cerchas principales del puente. Está simbolizado como “s” de la Figura A.154 a la A.156. En el caso de puentes modulares, corresponde a la separación entre “línea de centro” de líneas de paneles (ver Figura A.155).

Tabla A.37. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo cercha.

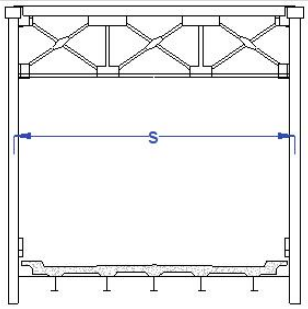
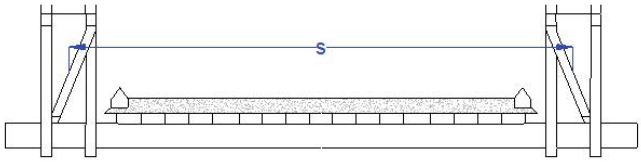
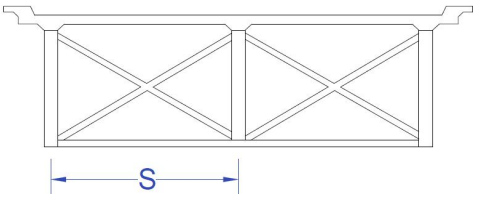
Ítem	Descripción
	 **Figura A.154.** Separación entre cerchas (sección transversal superestructura tipo cercha de paso inferior).  **Figura A.155.** Separación entre cerchas (sección transversal superestructura tipo cercha de paso superior).  **Figura A.156.** Separación entre cerchas (sección transversal superestructura tipo cercha de paso superior).
11. Número de tramo	Refiérase al ítem 3. Número de tramo de la Tabla A.19.
12. Longitud de tramo	Refiérase al ítem 4. Longitud de tramo de la Tabla A.19.
13. Alineación en planta	Refiérase al ítem 5. Alineación en planta de Tabla A.19.
14. Altura	Se refiere a la altura de las cerchas principales. Este dato se debe medir como la distancia vertical entre línea de centro de cuerda superior e inferior y está simbolizado como “h” en la Figura A.157 y la Figura A.158. En cerchas de paso inferior y de media altura, esta distancia se debe medir al nivel de los portales y al centro de la

Tabla A.37. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo cercha.

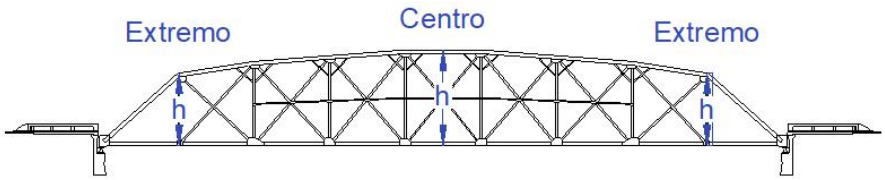
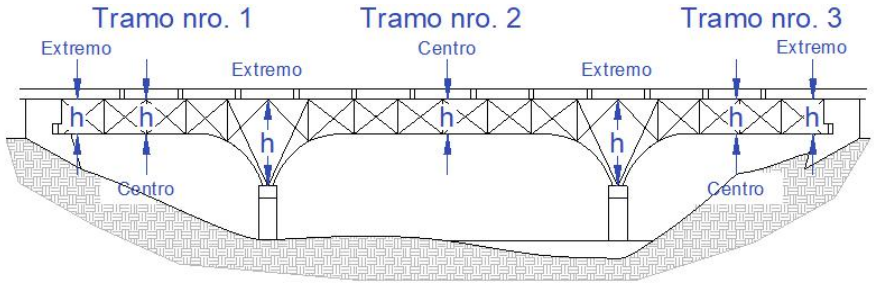
Ítem	Descripción
	cercha (ver Figura A.157). En el caso de cerchas de paso superior, se debe medir al centro y extremo de cada tramo (ver Figura A.158). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.157.** Altura en cerchas (superestructura tipo cercha de paso inferior).  **Figura A.158.** Altura en cerchas (superestructura tipo cercha de paso superior).
15. Tipo de sección (cuerda superior)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
16. Área de sección (cuerda superior)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de la Tabla A.23.
17. Tipo de sección (cuerda inferior)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
18. Área de sección (cuerda inferior)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de la Tabla A.23.
19. Tipo de sección (diagonales)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
20. Área de sección (diagonales)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de la Tabla A.23.
21. Tipo de sección (verticales)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.

Tabla A.37. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo cercha.

Ítem	Descripción
22. Área de sección (verticales)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de la Tabla A.22.
23. Tipo de sección (vigas transversales)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
24. Área de sección (vigas transversales)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de la Tabla A.23.
25. Número de vigas (vigas de piso)	Refiérase al ítem 25. Número de vigas de la Tabla A.23.
26. Tipo de sección (vigas de piso)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
27. Área de sección (vigas de piso)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de la Tabla A.23.
28. Tipo de sección (arriostramiento superior)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
29. Área de sección (arriostramiento superior)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de la Tabla A.23.
30. Tipo de sección (arriostramiento inferior)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
31. Área de sección (arriostramiento inferior)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de la Tabla A.23.
32. Número de paneles (portal)	Se refiere al número de paneles que compone el sistema de arriostramiento del portal. Un panel es la distancia horizontal comprendida entre dos nudos adyacentes (ver Figura A.159). En cerchas de paso inferior y de media altura se debe indicar “NA” (no aplica).

Tabla A.37. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo cercha.

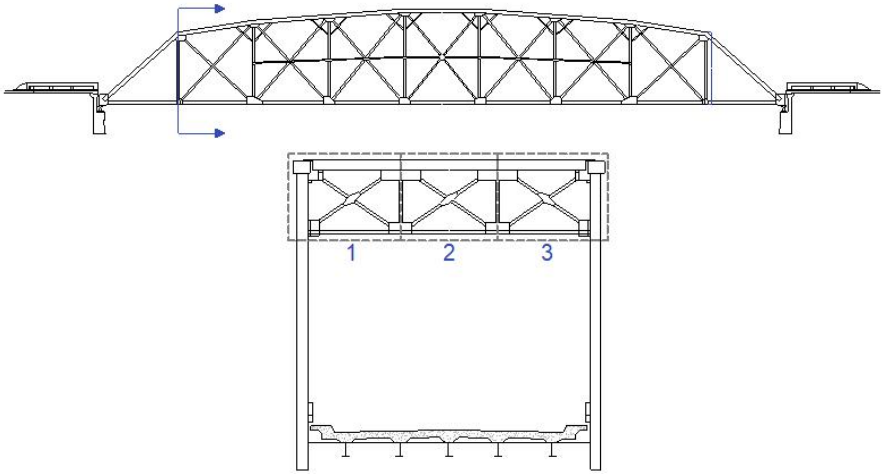
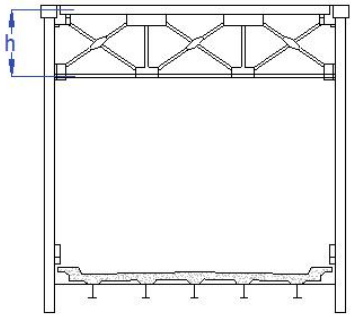
Ítem	Descripción
	 **Figura A.159.** Número de paneles (sección transversal del portal).
33. Altura (portal)	Se refiere a la altura de los paneles que componen el sistema de arriostramiento del portal, simbolizada como “h” en la Figura A.160. Este dato se debe medir entre línea de centro de elementos y recopilar en metros. En cerchas de paso inferior y de media altura se debe indicar “NA” (no aplica).  **Figura A.160.** Altura paneles (sección transversal del portal).
34. Tipo de sección (portal)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
35. Área de sección (portal)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de la Tabla A.23.
36. Número de paneles (arriostramiento	Se refiere al número de paneles que compone el sistema de arriostramiento lateral. Un panel es la distancia horizontal comprendida entre dos nudos adyacentes (ver Figura A.161).

Tabla A.37. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo cercha.

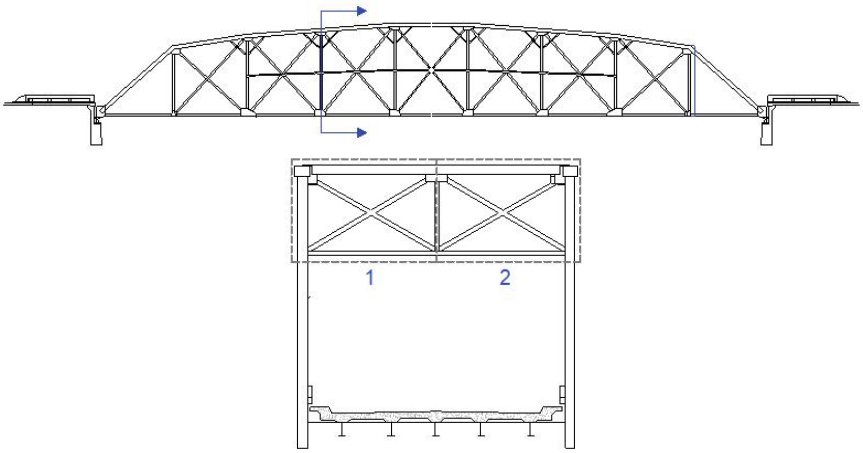
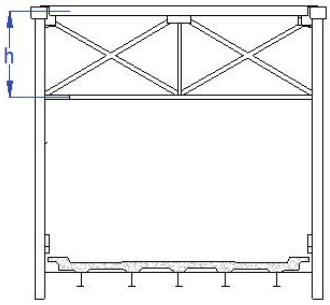
Ítem	Descripción
lateral)	 **Figura A.161.** Número de paneles (sección transversal sistema de arriostramiento lateral).
37. Altura (arriostramiento lateral)	Se refiere a la altura de los paneles que componen el sistema de arriostramiento lateral simbolizado como “h” en la Figura A.162. Este dato se debe medir entre línea de centro de elementos y recopilar en metros.  **Figura A.162.** Altura paneles (sección transversal sistema de arriostramiento lateral).
38. Tipo de sección (arriostramiento lateral)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
39. Área de sección (arriostramiento lateral)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de la Tabla A.23.
40. Tablero	Ver ítem 13. Tablero de la Tabla A.19.

Tabla A.37. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo cercha.

Ítem	Descripción
41. Juntas de expansión	Ver ítem 15. Juntas de expansión de la Tabla A.19.
42. Tipo de conexión	Refiérase al ítem 36. Tipo de conexión de la Tabla A.23.
43. Sistema de protección (materiales)	Para elementos de acero refiérase al ítem 34. Sistema de protección (materiales) de la Tabla A.23, mientras que para elementos de madera refiérase al ítem 27. Sistema de protección (materiales) de la Tabla A.25.
44. Sistemas de protección sísmica	Refiérase al ítem 17. Sistemas de protección sísmica de la Tabla A.19.

A.3.11 Superestructura tipo colgante (IN-SP-11)

Tabla A.38. Sección B del formulario de superestructura tipo colgante.

B. Características de la superestructura																
N.° de superestructura																
Pendiente longitudinal		%														
Longitud suspendida	Cables principales								Cables secundarios		Cercha rigidizadora					
	N.° líneas de cable	Área de sección	Flecha	Distancia a sistema de piso	Separación	Anclaje en acceso n.° 1	Anclaje en acceso n.° 2		Separación	Ára de sección	Configuración	N.° de paneles	Altura	Tipo de sección	Área de sección	
m		m^2	m	m	m	m	m		m	m^2			m		m^2	
Vigas transversales			Vigas de piso													
Tipo de sección	Área de sección	Separación	N.° de vigas	Tipo de sección	Área de sección											
	m^2	m			m^2											
Tablero				Juntas de expansión		Tipo de conexión										
Material		Espesor	Recubrimiento	Inicial	Final											
		mm	mm ☐ TP													
Sistemas de protección (materiales)				Sistemas de protección sísmica												
Tablero	Recubrimiento	Superestructura	Recubrimiento													
	mm		mm													

Tabla A.39. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo colgante.

Ítem	Descripción
1. Número de superestructura	Refiérase al ítem 1. Número de superestructura de la Tabla A.19.
2. Pendiente longitudinal	Refiérase al ítem 2. Pendiente longitudinal de la Tabla A.19.

Tabla A.39. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo colgante.

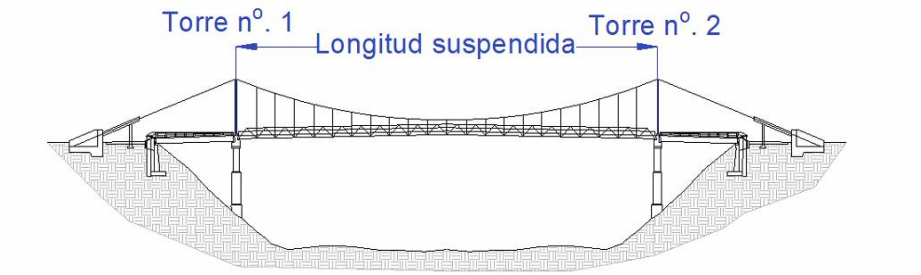
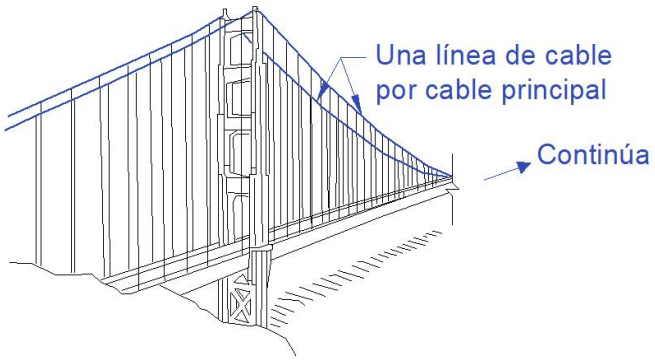
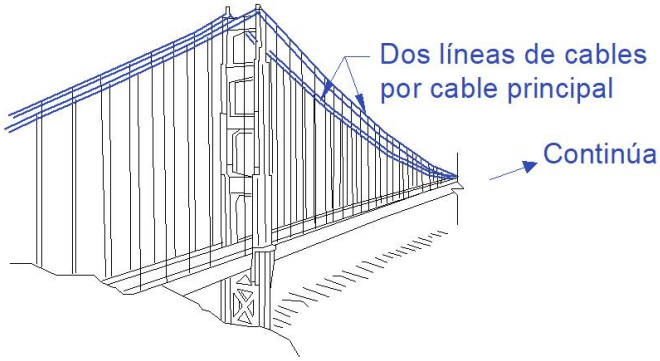
Ítem	Descripción
3. Longitud suspendida	Se refiere a la longitud total suspendida de la superestructura. Es la distancia comprendida entre línea centro de los apoyos iniciales y finales de las torres (ver Figura A.163). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.163.** Longitud de puente colgante.
4. Número de líneas de cable (cables principales)	Se refiere al número de líneas de cable que componen cada cable principal de la superestructura (ver Figura A.164 y Figura A.165).  **Figura A.164.** Número de cables principales en puente colgante (una línea de cable por cable principal).  **Figura A.165.** Número de cables principales en puente colgante (dos líneas de cable por cable principal).

Tabla A.39. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo colgante.

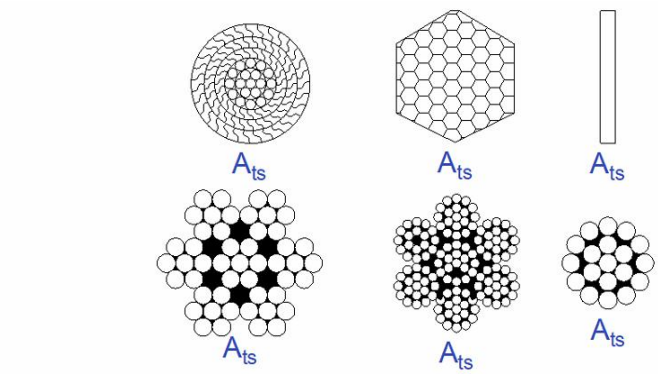
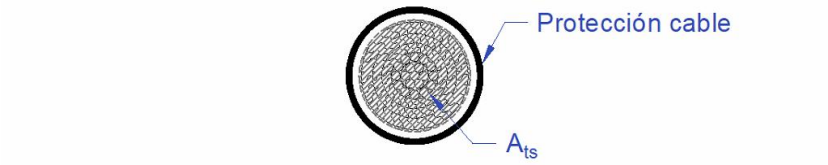
Ítem	Descripción
5. Área de sección (cables principales)	Se refiere al área de la sección transversal "A_{ts}" de los cables individuales que componen las líneas de cable de los cables principales (ver Figura A.166). Este dato se debe recopilar en milímetros cuadrados. El inspector debe medir en campo todas las dimensiones necesarias para obtener un área transversal aproximada del elemento. En algunos casos, las líneas de cables de los cables principales pueden estar conformados por pletinas de acero de sección rectangular. En el caso de que los cables no se encuentren expuestos debido a que están protegidos por ductos (ver Figura A.167), se debe registrar el área de la sección trasversal de acuerdo con información de planos.  **Figura A.166.** Área transversal en cables principales.  **Figura A.167.** Área transversal en cables principales protegidos por ductos.
6. Flecha (cables principales)	Se refiere a la distancia vertical desde el punto inferior (punto más bajo o vértice de la parábola) de los cables principales hasta el punto superior (punto más alto) (ver Figura A.168). Este dato se debe recopilar en metros.

Tabla A.39. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo colgante.

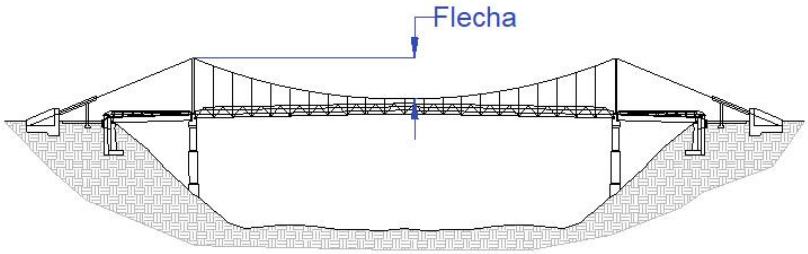
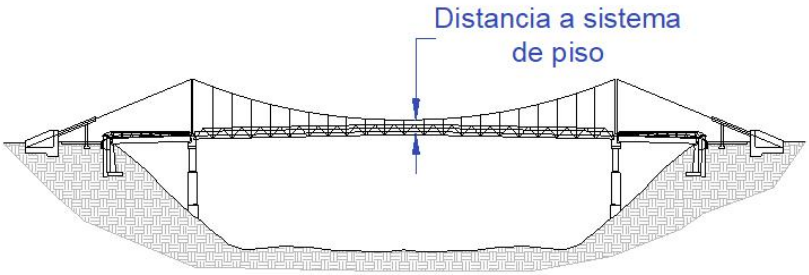
Ítem	Descripción
	 **Figura A.168.** Flecha en puente tipo colgante.
7. Distancia a sistema de piso (cables principales)	Se refiere a la distancia vertical entre el punto inferior del cable principal y el punto de conexión de los cables secundarios con las vigas transversales (ver Figura A.169). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.169.** Distancia a sistema de piso.
8. Separación (cables principales)	Se refiere a la separación “s” transversal entre cables principales (ver Figura A.170 y Figura A.171). Esta distancia se registra como la separación entre líneas de centro de cables principales y se recopila en metros.  **Figura A.170.** Separación en cable principales (una línea de cable por cable principal).  **Figura A.171.** Separación en cable principales (dos líneas de cable por cable principal).
9. Anclaje en acceso	Se refiere a la distancia comprendida entre la torre y la zona de

Tabla A.39. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo colgante.

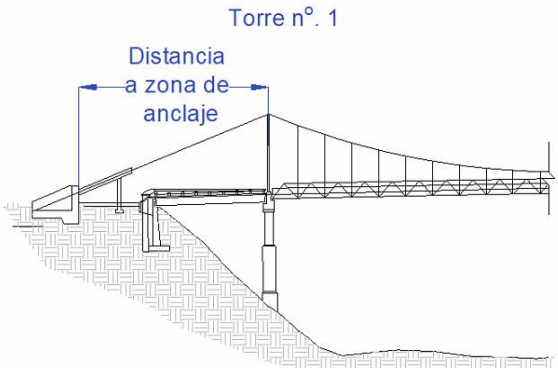
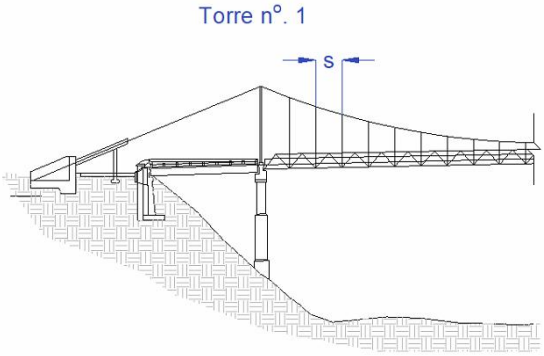
Ítem	Descripción
n.° 1 (cables principales)	anclaje del cable principal en los accesos, medida perpendicularmente de la línea de centro del eje vertical de la torre al extremo de la zona de anclaje (ver Figura A.172). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.172.** Anclaje en accesos.
10. Anclaje en acceso n.° 2 (cables principales)	Refiérase al ítem 9. Anclaje en acceso n.° 1 de esta tabla.
11. Separación (cables secundarios)	Se refiere a la distancia horizontal existente entre dos cables secundarios medidos a su línea de centro (ver Figura A.173). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.173.** Separación entre cables secundarios.
12. Área sección (cables secundarios)	Refiérase al ítem 5. Área de sección de esta tabla.
13. Configuración (cerchas	Se refiere a la configuración geométrica de los paneles de las cerchas rigidizadoras en la dirección longitudinal del puente (ver

Tabla A.39. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo colgante.

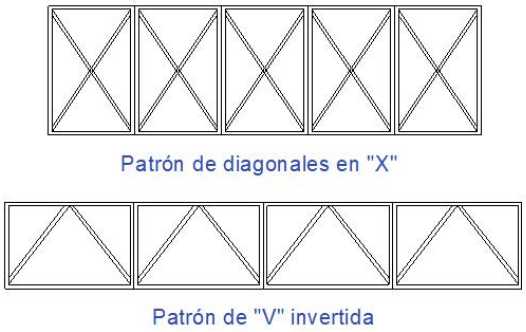
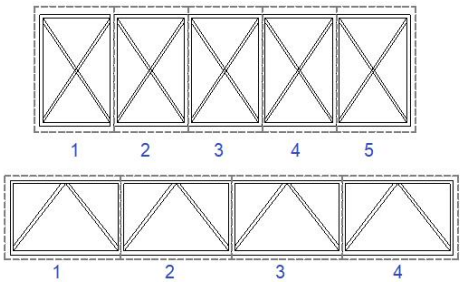
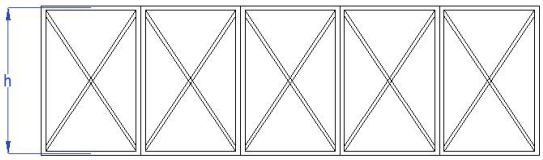
Ítem	Descripción
rigidizadoras)	Figura A.174).  **Figura A.174.** Configuración de cercha rigidizadoras. **Código** — **Configuración (cerchas rigidizadoras)** 1 — Patrón de “V” invertida 2 — Patrón de diagonales en “X”
14. Número de paneles (cerchas rigidizadoras)	Se refiere al número de paneles que compone la cercha rigidizadora. Un panel es la distancia horizontal comprendida entre dos nudos adyacentes de la cuerda inferior (ver Figura A.175).  **Figura A.175.** Número de paneles de las cerchas rigidizadoras.
15. Altura (cerchas rigidizadoras)	Se refiere a la altura de cerchas rigidizadoras. Se mide desde la cara inferior del ala inferior a la cara superior del ala superior. Está simbolizado como “h” en la Figura A.176. Este dato se debe recopilar en metros. 

Tabla A.39. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo colgante.

Ítem	Descripción
	Figura A.176. Altura en cerchas rigidizadoras.
16. Tipo sección (cerchas rigidizadoras)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
17. Área sección (cerchas rigidizadoras)	Refiérase al ítem 14. Área sección de la Tabla A.23.
18. Tipo de sección (vigas transversales)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
19. Área sección (vigas transversales)	Refiérase al ítem 14. Área de sección de esta tabla.
20. Separación (vigas transversales)	Refiérase al ítem 24. Separación de la Tabla A.23.
21. Número de vigas (vigas de piso)	Refiérase al ítem 25. Número de vigas de la Tabla A.23.
22. Tipo de sección (vigas de piso)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.22.
23. Área sección (vigas de piso)	Refiérase al ítem 14. Área sección de la Tabla A.23.
24. Tablero	Refiérase al ítem 13. Tablero de la Tabla A.19.
25. Juntas de expansión	Refiérase al ítem 15. Juntas de expansión de la Tabla A.19.
26. Tipo de conexión	Refiérase al ítem 36. Tipo de conexión de la Tabla A.23.
27. Sistema de protección (materiales)	Para elementos de concreto refiérase al ítem 16. Sistemas de protección (materiales) de la Tabla A.19. Por otro lado, para el caso de elementos de acero refiérase al ítem 34. Sistema de protección (materiales) de la Tabla A.23.
28. Sistemas de protección sísmica	Refiérase al ítem 17. Sistemas de protección sísmica de la Tabla A.19.

A.3.12 Superestructura tipo atirantada (IN-SP-12)

Tabla A.40. Sección B del formulario de superestructura tipo atirantada.

B. Características de la superestructura														
N.° de superestructura			Configuración	☐ Abanico ☐ Harpa ☐ Intermedia (abanico-harpa) ☐ Estrella										
Pendiente longitudinal	%													
Longitud de la superestructura	Vigas principales						Diafragmas internos			Vigas transversales				
	Tipo de sección	Altura	Ancho alas	Espesores		Separación	N.° de diafragmas	Tipo de sección	Área de sección	Tipo de sección	Área de sección	Separación		
				Alma	Alas									
m	m	m	m	mm	mm	m			m^2		m^2	m		

Cables principales			
N.° de par de cables	Longitud	Ángulo	Área de sección
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2

Tablero			Juntas de expansión		Tipo de conexión
Material	Espesor	Recubrimiento	Inicial	Final	
	mm	mm ☐ TP			

Sistemas de protección (materiales)				Sistemas de protección sísmica
Tablero	Recubrimiento	Superestructura	Recubrimiento	
	mm		mm	

Tabla A.41. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo atirantada.

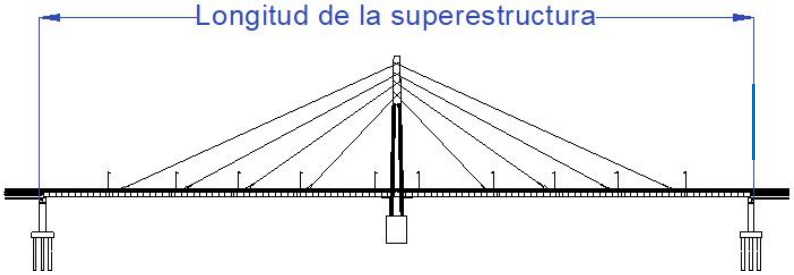
Ítem	Descripción
1. Número de superestructura	Refiérase al ítem 1. Número de superestructura de la Tabla A.19.
2. Pendiente longitudinal	Refiérase al ítem 2. Pendiente longitudinal de la Tabla A.19.
3. Longitud de la superestructura	Se refiere a la longitud total de la superestructura tipo atirantada. Es la distancia comprendida entre la línea centro de los apoyos dentro de los cuales se atiranta la superestructura (ver Figura A.177). En el caso de que no existan planos para obtener la distancia de línea de centro de apoyos, se deberá tomar la medida en campo entre juntas de expansión inicial y final. Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.177.** Longitud de la superestructura atirantada.
4. Configuración	Se refiere a la configuración de los cables principales (ver Figura

Tabla A.41. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo atirantada.

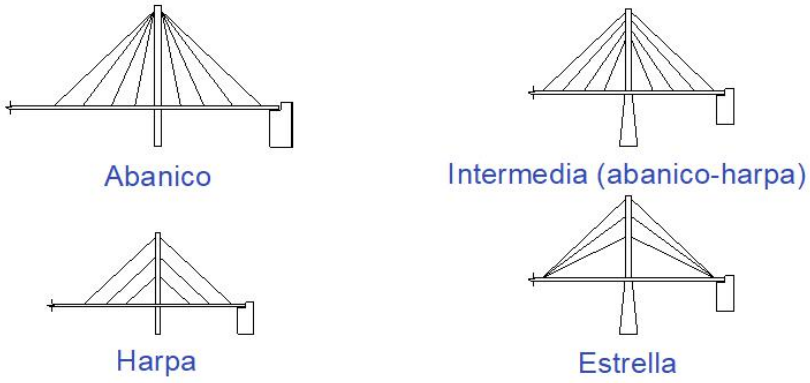
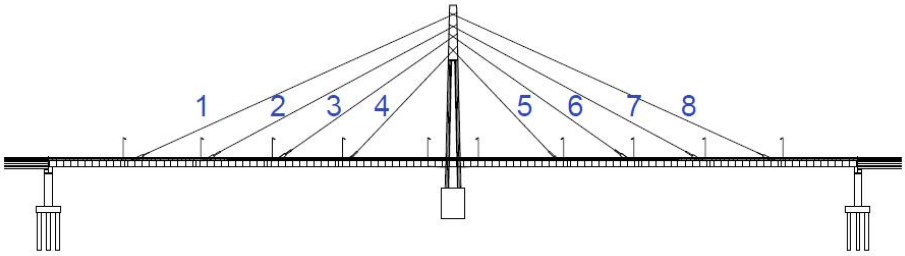
Ítem	Descripción
(cables principales)	A.178).  **Figura A.178.** Configuraciones de cables principales en superestructura tipo atirantada.
5. Número de cables (cables principales)	Se incluye una fila por cada cable que posea la superestructura (1, 2, 3, …, N) (ver Figura A.179). Se debe registrar la totalidad de la información solicitada para cada par de cables (aguas arriba y aguas abajo) de la superestructura.  **Figura A.179.** Número de cables principales.
6. Longitud (cables principales)	Se refiere a la longitud de cada cable principal medida entre los extremos de anclaje a la torre y la superestructura (ver Figura A.180). Según se muestra en la Figura A.181 esta longitud no incluye el componente de anclaje del cable. Este dato se debe recopilar en metros.

Tabla A.41. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo atirantada.

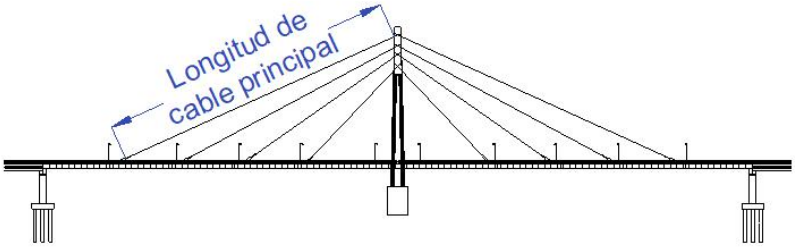
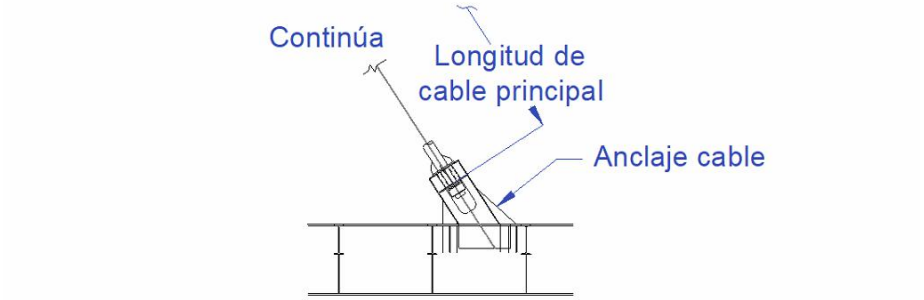
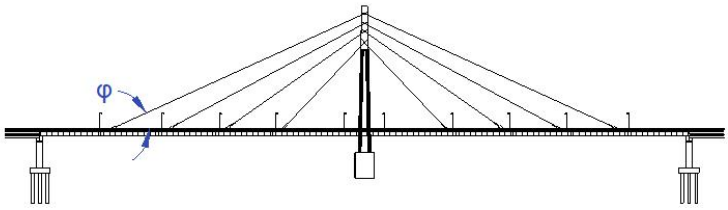
Ítem	Descripción
	 **Figura A.180.** Longitud de cables principales.  **Figura A.181.** Detalle de anclaje cables principales.
7. Ángulo (cables principales)	Se refiere al ángulo de cada par de cables principales medido respecto a un eje horizontal general (ver Figura A.182). Este dato se debe recopilar en grados.  **Figura A.182.** Ángulo de cables principales.
8. Área sección (cables principales)	Refiérase al ítem 5. Área sección de la Tabla A.39.
9. Tipo de sección (vigas principales)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
10. Altura (vigas principales)	Refiérase al ítem 7. Altura de la Tabla A.23.
11. Ancho alas	Refiérase al ítem 8. Ancho de alas de la Tabla A.23.

Tabla A.41. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura tipo atirantada.

Ítem	Descripción
(vigas principales)	
12. Espesores (vigas principales)	Refiérase al ítem 9. Espesores de la Tabla A.23.
13. Separación (vigas principales)	Refiérase al ítem 10. Separación de la Tabla A.23.
14. Número de diafragmas (diafragmas)	Refiérase al ítem 12. Número de diafragmas de la Tabla A.19.
15. Tipo de sección (diafragmas)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
16. Área de sección (diafragmas)	Refiérase al ítem 14. Área sección de la Tabla A.23.
17. Tipo de sección (vigas transversales)	Refiérase al ítem 13. Tipo de sección de la Tabla A.23.
18. Área de sección (vigas transversales)	Refiérase al ítem 14. Área sección de la Tabla A.23.
19. Separación (vigas transversales)	Refiérase al ítem 24. Separación de la Tabla A.23.
20. Tablero	Refiérase al ítem 13. Tablero de la Tabla A.19.
21. Juntas de expansión	Refiérase al ítem 15. Juntas de expansión de la Tabla A.19.
22. Tipo de conexión	Refiérase al ítem 36. Tipo de conexión de la Tabla A.23.
23. Sistema de protección (materiales)	Para elementos de concreto refiérase al ítem 16. Sistemas de protección (materiales) de la Tabla A.19. Por otro lado, para el caso de elementos de acero refiérase al ítem 34. Sistema de protección (materiales) de la Tabla A.23.
24. Sistemas de protección sísmica	Refiérase al ítem 17. Sistemas de protección sísmica de la Tabla A.19.

A.3.13 Superestructura con detallado informal (IN-SP-13)

Tabla A.42. Sección B del formulario de superestructura con detallado informal.

B. Características de la superestructura					
N.° de superestructura			Tipo	☐ Rieles de ferrocarril ☐ Chasis de vehículo ☐ Troncos de madera ☐ Otros:	
N.° de tramo	Longitud de tramo				
	m				
	m				
	m				
	m				

Tabla A.43. Explicación de la Sección B del formulario de superestructura con detallado informal.

Ítem	Descripción
1. Número de superestructura	Refiérase al ítem 1. Número de superestructura de la Tabla A.19.
2. Tipo	Se refiere al tipo de detallado informal de la superestructura de acuerdo con los elementos presentes. Si existe más de un tipo se deben seleccionar todas las opciones correspondientes. En el caso de que exista un tipo de diseño informal que no esté presente en las opciones se debe indicar “Otros” y se debe realizar una observación de los elementos presentes. **Código** — **Tipo (detallado informal)** 1 — Rieles de ferrocarril 2 — Chasis de vehículo 3 — Troncos de madera 4 — Otros
3. Número de tramo	Refiérase al ítem 3. Número de tramo de la Tabla A.19.
4. Longitud de tramo	Refiérase al ítem 4. Longitud de tramo de la Tabla A.19.

A.4 Descripción del formulario de detalle de la subestructura (IN-SB-01)

En este formulario se recopila la información técnica relevante de los diferentes elementos de la subestructura. Este formulario de inventario incluye información del material, tipo y dimensiones de los bastiones, pilas, torres (como es el caso de puentes colgantes o atirantados), apoyos, fundaciones y pilotes. Todos los formularios del detalle de la subestructura se encuentran divididos en tres secciones (identificas con letras de la A a la C), las cuales se muestran en la Figura A.183.

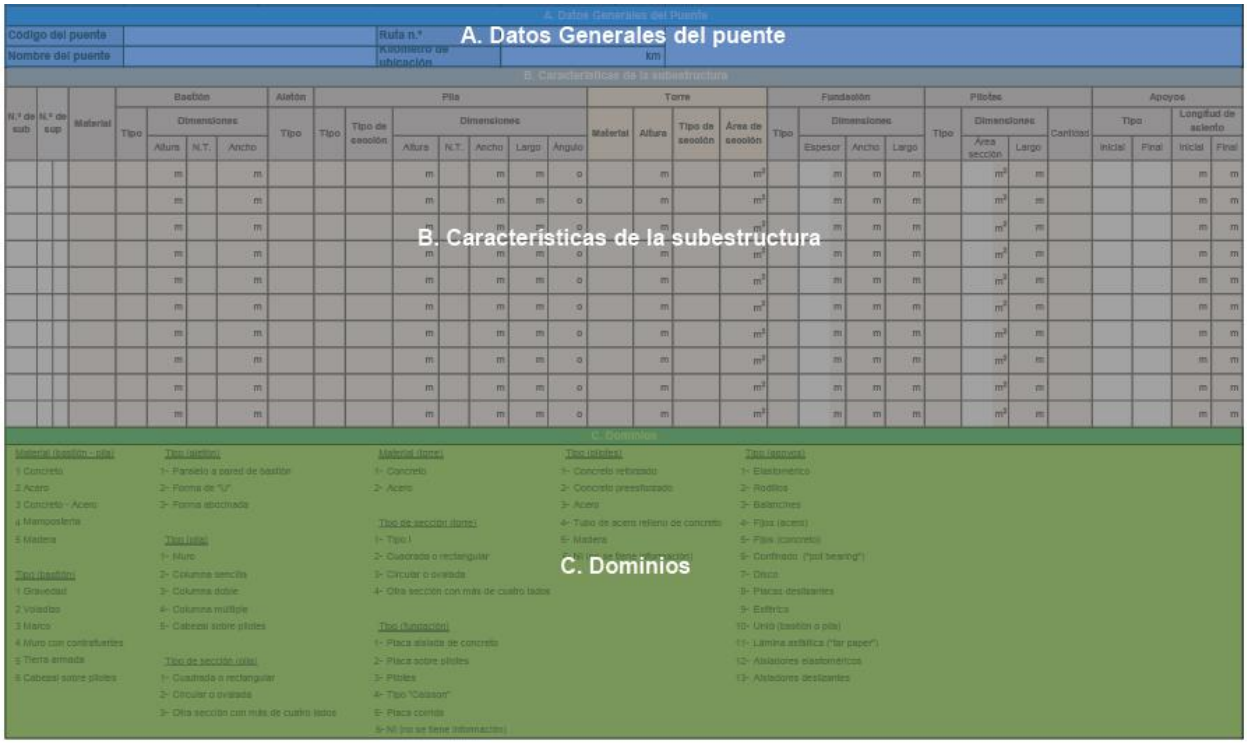


Figura A.183. Secciones del formulario de Detalle de la superestructura.

La sección **A. Datos generales del puente** del formulario del detalle de la subestructura, corresponde a un apartado resumido de la sección que lleva el mismo nombre en el formulario de información básica (ver Tabla A.4 y A.5).

Tabla A.44. Sección A. del formulario de Detalle de la superestructura.

A. Datos Generales del Puente				
Código del puente		**Ruta n.°**		
Nombre del puente		**Kilómetro de ubicación**	km	

Por otro lado, la sección **B. Características de la subestructura**, muestra los diferentes ítems e información técnica solicitada de los diferentes elementos de la subestructura.

Tabla A.45. Sección B del formulario del Detalle de la subestructura.

B. Características de la subestructura																															
N.° de sub	N.° de sup	Material	Bastión				Aletón	Pila							Torre				Fundación				Pilotes				Apoyos			
			Tipo	Dimensiones			Tipo	Tipo	Tipo de sección	Dimensiones					Material	Altura	Tipo de sección	Área de sección	Tipo	Dimensiones			Tipo	Dimensiones		Cantidad	Tipo		Longitud de asiento	
				Altura	N.T.	Ancho				Altura	N.T.	Ancho	Largo	Ángulo					Espesor	Ancho	Largo		Área sección	Largo		Inicial	Final	Inicial	Final
				m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
				m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
				m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
				m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
				m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
				m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
				m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
				m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
				m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
				m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

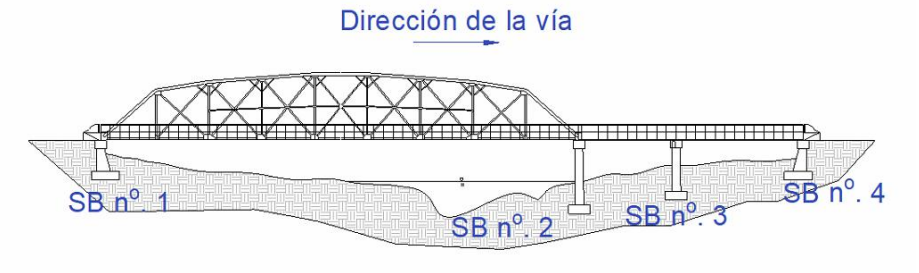
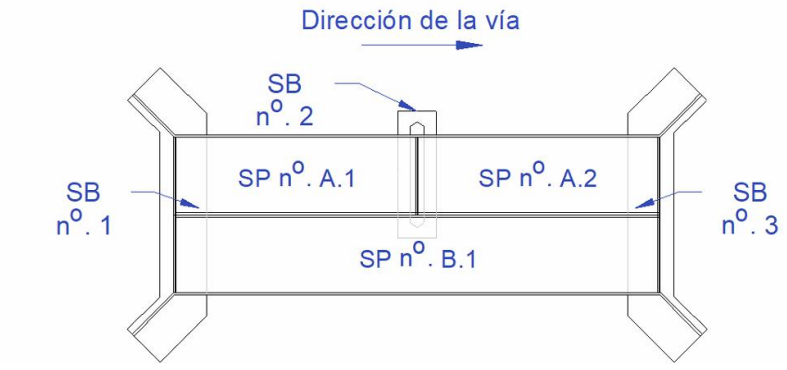
Ítem	Descripción
1. Número de subestructura	Se refiere a la numeración de las subestructuras. La numeración de las subestructuras se realiza de la misma manera que las superestructuras, basándose en la dirección de la vía (ver Figura A.184 e ítem 6. Dirección de la vía de la Tabla A.5). En el caso de puentes colgantes y atirantados, donde, de manera adicional a los bastiones o pilas existen torres apoyadas sobre dichas subestructuras, entonces la información de cada torre se debe registrar en la misma fila del formulario que corresponda al bastión o pila sobre la cual se encuentre ubicada la torre.  **Figura A.184.** Numeración de las subestructuras (vista en elevación). En algunos casos, existen estructuras paralelas (EP) a la estructura original y que comparten la calzada del puente (ver ítem 4. Número de superestructuras de la Tabla A.7). En tales situaciones pueden existir subestructuras paralelas a la original o un cambio en el material o tipología de la subestructura. En dichos casos se debe realizar la numeración de las subestructuras de izquierda a derecha (en sección transversal) y según el mismo sentido que la dirección de la vía (ver ítem 6. Dirección de la vía hacia de la Tabla A.5) (ver Figura A.185).  **Figura A.185.** Numeración de subestructuras (vista superior).

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

Ítem	Descripción
2. Número de superestructura	Se refiere al número de superestructura que se encuentra apoyada sobre la subestructura es cuestión. En el caso de que una subestructura soporte dos superestructuras se deben indicar ambos números en los espacios correspondientes.
3. Material (pila-bastión)	Se refiere al material del cual está compuesto el bastión o pila. **Código** — **Material (bastión-pila)** 1 — Concreto 2 — Acero 3 — Concreto-Acero 4 — Mampostería 5 — Madera
4. Tipo (bastión)	Se refiere al tipo de cuerpo principal del bastión. **Código** — **Tipo (bastión)** 1 — Gravedad 2 — Voladizo 3 — Marco 4 — Muro con contrafuertes 5 — Tierra armada 6 — Cabezal sobre pilotes
5. Altura (dimensiones-bastión)	Se anota la altura del bastión, simbolizada como “h_b” en la Figura A.186 y Figura A.187. La altura comprende desde la parte superior de la pared de cabezal hasta la cara superior de la fundación. Este dato se puede encontrar en los planos del puente; de no contar con los planos debe consultarse con la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información, se debe medir esta distancia hasta el nivel de terreno y marcar la casilla “NT” (nivel de terreno), para así indicar que la altura se midió hasta el nivel del terreno. Este dato se debe recopilar en metros.

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

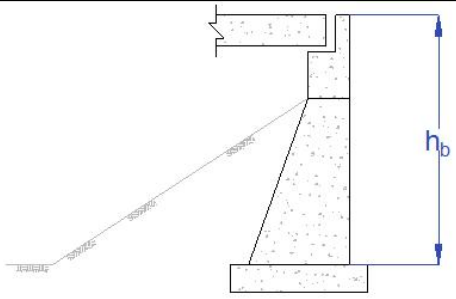
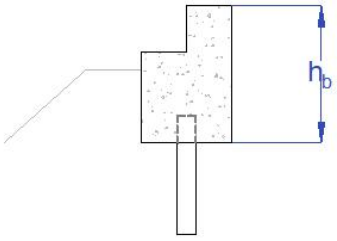
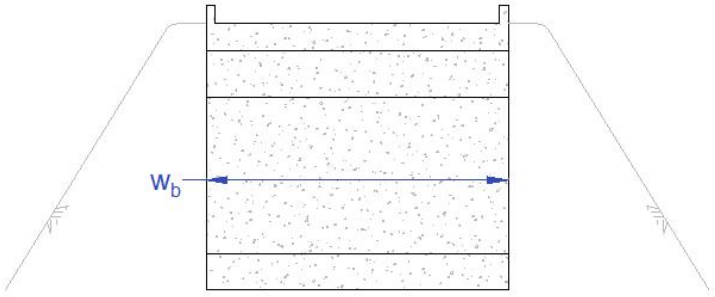
Ítem	Descripción
	 **Figura A.186.** Altura en bastión (tipo gravedad, voladizo, marco, muro con contrafuertes y tierra armada) (vista lateral).  **Figura A.187.** Altura en bastión tipo cabezal sobre pilotes (vista lateral).
6. Ancho (dimensiones-bastión)	Se anota el ancho del bastión, simbolizado como "w_b" de la Figura A.188 a la Figura A.190. El ancho se mide en sentido perpendicular a la línea de centro del puente. En el caso específico de bastiones tipo "Marco", el ancho se debe registrar como la sumatoria de los anchos de las columnas del marco (ver Figura A.190). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.188.** Ancho en bastión (tipo gravedad, voladizo, muro con contrafuertes y tierra armada) (vista frontal).

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

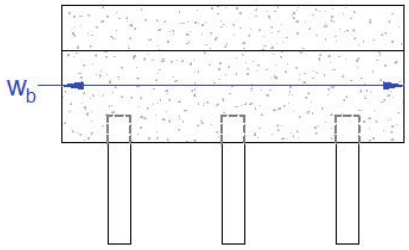
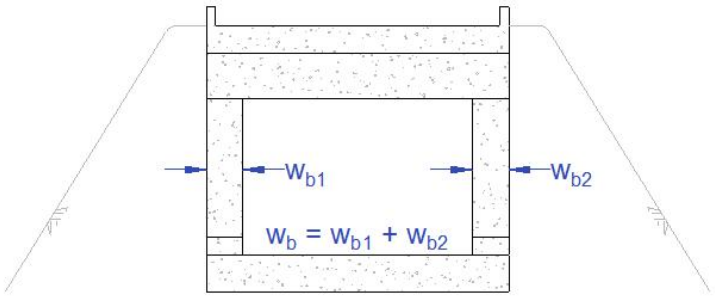
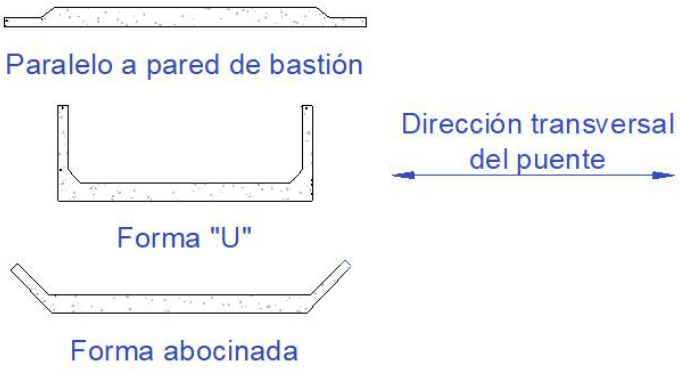
Ítem	Descripción
	 **Figura A.189.** Ancho en bastión tipo cabezal sobre pilotes (vista frontal).  **Figura A.190.** Ancho en bastión tipo marco (vista frontal).
7. Tipo (aletón-bastión)	Se refiere al tipo de aletón de los bastiones de acuerdo con su forma (ver Figura A.191).  **Figura A.191.** Tipo de aletón (vista superior). **Código** — **Tipo (aletón)** 1 — Paralelo a pared de bastión 2 — Forma “U” 3 — Forma abocinada

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

Ítem	Descripción
8. Tipo (pila)	Se refiere al tipo de pila. **Código** — **Tipo (pila)** 1 — Muro 2 — Columna sencilla 3 — Columna doble 4 — Columnas múltiples 5 — Cabezal sobre pilotes
9. Tipo de sección (pila)	Se refiere al tipo de sección transversal de las columnas de la pila de acuerdo con su forma. En el caso de pilas tipo “Muro” y “Cabezal sobre pilotes” se debe indica la opción “NA” (no aplica). **Código** — **Tipo de sección (pila)** 1 — Cuadrada o rectangular 2 — Circular u ovalada 3 — Otra sección con más de 4 lados 4 — NA (no aplica)
10. Altura (dimensiones-pila)	Se anota la altura de la pila, simbolizada como “h_p” de la Figura A.192 y la Figura A.193. La altura comprende desde la parte superior de la viga cabezal (sin incluir pedestales de concreto ni llaves de corte en caso de existir) hasta la cara superior de la fundación. Este dato se puede encontrar en los planos del puente; de no contar con los planos debe consultarse con la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información, se debe medir esta distancia hasta el nivel de terreno y marcar la casilla “NT” (nivel de terreno), para así indicar que la altura se midió hasta el nivel del terreno. Este dato se debe recopilar en metros.

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

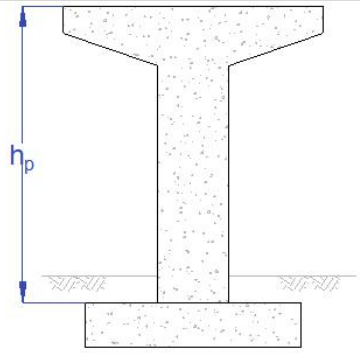
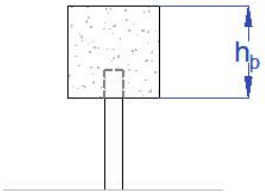
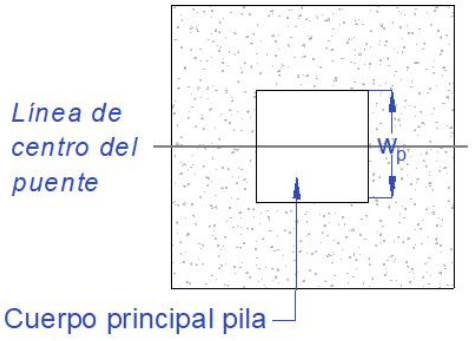
Ítem	Descripción
	 **Figura A.192.** Altura en pila (tipo muro, columna sencilla, columna doble y columnas múltiples) (vista frontal).  **Figura A.193.** Altura en pila tipo cabezal sobre pilotes (vista lateral).
11. Ancho (dimensiones-pila)	Se anota el ancho de la pila, simbolizado como "w_p" de la Figura A.194 a la Figura A.198. El ancho se mide en sentido perpendicular a la línea de centro del puente (ver Figura A.197). Para el caso específico de pilas tipo "Columna doble" o "Columnas múltiples", el ancho se debe registrar como la sumatoria de los anchos de las columnas (ver Figura A.197). En el caso de pilas con columnas con tipo de sección "Circular", el ancho se debe registrar como el diámetro de la sección (ver Figura A.198). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.194.** Ancho en pilas (vista en planta).

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

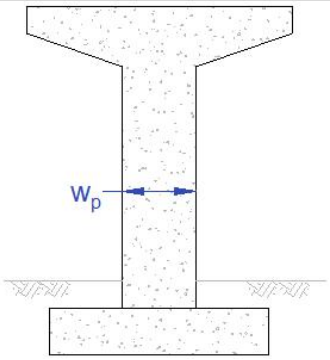
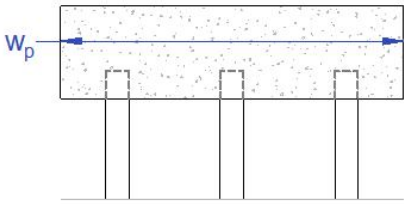
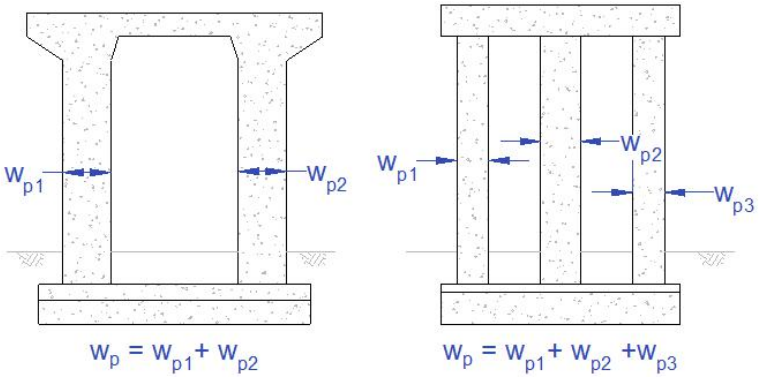
Ítem	Descripción
	 **Figura A.195.** Ancho en pilas (tipo columna sencilla y muro) (vista frontal).  **Figura A.196.** Ancho en pilas (tipo cabezal sobre pilotes) (vista frontal).  **Figura A.197.** Ancho en pilas (tipo columna doble y columnas múltiples) (vista frontal).

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

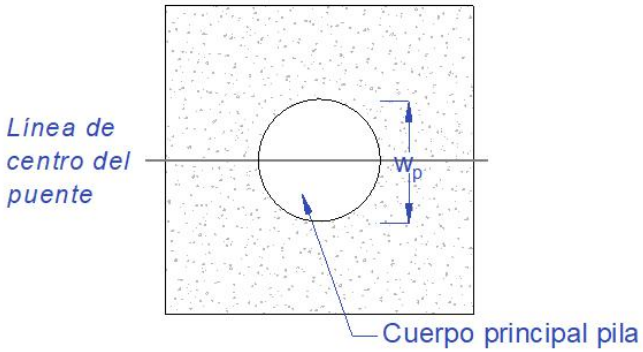
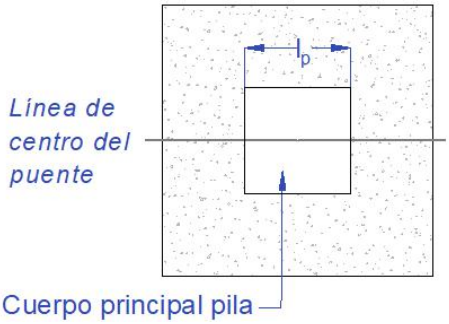
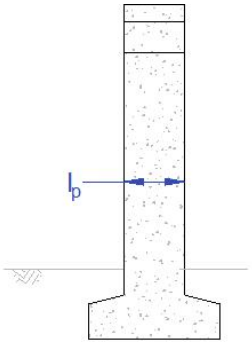
Ítem	Descripción
	 **Figura A.198.** Ancho en pilas con columnas con sección transversal circular (vista en planta).
12. Largo (dimensiones-pila)	Se anota el largo de la pila, simbolizado como "l_p" de la Figura A.199 a la Figura A.202. El largo se mide en sentido paralelo a la línea de centro del puente (ver Figura A.199). En el caso de pilas con columnas con tipo de sección "Circular", el largo se debe registrar como el diámetro de la sección (ver Figura A.202). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.199.** Largo en pilas (vista en planta).  **Figura A.200.** Largo en pilas (tipo muro, columna sencilla, columna doble, columnas múltiples) (vista lateral).

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

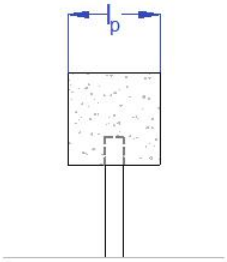
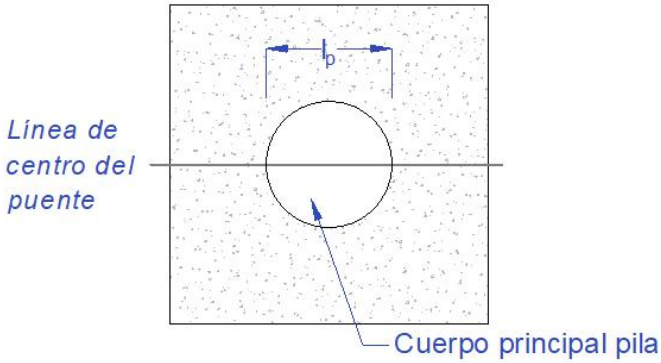
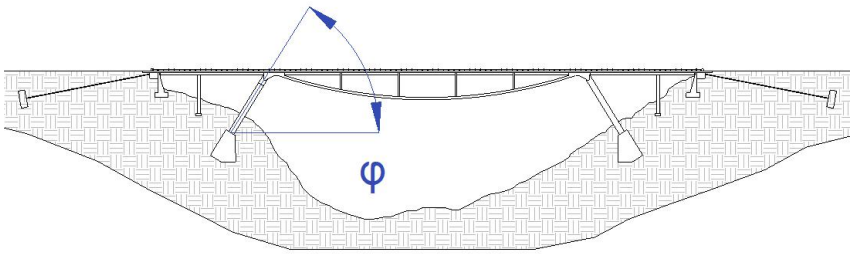
Ítem	Descripción
	 **Figura A.201.** Largo en pilas tipo cabezal sobre pilotes (vista lateral).  **Figura A.202.** Largo en pilas con columnas con sección transversal circular (vista en planta).
13. Ángulo (dimensiones-pila)	Se anota el ángulo de inclinación para el caso de puentes con pilas inclinadas. Este valor se debe medir respecto a un eje horizontal general (ver Figura A.203) y recopilar en grados.  **Figura A.203.** Ángulo de inclinación en pilas (vista en elevación).
14. Material (torre)	Se refiere al material del cual está compuesto la torre en el caso de superestructuras tipo colgante o atirantada. **Código** — **Material (torre)** 1 — Concreto 2 — Acero

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

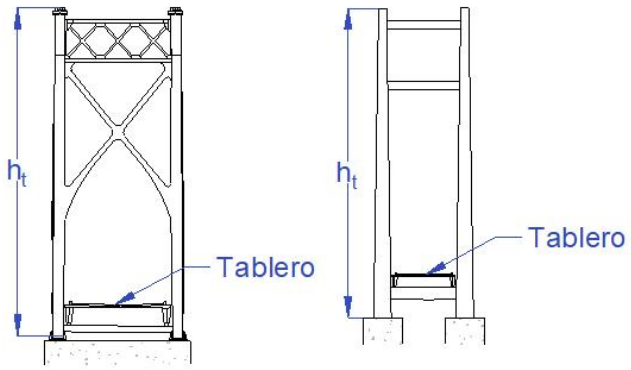
Ítem	Descripción
15. Altura (torre)	Se anota la altura de la torre (simbolizada como "h_t" en la Figura A.204) para el caso de superestructuras tipo colgante o atirantada. Para torres que no están construidas monolíticamente con el bastión o pila, esta altura comprende la distancia vertical entre línea centro de los apoyos de la tora y la parte superior de la misma (caso de la izquierda de la Figura A.204). Para el caso de torres construidas monolíticamente con el bastión o pila, esta distancia comprende la distancia vertical entre la parte superior de la torre y la interfaz entre marco de la torre y la subestructura (caso de la derecha de la Figura A.204). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.204.** Altura en torres (vista frontal).
16. Tipo sección (torre)	Se refiere al tipo de sección transversal de las columnas de la torre de acuerdo con su forma. **Código** / **Tipo de sección transversal (torre)** 1 – Tipo I 2 – Cuadrada o rectangular 3 – Circular u ovalada 4 – Otra sección con más de 4 lados
17. Área de sección (torre)	Se refiere al área de la sección transversal "A_{ts}" de las columnas de la torre (ver Figura A.205). Se debe medir todas las dimensiones necesarias para obtener un área transversal aproximada del elemento. Este dato se debe recopilar en metros cuadrados.

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

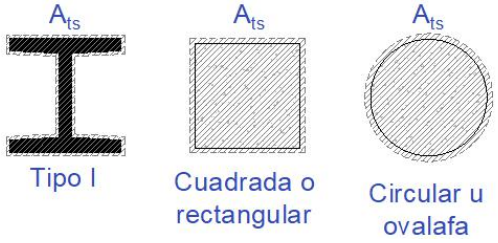
Ítem	Descripción
	 **Figura A.205.** Sección transversal en torres.
18. Tipo (fundación)	Se refiere al tipo de fundación del bastión, pila o torre (para el caso en que exista unión monolítica entre torre y subestructura). Este dato se puede encontrar en los planos del puente; de no contarse con los planos se debe consultar con algún oficial de gobierno ya sea en la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información se debe se debe seleccionar “NI” (no se tiene información). **Código** — **Tipo (fundación)** 1 — Placa aislada de concreto 2 — Placa sobre pilotes 3 — Pilotes 4 — Bloque rígido (tipo “*caisson*”) 5 — Placa corrida 6 — NI (no se tiene información)
19. Espesor (dimensiones-fundación)	Se anota el espesor de la fundación, simbolizado como “e” en la Figura A.206. El espesor comprende desde cara superior de la fundación hasta su base o punto de apoyo con el suelo. En el caso de fundaciones tipo bloque rígido (“*caisson*”), este dato corresponde a la altura de las paredes del cajón. Este dato se puede encontrar en los planos del puente; de no contar con los planos se debe consultar con algún oficial de gobierno ya sea en la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información, se debe indicar “NI” (no se tiene información)”. Este dato se debe recopilar en metros. En el caso de fundaciones tipo “Placa sobre pilotes” este valor corresponde al espesor de la placa y en el caso de fundaciones tipo “Pilotes” se debe indicar “NA” (no aplica). Las dimensiones de los

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

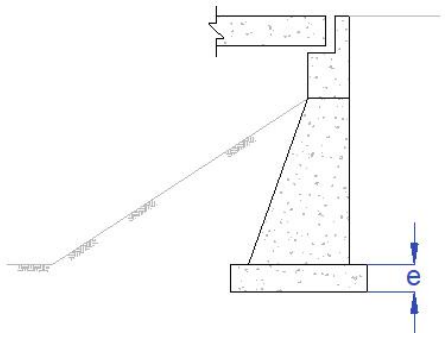
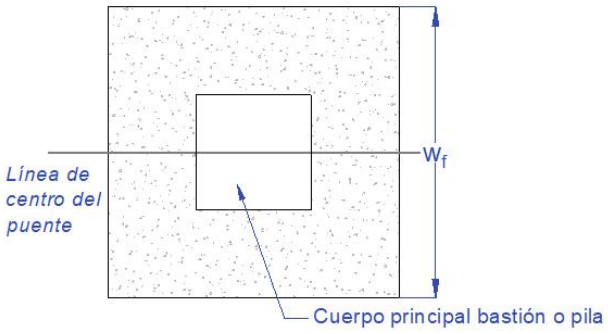
Ítem	Descripción
	pilotes se registran de acuerdo con los ítems 21. Largo y 22. Área de sección de esta tabla.  **Figura A.206.** Espesor en fundaciones (vista lateral).
20. Ancho (dimensiones-fundación)	Se anota el ancho de la fundación, simbolizado como "w_f" en la Figura A.207. El ancho se mide en sentido perpendicular a la línea de centro del puente. En el caso de fundaciones tipo "Caisson", este dato corresponde al diámetro del elemento. Este dato se puede encontrar en los planos del puente; de no contar con los planos se debe consultar con algún oficial de gobierno ya sea en la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información, se debe indicar "NI" (no se tiene información)". Este dato se debe recopilar en metros. En el caso de fundaciones tipo "Placa sobre pilotes" este valor corresponde al ancho de la placa y en el caso de fundaciones tipo "Pilotes" se debe indicar "NA" (no aplica). Las dimensiones de los pilotes se registran de acuerdo con los ítems 23. Largo y 24. Área de sección de esta tabla.  **Figura A.207.** Ancho en fundaciones (vista en planta).

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

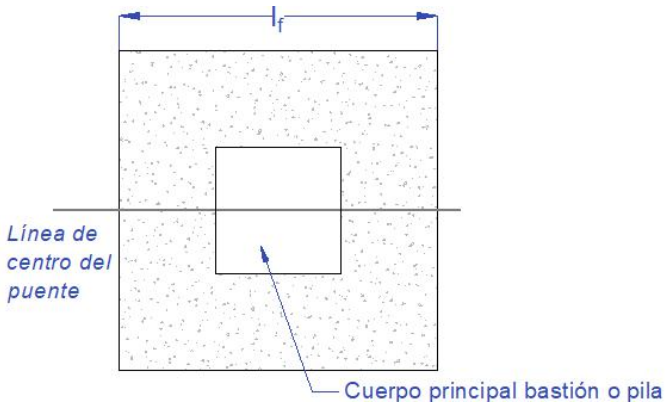
Ítem	Descripción
21. Largo (dimensiones-fundación)	Se anota el largo de la fundación, simbolizado como "l_f" en la Figura A.208. El largo se mide en sentido paralelo a la línea de centro del puente. En el caso de fundaciones tipo "Caisson", este dato corresponde al diámetro del elemento. Este dato se puede encontrar en los planos del puente; de no contar con los planos se debe consultar con algún oficial de gobierno ya sea en la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información, se debe indicar "NI" (no se tiene información)". Este dato se debe recopilar en metros. En el caso de fundaciones tipo "Placa sobre pilotes" este valor corresponde al largo de la placa y en el caso de fundaciones tipo "Pilotes" se debe indicar "NA" (no aplica). Las dimensiones de los pilotes se registran de acuerdo con los ítems 21. Largo y 22. Área de sección de esta tabla.  **Figura A.208.** Largo en fundaciones (vista en planta).
22. Tipo (pilotes)	Se refiere al tipo de pilote de acuerdo con su material. Este dato se puede encontrar en los planos del puente; de no contarse con los planos se debe consultar con la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información, se debe indicar "NI" (no se tiene información). **Código** — **Tipo (pilotes)** 1 — Concreto reforzado 2 — Concreto preesforzado

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

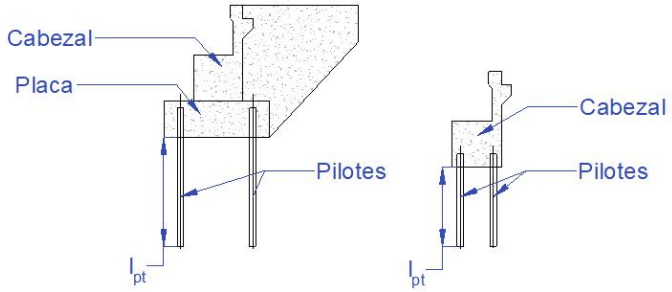
Ítem	Descripción
	3 Acero 4 Tubo de acero relleno de concreto 5 Madera 6 NI (no se tiene información)
23. Largo (dimensiones-pilotes)	Se anota el largo del pilote, simbolizado como "l_{pt}" en la Figura A.209 para el caso de que el tipo de fundación sea "Placa sobre pilotes" o "Pilotes". El largo comprende desde el extremo superior al inferior del pilote (sin considerar la longitud embebida en el concreto, como podría ser en el caso de pilotes de acero). Este dato se puede encontrar en los planos del puente; de no contar con los planos se debe consultar con la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información, se debe indicar "NI" (no se tiene información). Este dato se debe recopilar en metros.  **Figura A.209.** Largo en pilotes (vista lateral).
24. Área de sección (dimensiones-pilotes)	Se refiere al área de la sección transversal "A_{ts}" individual de los pilotes. Se debe verificar todas las dimensiones necesarias para obtener un área transversal aproximada de los pilotes. Este dato se puede encontrar en los planos del puente; de no contar con los planos se debe consultar con la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información, se debe indicar "NI" (no se tiene información). Este dato se debe recopilar en metros cuadrados.
25. Cantidad (pilotes)	Se refiere a la cantidad total de pilotes.
26. Tipo (apoyos)	Se refiere al tipo de apoyo inicial y/o final en cada subestructura.

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

Ítem	Descripción
	En el caso del primer bastión, la información se debe indicar en la ubicación inicial, en el segundo bastión se debe anotar la información en la ubicación final. Con respecto a las pilas, la información se debe anotar en la ubicación inicial y si existen dos apoyos en la pila se anotará en ambos espacios (inicial y final) de acuerdo con la dirección de la vía (ver ítem 6. Dirección de la vía de la Tabla A.5). **Código** — **Tipo (apoyos)** 1 — Elastomérico 2 — Rodillos 3 — Balancines 4 — Fijos (acero) 5 — Fijos (concreto) 6 — Confinado (“*pot bearing*”) 7 — Disco 8 — Placas deslizantes 9 — Esférico 10 — Unión integral a bastión o pila 11 — Lámina asfáltica (“*tar paper*”) 12 — Aisladores elastoméricos 13 — Aisladores deslizantes
27. Longitud de asiento	Se refiere a la longitud de asiento inicial y/o final en cada subestructura. Se mide como la distancia comprendida entre el borde exterior de la viga cabezal del bastión o pila, al borde extremo del elemento principal de la superestructura (ver Figuras de la A.210 y A.213). Esta medida debe ser anotada en metros y medirse a un ángulo de 90 grados respecto al borde exterior de la viga cabezal del bastión o pila. En caso de existir longitudes de asiento diferentes para elementos de una misma superestructura, se debe anotar la dimensión menor por ser esta la más crítica. En caso de existir dos longitudes de asiento, como lo puede ser el caso de pilas, se deben registrar ambas medidas (ver Figura A.211). En las Figuras A.210 y A.211 se señala la longitud de asiento en un puente con alineamiento en planta recto, mientras que las Figuras A.212 y A.213 indican la longitud de asiento para dos casos distintos de alineamiento en planta con sesgo. En el primer caso (Figura A.212), la cara extrema de la

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

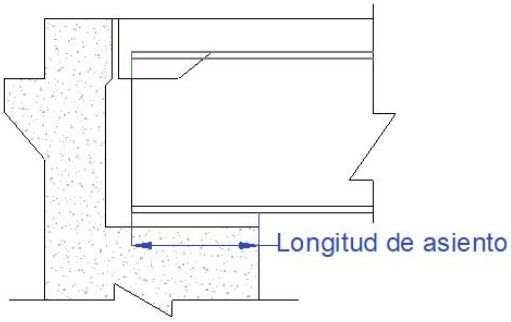
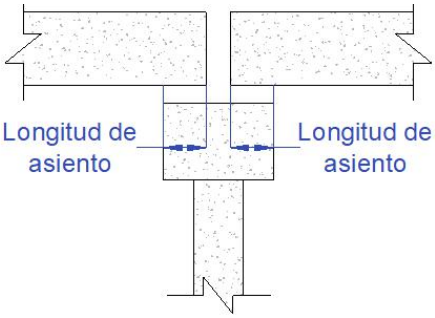
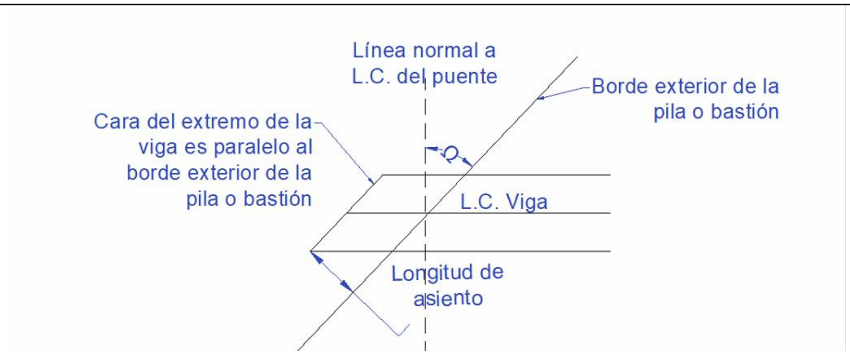
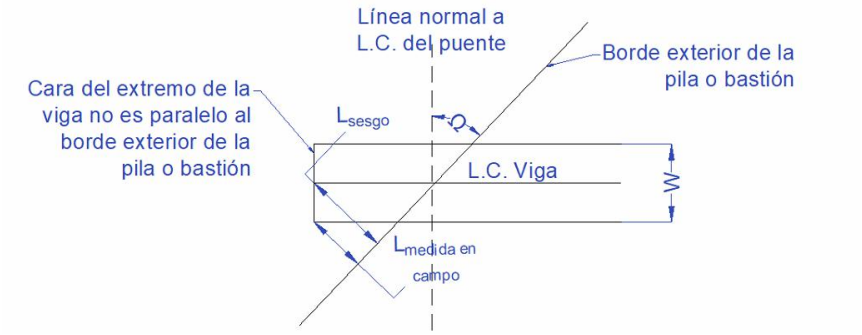
Ítem	Descripción
	viga es paralela al borde exterior del bastión o pila. En el segundo caso (Figura A.213) la cara extrema de la viga no es paralela al borde exterior del bastión o pila y por lo tanto la longitud de asiento no es uniforme a lo ancho de la viga, por lo cual para estos casos la longitud de asiento debe obtenerse como $\frac{1}{2} * \mathrm{w} * \mathrm{seno}(\Omega) + \mathrm{L}$, donde "w" es el ancho de la viga, "Ω" el ángulo de sesgo del puente y "L" representa la distancia perpendicular del borde exterior del bastión al vértice más cercano del elemento principal medida de acuerdo con la Figura A.212. Datos tomados de los formularios respectivos del detalle de la superestructura (ii. **SP**). En el caso de apoyos tipo "Unión integral a bastión o pila" se debe indicar "NA" (no aplica).  **Figura A.210.** Longitud de asiento en bastión (puentes con alineación en planta recta) (vista lateral).  **Figura A.211.** Longitud de asiento pila (puentes con alineación en planta recta) (vista lateral).

Tabla A.46. Explicación de la Sección B del formulario del detalle de la subestructura.

Ítem	Descripción
	 **Figura A.212.** Longitud de asiento en puentes con alineación en planta con sesgo y cara extrema de la viga paralela al borde exterior de la pila o bastión (vista en planta)  **Figura A.213.** Longitud de asiento en puentes con alineación en planta con sesgo y cara extrema de la viga no es paralela al borde exterior de la pila o bastión (vista en planta).

Finalmente, la sección **C. Dominios** de este formulario, corresponde a una sección que indica al inspector sobre las opciones disponibles o dominios para llenar un ítem específico en el formulario (ver Tabla A.47). Tal como se indicó en la Sección A.2, los dominios corresponden a un término utilizado en bases de datos relacionales para referirse a restricciones en los valores, numéricos o no, a ser utilizados por un atributo.

Tabla A.47. Sección C del formulario de Detalle de la subestructura.

C. Dominios

Material (bastión - pila)	Tipo (aletón)	Material (torre)	Tipo (pilotes)	Tipo (apoyos)
1- Concreto	1- Paralelo a pared de bastión	1- Concreto	1- Concreto reforzado	1- Elastomérico
2- Acero	2- Forma de "U"	2- Acero	2- Concreto preesforzado	2- Rodillos
3- Concreto - Acero	3- Forma abocinada		3- Acero	3- Balancines
4- Mampostería		Tipo de sección (torre)	4- Tubo de acero relleno de concreto	4- Fijos (acero)
5- Madera	Tipo (pila)	1- Tipo I	5- Madera	5- Fijos (concreto)
	1- Muro	2- Cuadrada o rectangular	6- NI (no se tiene información)	6- Confinado ("pot bearing")
Tipo (bastión)	2- Columna sencilla	3- Circular o ovalada		7- Disco
1- Gravedad	3- Columna doble	4- Otra sección con más de cuatro lados		8- Placas deslizantes
2- Voladizo	4- Columna múltiple			9- Esférico
3- Marco	5- Cabezal sobre pilotes	Tipo (fundación)		10- Unión (bastión o pila)
4- Muro con contrafuertes		1- Placa aislada de concreto		11- Lámina asfáltica ("tar paper")
5- Tierra armada	Tipo de sección (pila)	2- Placa sobre pilotes		12- Aisladores elastoméricos
6- Cabezal sobre pilotes	1- Cuadrada o rectangular	3- Pilotes		13- Aisladores deslizantes
	2- Circular o ovalada	4- Tipo "Caisson"		
	3- Otra sección con más de cuatro lados	5- Placa corrida		
		6- NI (no se tiene información)		

A.5 Descripción del formulario de puentes temporales (IN-PT-01)

De acuerdo con los *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes* (CFIA, 2013), se entiende por puentes temporales, aquellas estructuras empleadas para proveer paso temporal a los usuarios ante la necesidad de reconstrucción (sustitución) de un puente existente o la construcción de un puente nuevo a completarse en menos de tres años, y que por lo tanto no cumple con los requisitos formales de diseño y construcción de un puente permanente, En dichos casos, los inspectores únicamente deben llenar algunos ítems específicos de los formularios i. Información básica (**IB**) y ii. Detalle de la superestructura (**SP**) que vienen indicados a través de la Tabla A.48, la cual hace referencia a las tablas de este apéndice que indica cómo debe recopilarse este ítem.

Tabla A.48. Datos de inventario a recopilar para el caso de puente temporales.

Tabla	Ítem a recopilar
A.5	1. Código del puente
	2. Nombre del puente
	3. Ruta
	4. Clasificación de la ruta
	5. Kilómetro de ubicación
	6. Dirección de la vía hacia

Tabla A.48. Datos de inventario a recopilar para el caso de puente temporales.

Tabla	Ítem a recopilar
	7. Organización responsable de la gestión del puente
	8. Encargado de conservación
	9. Ubicación
	10. Zona
	11. Diseño (indicar únicamente la carga viva)
	12. Construcción (indicar únicamente la fecha)
A.7	3. Longitud total (entre juntas)
	4. Número de superestructuras
	5. Número de tramos
	6. Número total de subestructuras
	9. Servicios públicos
A.9	1. Importancia operacional del puente
	2. Número de carriles (puente)
	3. Número de carriles (carretera)
	6. Distancia (ruta de desvío)
	7. Velocidad (ruta de desvío)
	8. Características (ruta de desvío)
	9. Conteo de tráfico
	10. Restricciones del puente
A.37	6. Fabricante (clasificación puente modular)
	7. Configuración (clasificación puente modular)

Tabla A.49. Formulario de inventario de puentes temporales.

A. Datos Generales del Puente							
Código del puente				Encargado de conservación		☐ MOPT/CONAVI ☐ Municipalidad ☐ Concesionario ☐ Privado	
Nombre del puente							
Ruta n.°				Ubicación	Provincia		
Clasificación de la ruta	☐ Primaria ☐ Travesía ☐ Secundaria ☐ Cantonal ☐ Terciaria ☐ NA				Cantón		
					Distrito		
					Latitud norte		
Kilómetro de ubicación	km				Longitud oeste		
Dirección de la vía hacia				Zona			
Organización responsable de la gestión del puente	☐ MOPT/CONAVI ☐ Privado ☐ Municipalidad			Carga viva (diseño)			
				Fecha (construcción)			

B. Características de la estructura				D. Características Operacionales del Puente y la Ruta		
Longitud total (entre juntas)	m			Importancia operacional del puente		☐ Crítico ☐ Esencial ☐ Convencional ☐ Otros
N.° de superestructuras				N.° carriles (puente)		
N.° de tramos				N.° carriles (carretera)		
N.° de subestructuras				Ruta de desvío	Distancia	km
Servicios públicos	☐ Agua potable	☐ Aceite			Velocidad	km/h
	☐ Aguas negras	☐ Gas			Características	☐ Vía sin asfaltar ☐ Terreno montañoso
	☐ Oleoducto	☐ Eléctrico		Conteo de tráfico	Fuente	
	☐ Telecomunicación	☐ NP			Año	
	Otros:				Sección de control	
C. Detalle de la superestructura					Total de vehículos	
Clasificación puente modular					% vehículos pesados	%
Fabricante	Configuración				% camiones 5 o más ejes	%
					Tasa de crecimiento anual	%
				Restricciones del puente	Carga – Tipo	☐ Por peso máximo de vehículo ton
						☐ Por peso máximo de eje ton
						☐ Por tipo de vehículo ton ton ton
						☐ NA
					Sólo un vehículo	☐ Sí ☐ No
					Temporal	☐ Sí ☐ No
					Altura	m
					Ancho	m

A.6 Descripción del formulario de comentarios (IN-CM-01)

Este formulario corresponde a un espacio destinado para que los inspectores realicen comentarios generales de la *Inspección de inventario*. El formulario de comentarios se encuentra divido en dos secciones (identificadas con letras de la A la B), las cuales se muestran en la Figura A.214.



Figura A.214. Secciones del formulario de Comentarios.

La sección **A. Datos generales del puente** del formulario de comentarios, corresponde a un apartado resumido de la sección que lleva el mismo nombre en el formulario de información básica (ver Tabla A.4 y A.5).

Tabla A.50. Sección A. del formulario de Comentarios.

A. Datos Generales del Puente				
Código del puente		**Ruta n.°**		
Nombre del puente		**Kilómetro de ubicación**	km	

La sección **B. Comentarios**, corresponde al espacio destinado para realizar los comentarios generales a la inspección.

A.7 Fotografías

Existen partes esenciales de un puente que deben ser fotografiadas durante una *Inspección de inventario*. Estas corresponden a:

i. Rótulo con el nombre del puente.

ii. Vista completa del entorno del puente de modo que se puedan visualizar limitantes como accesos a propiedades privada, calles cercanas u aspectos que sean relevante al definir una intervención.

iii. Vista de la vía a lo largo de la línea de centro.

iv. Perspectiva de todo el puente en donde se muestren las condiciones generales de los miembros principales.

v. Vista lateral en donde se pueda observar el tipo de superestructura.

vi. Vista inferior donde se observe elementos del sistema de piso, sistema de arriostramiento o diafragmas.

vii. Vista desde la parte superior del puente donde se muestre el cauce del río y las condiciones para cruzar debajo del puente.

viii. Vista de la subestructura, la cual incluye bastiones, pilas y sus respectivos apoyos.

ix. Vista del elemento que cruza el puente, ya sea un río, quebrada, estero, ruta nacional, ruta cantonal o línea férrea. Estas fotografías deben ser aguas arriba y aguas abajo.

x. Señales de restricciones sobre el puente: carga, altura máxima, ancho, entre otras. Las señales deben verse legibles en las fotografías.

La Figura A.215 muestra ejemplos de algunas de las fotografías que el inspector debe tomar en campo de acuerdo con la lista anterior. La resolución y calidad de las fotografías debe ser tal que permita identificar con claridad los aspectos indicados en la fotografía. Por otro lado, según se indica en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I, para el informe de inspección las fotografías se deben presentar de acuerdo con el formato establecido en esta sección, es decir en el formulario de fotografías de la *Inspección de inventario*, para el cual además se deberá incluir como parte del informe lo siguiente:

xi. Esquema de ubicación del puente, con la estructura y los obstáculos que cruza debidamente identificados. Además, debe mostrar la orientación del norte y los centros

poblacionales o comerciales de mayor importancia o un punto geográfico que sea fácilmente reconocible.

xii. Esquema de la ruta de desvío como el mostrado en la Figura A.18 de la Tabla A.9.

A continuación, se muestra el formulario correspondiente a las fotografías de inventario del puente que debe ser utilizado para los informes de inspección, el cual se encuentra divido en dos secciones (identificadas con letras de la A la B), las cuales se muestran en la Figura A.216.

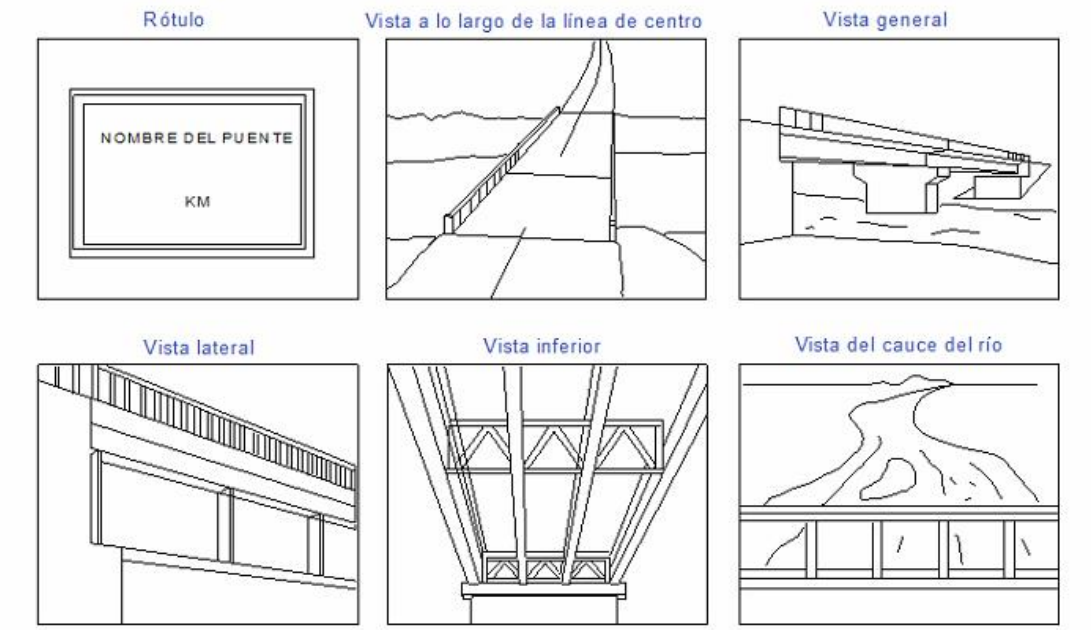


Figura A.215. Ejemplos de fotografías de inventario.

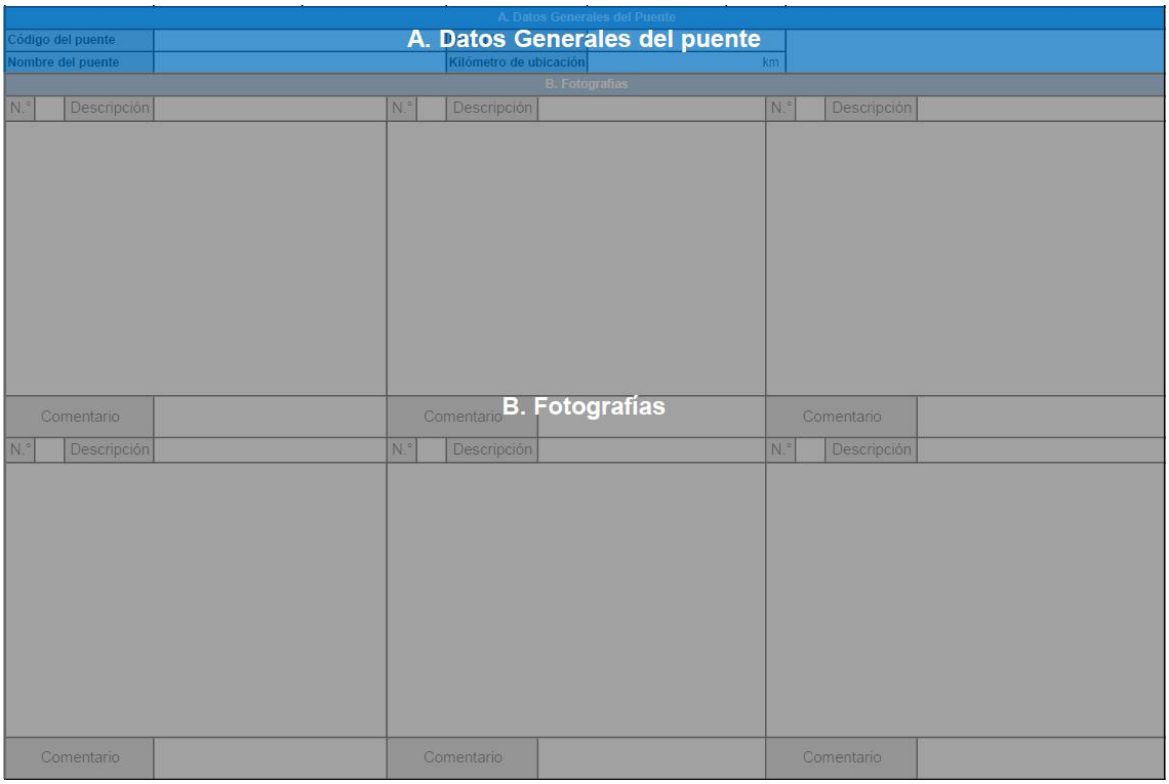


Figura A.216. Secciones del formulario de Fotografías.

La sección **A. Datos generales del puente** del formulario de comentarios, corresponde a un apartado resumido de la sección que lleva el mismo nombre en el formulario de información básica (ver Tabla A.4 y A.5).

Tabla A.52. Sección A del formulario de Fotografías.

A. Datos Generales del Puente				
Código del puente		**Ruta n.°**		
Nombre del puente		**Kilómetro de ubicación**	km	

La sección **B. Fotografías**, corresponde al espacio destinado para presentar las fotografías tomadas durante la *Inspección de inventario* según el formato requerido para los informes de inspección.

Tabla A.53. Sección B del formulario de Fotografías.

B. Fotografías								
N.°		Descripción		N.°		Descripción		N.°		Descripción	
Comentario				Comentario				Comentario			
N.°		Descripción		N.°		Descripción		N.°		Descripción	
Comentario				Comentario				Comentario			

Tabla A.54. Explicación de la Sección B del formulario de fotografías.

Ítem	Descripción
1. Número	Corresponde a número consecutivo de cada fotografía de inventario y que tiene como fin poder realizar referencias cruzadas cuando sea necesario. Las fotografías de inventario deben presentarse de acuerdo con el orden establecido en la lista mostrada al inicio de esta sección (Punto i al xii).
2. Descripción	Se refiere a una breve descripción de la fotografía de acuerdo con la lista mostrada al inicio de esta sección (Punto i al xii) (ver también Figura A.215).
3. Comentario	Corresponde a un espacio destinado para incluir un breve comentario de la fotografía en caso de ser necesario.

A.8 Esquemas generales del puente

Para cada *Inspección de inventario*, el inspector debe proveer un esquema general del puente realizado en campo además de los esquemas indicados en Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I. Según se muestra en Figura A.217 el esquema general realizado en campo consiste en una vista en elevación del puente que incluye la numeración de las superestructuras y subestructuras acorde con la numeración de los formularios de la categoría ii. Detalle de la superestructura (**SP**) y iii. Detalle de la subestructura (**SB**). Asimismo, cuando existan superestructuras paralelas (ver ítem 4. Número de superestructuras de la Tabla A.7) adicionalmente se deberá incluir un esquema general de vista en planta además de la vista en elevación descrita anteriormente.

Según se indica en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I, para el informe de inspección los esquemas generales deben presentar de acuerdo con el formato establecido en esta sección. A continuación, se muestra el formulario correspondiente a los esquemas generales del puente que debe ser utilizado para los informes de inspección, el cual se encuentra divido en dos secciones (identificadas con letras de la A la B), las cuales se muestran en la Figura A.218.

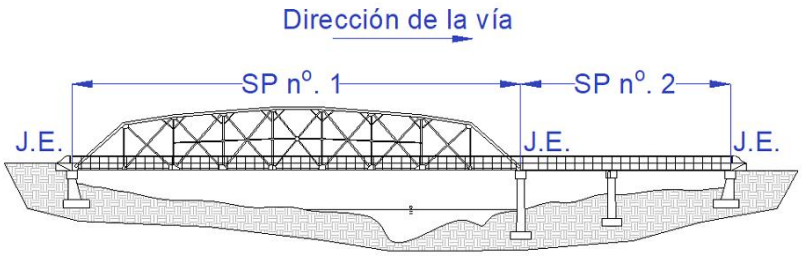


Figura A.217. Esquema general del puente.

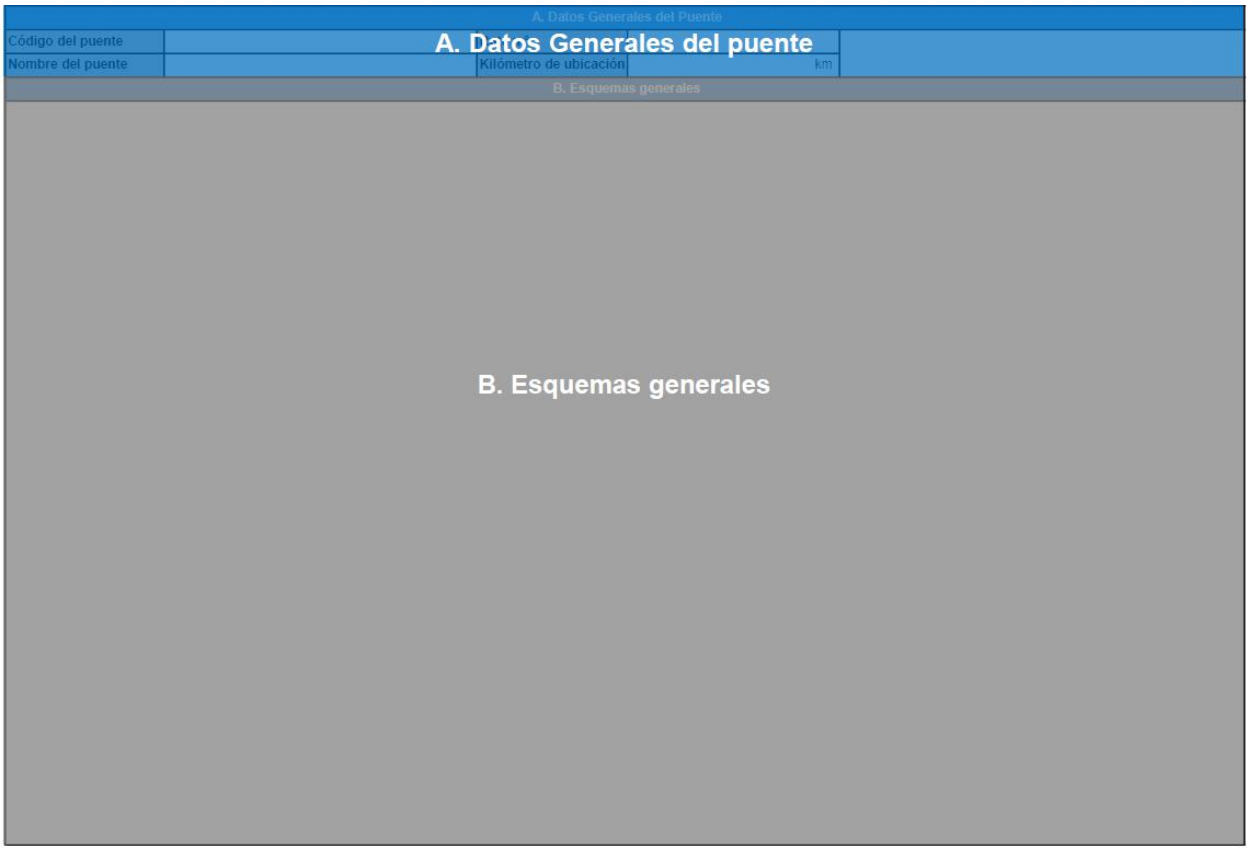


Figura A.218. Secciones del formulario de Esquemas generales.

La sección **A. Datos generales del puente** del formulario de comentarios, corresponde a un apartado resumido de la sección que lleva el mismo nombre en el formulario de información básica (ver Tabla A.4 y A.5).

Tabla A.55. Sección A del formulario de Fotografías.

A. Datos Generales del Puente				
Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km	

La sección **B. Esquemas generales**, corresponde al espacio destinado para incluir los esquemas solicitados a partir de la inspección (ver también Inciso 6.6.5.1 del Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I).

A.9 Información complementaria

Tabla A.56. Código de cantón y provincia.

Provincia	Código	Cantón	Código
San José	1	San José	01
		Escazú	02
		Desamparados	03
		Puriscal	04
		Tarrazú	05
		Aserrí	06
		Mora	07
		Goicoechea	08
		Santa Ana	09
		Alajuelita	10
		Vázquez De Coronado	11
		Acosta	12
		Tibás	13
		Moravia	14
		Montes De Oca	15
		Turrubares	16
		Dota	17
		Curridabat	18
		Pérez Zeledón	19
		León Cortes	20
Alajuela	2	Alajuela	01
		San Ramón	02
		Grecia	03
		San Mateo	04
		Atenas	05
		Naranjo	06
		Palmares	07
		Poas	08
		Orotina	09

Tabla A.56. Código de cantón y provincia.

Provincia	Código	Cantón	Código
		San Carlos	10
		Zarcero	11
		Valverde Vega	12
		Upala	13
		Los Chiles	14
		Guatuso	15
		Río Cuarto	16
Cartago	3	Cartago	01
		Paraíso	02
		La Unión	03
		Jiménez	04
		Turrialba	05
		Alvarado	06
		Oreamuno	07
		El Guarco	08
Heredia	4	Heredia	01
		Barva	02
		Santo Domingo	03
		Santa Bárbara	04
		San Rafael	05
		San Isidro	06
		Belén	07
		Flores	08
		San Pablo	09
		Sarapiquí	10
Guanacaste	5	Liberia	01
		Nicoya	02
		Santa Cruz	03
		Bagaces	04
		Carrillo	05
		Cañas	06

Tabla A.56. Código de cantón y provincia.

Provincia	Código	Cantón	Código
		Abangares	07
		Tillarán	08
		Nandayure	09
		La Cruz	10
		Hojancha	11
Puntarenas	6	Puntarenas	01
		Esparza	02
		Buenos Aires	03
		Montes De Oro	04
		Osa	05
		Quepos	06
		Golfito	07
		Coto Brus	08
		Parrita	09
		Corredores	10
		Garabito	11
Limón	7	Limón	01
		Pococí	02
		Siquirres	03
		Talamanca	04
		Matina	05
		Guácimo	06

Tabla A.57. Zonas del CONAVI.

Provincia	Cantón	Distrito	Región	Zona
San José	San José	Carmen	1. Central	1-1
San José	San José	Merced	1. Central	1-1
San José	San José	Hospital	1. Central	1-1
San José	San José	Catedral	1. Central	1-1
San José	San José	Zapote	1. Central	1-1
San José	San José	San Francisco de Dos Ríos	1. Central	1-1
San José	San José	Uruca	1. Central	1-1
San José	San José	Mata Redonda	1. Central	1-2
San José	San José	Pavas	1. Central	1-2
San José	San José	Hatillo	1. Central	1-1
San José	San José	San Sebastián	1. Central	1-1
San José	Escazú	Escazú	1. Central	1-2
San José	Escazú	San Antonio	1. Central	1-2
San José	Escazú	San Rafael	1. Central	1-2
San José	Desamparados	Desamparados	1. Central	1-3
San José	Desamparados	San Miguel	1. Central	1-3
San José	Desamparados	San Juan De Dios	1. Central	1-3
San José	Desamparados	San Rafael	1. Central	1-3
San José	Desamparados	San Antonio	1. Central	1-3
San José	Desamparados	Frailes	1. Central	1-3
San José	Desamparados	Patarra	1. Central	1-3
San José	Desamparados	San Cristóbal	1. Central	1-3
San José	Desamparados	Rosario	1. Central	1-3
San José	Desamparados	Damas	1. Central	1-3
San José	Desamparados	San Rafael	1. Central	1-3
San José	Desamparados	Gravilias	1. Central	1-3
San José	Puriscal	Santiago	1. Central	1-2
San José	Puriscal	Mercedes Sur	1. Central	1-2
San José	Puriscal	Barbacoas	1. Central	1-2
San José	Puriscal	Grifo Alto	1. Central	1-2

Tabla A.57. Zonas del CONAVI.

Provincia	Cantón	Distrito	Región	Zona
San José	Puriscal	San Rafael	1. Central	1-2
San José	Puriscal	Candelaria	1. Central	1-2
San José	Puriscal	Desamparaditos	1. Central	1-2
San José	Puriscal	San Antonio	1. Central	1-2
San José	Puriscal	Chires	1. Central	1-2
San José	Tarrazú	San Marcos	1. Central	1-3
San José	Tarrazú	San Lorenzo	1. Central	1-3
San José	Tarrazú	San Carlos	1. Central	1-3
San José	Aserrí	Aserrí	1. Central	1-3
San José	Aserrí	Tarbaca	1. Central	1-3
San José	Aserrí	Vuelta De Jorco	1. Central	1-3
San José	Aserrí	San Gabriel	1. Central	1-3
San José	Aserrí	Legua	1. Central	1-3
San José	Aserrí	Monterrey	1. Central	1-3
San José	Mora	Colon	1. Central	1-2
San José	Mora	Guayabo	1. Central	1-2
San José	Mora	Tabarcia	1. Central	1-2
San José	Mora	Piedras Negras	1. Central	1-2
San José	Mora	Picagres	1. Central	1-2
San José	Goicoechea	Guadalupe	1. Central	1-1
San José	Goicoechea	San Francisco	1. Central	1-1
San José	Goicoechea	Calle Blancos	1. Central	1-1
San José	Goicoechea	Mata Platano	1. Central	1-1
San José	Goicoechea	Ipis	1. Central	1-1
San José	Goicoechea	Rancho Redondo	1. Central	1-1
San José	Goicoechea	Purral	1. Central	1-1
San José	Santa Ana	Santa Ana	1. Central	1-2
San José	Santa Ana	Salitral	1. Central	1-2
San José	Santa Ana	Pozos	1. Central	1-2
San José	Santa Ana	Uruca	1. Central	1-2
San José	Santa Ana	Piedades	1. Central	1-2

Tabla A.57. Zonas del CONAVI.

Provincia	Cantón	Distrito	Región	Zona
San José	Santa Ana	Brasil	1. Central	1-2
San José	Alajuelita	Alajuelita	1. Central	1-1
San José	Alajuelita	San Jocesito	1. Central	1-1
San José	Alajuelita	San Antonio	1. Central	1-1
San José	Alajuelita	Concepción	1. Central	1-1
San José	Alajuelita	San Felipe	1. Central	1-2
San José	Vázquez De Coronado	San Isidro	1. Central	1-1
San José	Vázquez De Coronado	San Rafael	1. Central	1-1
San José	Vázquez De Coronado	Jesús	1. Central	1-1
San José	Vázquez De Coronado	Patalillo	1. Central	1-1
San José	Vázquez De Coronado	Cascajal	1. Central	1-1
San José	Acosta	San Ignacio	1. Central	1-3
San José	Acosta	Guaitil	1. Central	1-3
San José	Acosta	Palmichal	1. Central	1-2
San José	Acosta	Palmichal	1. Central	1-3
San José	Acosta	Cangrejal	1. Central	1-3
San José	Acosta	Sabanilla	1. Central	1-3
San José	Tibás	San Juan	1. Central	1-1
San José	Tibás	Cinco Esquinas	1. Central	1-1
San José	Tibás	Anselmo Llorente	1. Central	1-1
San José	Moravia	San Vicente	1. Central	1-1
San José	Moravia	San Jerónimo	1. Central	1-1
San José	Moravia	Trinidad	1. Central	1-1
San José	Montes De Oca	San Pedro	1. Central	1-1
San José	Montes De Oca	Sabanilla	1. Central	1-1
San José	Montes De Oca	Mercedes	1. Central	1-1
San José	Montes De Oca	San Rafael	1. Central	1-1
San José	Turrubares	San Pablo	1. Central	1-2
San José	Turrubares	San Pedro	1. Central	1-2
San José	Turrubares	San Juan De Mata	1. Central	1-2
San José	Turrubares	San Luis	1. Central	1-2

Tabla A.57. Zonas del CONAVI.

Provincia	Cantón	Distrito	Región	Zona
San José	Dota	Santa Maria	1. Central	1-3
San José	Dota	San Pedro (Jardin)	1. Central	1-3
San José	Dota	Copey	1. Central	1-7
San José	Curridabat	Curridabat	1. Central	1-3
San José	Curridabat	Granadilla	1. Central	1-1
San José	Curridabat	Sanchez	1. Central	1-3
San José	Curridabat	Tirrases	1. Central	1-3
San José	León Cortes	San Pablo	1. Central	1-3
San José	León Cortes	San Andres	1. Central	1-3
San José	León Cortes	Llano Bonito	1. Central	1-3
San José	León Cortes	San Isidro	1. Central	1-3
San José	León Cortes	Santa Cruz	1. Central	1-3
Alajuela	Alajuela	Alajuela	1. Central	1-4
Alajuela	Alajuela	San Jose	1. Central	1-4
Alajuela	Alajuela	Carrizal	1. Central	1-4
Alajuela	Alajuela	San Antonio	1. Central	1-4
Alajuela	Alajuela	Guacima	1. Central	1-4
Alajuela	Alajuela	San Isidro	1. Central	1-4
Alajuela	Alajuela	Sabanilla	1. Central	1-4
Alajuela	Alajuela	San Rafael	1. Central	1-4
Alajuela	Alajuela	Rio Segundo	1. Central	1-4
Alajuela	Alajuela	Desamparados	1. Central	1-4
Alajuela	Alajuela	Turrucares	1. Central	1-4
Alajuela	Alajuela	Tambor	1. Central	1-4
Alajuela	Alajuela	Garita	1. Central	1-4
Alajuela	San Ramón	San Ramon	1. Central	1-6
Alajuela	San Ramón	Santiago	1. Central	1-6
Alajuela	San Ramón	San Juan	1. Central	1-6
Alajuela	San Ramón	Piedades Norte	1. Central	1-6
Alajuela	San Ramón	Piedades Sur	1. Central	1-6
Alajuela	San Ramón	San Rafael	1. Central	1-6

Tabla A.57. Zonas del CONAVI.

Provincia	Cantón	Distrito	Región	Zona
Alajuela	San Ramón	San Isidro	1. Central	1-6
Alajuela	San Ramón	Angeles	1. Central	1-6
Alajuela	San Ramón	Alfaro	1. Central	1-6
Alajuela	San Ramón	Volio	1. Central	1-6
Alajuela	San Ramón	Concepcion	1. Central	1-6
Alajuela	San Ramón	Zapotal	1. Central	1-6
Alajuela	Grecia	Grecia	1. Central	1-5
Alajuela	Grecia	San Isidro	1. Central	1-5
Alajuela	Grecia	San Jose	1. Central	1-5
Alajuela	Grecia	San Roque	1. Central	1-5
Alajuela	Grecia	Tacares	1. Central	1-5
Alajuela	Grecia	Puente Piedras	1. Central	1-5
Alajuela	Grecia	Bolívar	1. Central	1-5
Alajuela	Atenas	Atenas	1. Central	1-4
Alajuela	Atenas	Jesús	1. Central	1-4
Alajuela	Atenas	Mercedes	1. Central	1-4
Alajuela	Atenas	San Isidro	1. Central	1-4
Alajuela	Atenas	Concepción	1. Central	1-4
Alajuela	Atenas	San José	1. Central	1-4
Alajuela	Atenas	Santa Eulalia	1. Central	1-4
Alajuela	Naranjo	Naranjo	1. Central	1-5
Alajuela	Naranjo	San Miguel	1. Central	1-5
Alajuela	Naranjo	San José	1. Central	1-5
Alajuela	Naranjo	Cirri Sur	1. Central	1-5
Alajuela	Naranjo	San Jerónimo	1. Central	1-5
Alajuela	Naranjo	San Juan	1. Central	1-5
Alajuela	Naranjo	Rosario	1. Central	1-5
Alajuela	Palmares	Palares	1. Central	1-6
Alajuela	Palmares	Zaragoza	1. Central	1-6
Alajuela	Palmares	Buenos Aires	1. Central	1-6
Alajuela	Palmares	Santiago	1. Central	1-6

Tabla A.57. Zonas del CONAVI.

Provincia	Cantón	Distrito	Región	Zona
Alajuela	Palmares	Candelaria	1. Central	1-6
Alajuela	Palmares	Esquipulas	1. Central	1-6
Alajuela	Palmares	Granja	1. Central	1-6
Alajuela	Poas	San Pedro	1. Central	1-4
Alajuela	Poas	San Juan	1. Central	1-4
Alajuela	Poas	San Rafael	1. Central	1-4
Alajuela	Poas	Carrillo	1. Central	1-4
Alajuela	Poas	Sabana Sur	1. Central	1-4
Alajuela	Alfaro Ruiz	Zarcero	1. Central	1-6
Alajuela	Alfaro Ruiz	Laguna	1. Central	1-6
Alajuela	Alfaro Ruiz	Tapezco	1. Central	1-6
Alajuela	Alfaro Ruiz	Guadalupe	1. Central	1-6
Alajuela	Alfaro Ruiz	Palmira	1. Central	1-6
Alajuela	Alfaro Ruiz	Zapote	1. Central	1-6
Alajuela	Valverde Vega	Sarchí Norte	1. Central	1-5
Alajuela	Valverde Vega	Sarchí Sur	1. Central	1-5
Alajuela	Valverde Vega	Toro Amarillo	1. Central	1-5
Alajuela	Valverde Vega	San Pedro	1. Central	1-5
Alajuela	Valverde Vega	Rodriguez	1. Central	1-5
Cartago	Cartago	Oriental	1. Central	1-7
Cartago	Cartago	Occidental	1. Central	1-7
Cartago	Cartago	Carmen	1. Central	1-7
Cartago	Cartago	San Nicolás	1. Central	1-7
Cartago	Cartago	Aguacaliente	1. Central	1-7
Cartago	Cartago	Guadalupe	1. Central	1-7
Cartago	Cartago	Corralillo	1. Central	1-3
Cartago	Cartago	Tierra Blanca	1. Central	1-7
Cartago	Cartago	Dulce Nombre	1. Central	1-8
Cartago	Cartago	Llano Grande	1. Central	1-7
Cartago	Cartago	Quebradilla	1. Central	1-7
Cartago	Paraíso	Paraíso	1. Central	1-8

Tabla A.57. Zonas del CONAVI.

Provincia	Cantón	Distrito	Región	Zona
Cartago	Paraíso	Santiago	1. Central	1-8
Cartago	Paraíso	Orosi	1. Central	1-8
Cartago	Paraíso	Cachi	1. Central	1-8
Cartago	La Unión	Tres Ríos	1. Central	1-7
Cartago	La Unión	San Diego	1. Central	1-7
Cartago	La Unión	San Juan	1. Central	1-7
Cartago	La Unión	San Rafael	1. Central	1-7
Cartago	La Unión	Concepción	1. Central	1-7
Cartago	La Unión	Dulce Nombre	1. Central	1-7
Cartago	La Unión	San Ramón	1. Central	1-7
Cartago	La Unión	Rio Azul	1. Central	1-7
Cartago	Jiménez	Juan Viñas	1. Central	1-8
Cartago	Jiménez	Tucurrique	1. Central	1-8
Cartago	Jiménez	Pejibaye	1. Central	1-8
Cartago	Turrialba	Turrialba	1. Central	1-8
Cartago	Turrialba	La Suiza	1. Central	1-8
Cartago	Turrialba	Peralta	1. Central	1-8
Cartago	Turrialba	Santa Cruz	1. Central	1-8
Cartago	Turrialba	Santa Teresita	1. Central	1-8
Cartago	Turrialba	Pavones	1. Central	1-8
Cartago	Turrialba	Tuis	1. Central	1-8
Cartago	Turrialba	Tayutic	1. Central	1-8
Cartago	Turrialba	Santa Rosa	1. Central	1-8
Cartago	Turrialba	Tres Equis	1. Central	1-8
Cartago	Alvarado	Pacayas	1. Central	1-8
Cartago	Alvarado	Cervantes	1. Central	1-8
Cartago	Alvarado	Capellades	1. Central	1-8
Cartago	Oreamuno	San Rafael	1. Central	1-7
Cartago	Oreamuno	Cot	1. Central	1-7
Cartago	Oreamuno	Potrero Grande	1. Central	1-7
Cartago	Oreamuno	Cipreses	1. Central	1-7

Tabla A.57. Zonas del CONAVI.

Provincia	Cantón	Distrito	Región	Zona
Cartago	Oreamuno	Santa Rosa	1. Central	1-7
Cartago	El Guarco	El Tejar	1. Central	1-7
Cartago	El Guarco	San Isidro	1. Central	1-7
Cartago	El Guarco	Tobosi	1. Central	1-3
Cartago	El Guarco	Patio De Agua	1. Central	1-3
Heredia	Heredia	Heredia	1. Central	1-9
Heredia	Heredia	Mercedes	1. Central	1-9
Heredia	Heredia	San Francisco	1. Central	1-9
Heredia	Heredia	Ulloa	1. Central	1-9
Heredia	Heredia	Varablanca	1. Central	1-9
Heredia	Barva	Barva	1. Central	1-9
Heredia	Barva	San Pedro	1. Central	1-9
Heredia	Barva	San Pedro	1. Central	1-9
Heredia	Barva	San Roque	1. Central	1-9
Heredia	Barva	Santa Lucia	1. Central	1-9
Heredia	Barva	San Jose De La Montaña	1. Central	1-9
Heredia	Santo Domingo	Santo Domingo	1. Central	1-9
Heredia	Santo Domingo	San Vicente	1. Central	1-9
Heredia	Santo Domingo	San Miguel	1. Central	1-9
Heredia	Santo Domingo	Paracito	1. Central	1-9
Heredia	Santo Domingo	Santo Tomas	1. Central	1-9
Heredia	Santo Domingo	Santa Rosa	1. Central	1-9
Heredia	Santo Domingo	Tures	1. Central	1-9
Heredia	Santo Domingo	Para	1. Central	1-9
Heredia	Santa Bárbara	Santa Bárbara	1. Central	1-9
Heredia	Santa Bárbara	San Pedro	1. Central	1-9
Heredia	Santa Bárbara	San Juan	1. Central	1-9
Heredia	Santa Bárbara	Jesús	1. Central	1-9
Heredia	Santa Bárbara	Santo Domingo	1. Central	1-9
Heredia	Santa Bárbara	Puraba	1. Central	1-9
Heredia	San Rafael	San Rafael	1. Central	1-9

Tabla A.57. Zonas del CONAVI.

Provincia	Cantón	Distrito	Región	Zona
Heredia	San Rafael	San Josecito	1. Central	1-9
Heredia	San Rafael	Santiago	1. Central	1-9
Heredia	San Rafael	Ángeles	1. Central	1-9
Heredia	San Rafael	Concepción	1. Central	1-9
Heredia	San Isidro	San Isidro	1. Central	1-9
Heredia	San Isidro	San José	1. Central	1-1
Heredia	San Isidro	San José	1. Central	1-9
Heredia	San Isidro	Concepción	1. Central	1-9
Heredia	Belén	San Antonio	1. Central	1-9
Heredia	Belén	La Ribera	1. Central	1-9
Heredia	Belén	Asunción	1. Central	1-9
Heredia	Flores	San Joaquín	1. Central	1-9
Heredia	Flores	Barrantes	1. Central	1-9
Heredia	Flores	Llorente	1. Central	1-9
Heredia	San Pablo	San Pablo	1. Central	1-9
Heredia	Sarapiquí	Puerto Viejo	6. Huetar norte	6-1
Heredia	Sarapiquí	La Virgen	6. Huetar norte	6-1
Heredia	Sarapiquí	Horquetas	6. Huetar norte	6-1
Guanacaste	Liberia	Liberia	2. Chorotega	2-1
Guanacaste	Liberia	Cañas Dulces	2. Chorotega	2-1
Guanacaste	Liberia	Mayorga	2. Chorotega	2-1
Guanacaste	Liberia	Nacascolo	2. Chorotega	2-3
Guanacaste	Liberia	Curubande	2. Chorotega	2-1
Guanacaste	Nicoya	Nicoya	2. Chorotega	2-4
Guanacaste	Nicoya	Mansión	2. Chorotega	2-4
Guanacaste	Nicoya	San Antonio	2. Chorotega	2-4
Guanacaste	Nicoya	Quebrada Honda	2. Chorotega	2-4
Guanacaste	Nicoya	Samara	2. Chorotega	2-4
Guanacaste	Nicoya	Nosara	2. Chorotega	2-4
Guanacaste	Nicoya	Belen De Nosarito	2. Chorotega	2-4
Guanacaste	Santa Cruz	Santa Cruz	2. Chorotega	2-3

Tabla A.57. Zonas del CONAVI.

Provincia	Cantón	Distrito	Región	Zona
Guanacaste	Santa Cruz	Bolson	2. Chorotega	2-3
Guanacaste	Santa Cruz	Veintisiete De Abril	2. Chorotega	2-3
Guanacaste	Santa Cruz	Template	2. Chorotega	2-3
Guanacaste	Santa Cruz	Cartagena	2. Chorotega	2-3
Guanacaste	Santa Cruz	Cuajiniquil	2. Chorotega	2-3
Guanacaste	Santa Cruz	Diria	2. Chorotega	2-3
Guanacaste	Santa Cruz	Cabo Velas	2. Chorotega	2-3
Guanacaste	Bagaces	Bagaces	2. Chorotega	2-1
Guanacaste	Bagaces	Fortuna	2. Chorotega	2-1
Guanacaste	Bagaces	Mogote	2. Chorotega	2-1
Guanacaste	Carrillo	Filadelfia	2. Chorotega	2-3
Guanacaste	Carrillo	Palmira	2. Chorotega	2-3
Guanacaste	Carrillo	Sardinal	2. Chorotega	2-3
Guanacaste	Carrillo	Belen	2. Chorotega	2-3
Guanacaste	Cañas	Cañas	2. Chorotega	2-2
Guanacaste	Abangares	Las Juntas	2. Chorotega	2-2
Guanacaste	Abangares	Sierra	2. Chorotega	2-2
Guanacaste	Abangares	San Juan	2. Chorotega	2-2
Guanacaste	Abangares	Colorado (Cmd)	2. Chorotega	2-2
Guanacaste	Tilarán	Tilarán	2. Chorotega	2-2
Guanacaste	Tilarán	Quebrada Grande	2. Chorotega	2-2
Guanacaste	Tilarán	Tronadora	2. Chorotega	2-2
Guanacaste	Tilarán	Santa Rosa	2. Chorotega	2-2
Guanacaste	Tilarán	Libano	2. Chorotega	2-2
Guanacaste	Tilarán	Tierras Morenas	2. Chorotega	2-2
Guanacaste	Tilarán	Arenal	2. Chorotega	2-2
Guanacaste	Nandayure	Carmona	2. Chorotega	2-4
Guanacaste	Nandayure	Santa Rita	2. Chorotega	2-4
Guanacaste	Nandayure	Zapotal	2. Chorotega	2-4
Guanacaste	Nandayure	San Pablo	2. Chorotega	2-4
Guanacaste	Nandayure	Porvenir	2. Chorotega	2-4

Tabla A.57. Zonas del CONAVI.

Provincia	Cantón	Distrito	Región	Zona
Guanacaste	Nandayure	Bejuco	2. Chorotega	2-4
Guanacaste	La Cruz	La Cruz	2. Chorotega	2-1
Guanacaste	La Cruz	Santa Cecelia	2. Chorotega	2-1
Guanacaste	La Cruz	La Garita	2. Chorotega	2-1
Guanacaste	La Cruz	Santa Elena	2. Chorotega	2-1
Guanacaste	Hojancha	Hojancha	2. Chorotega	2-4
Puntarenas	Puntarenas	Puntarenas	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Puntarenas	Pitahaya	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Puntarenas	Chomes	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Puntarenas	Lepanto	2. Chorotega	2-4
Puntarenas	Puntarenas	Paquera	2. Chorotega	2-4
Puntarenas	Puntarenas	Manzanillo	2. Chorotega	2-2
Puntarenas	Puntarenas	Manzanillo	2. Chorotega	2-4
Puntarenas	Puntarenas	Guacimal	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Puntarenas	Barranca	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Puntarenas	Monte Verde	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Puntarenas	Cobano	2. Chorotega	2-4
Puntarenas	Puntarenas	Chacarita	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Esparza	Espiritu Santo	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Esparza	San Juan Grande	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Esparza	Macacona	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Esparza	San Rafael	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Esparza	San Jeronimo	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Buenos Aires	Buenos Aires	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Buenos Aires	Volcan	4. Brunca	4-1
Puntarenas	Buenos Aires	Potrero Grande	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Buenos Aires	Borica	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Buenos Aires	Pilas	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Buenos Aires	Colinas	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Buenos Aires	Changuena	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Montes De Oro	Miramar	3. Pacífico Central	3-1

Tabla A.57. Zonas del CONAVI.

Provincia	Cantón	Distrito	Región	Zona
Puntarenas	Montes De Oro	Unión	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Montes De Oro	San Isidro	3. Pacífico Central	3-1
Puntarenas	Osa	Puerto Cortes	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Osa	Palmar	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Osa	Palmar	4. Brunca	4-3
Puntarenas	Osa	Sierpe	4. Brunca	4-3
Puntarenas	Osa	Bahía Ballena	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Aguirre	Quepos	3. Pacífico Central	3-2
Puntarenas	Aguirre	Savegre	4. Brunca	4-1
Puntarenas	Aguirre	Naranjillo	3. Pacífico Central	3-2
Puntarenas	Golfito	Golfito	4. Brunca	4-3
Puntarenas	Golfito	Jiménez	4. Brunca	4-3
Puntarenas	Golfito	Guaycara	4. Brunca	4-3
Puntarenas	Golfito	Pavones	4. Brunca	4-3
Puntarenas	Coto Brus	San Vito	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Coto Brus	Sabalito	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Coto Brus	Aguabuena	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Coto Brus	Limoncito	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Coto Brus	Pittier	4. Brunca	4-2
Puntarenas	Parrita	Parrita	3. Pacífico Central	3-2
Puntarenas	Corredores	Corredor	4. Brunca	4-3
Puntarenas	Corredores	La Cuesta	4. Brunca	4-3
Puntarenas	Corredores	Canoas	4. Brunca	4-3
Puntarenas	Garabito	Jaco	3. Pacífico Central	3-2
Puntarenas	Garabito	Tárcoles	3. Pacífico Central	3-2
Limón	Limón	Limón	5. Huetar Atlántico	5-2
Limón	Limón	Valle La Estrella	5. Huetar Atlántico	5-2
Limón	Limón	Rio Blanco	5. Huetar Atlántico	5-2
Limón	Limón	Matama	5. Huetar Atlántico	5-2
Limón	Pococí	Guápiles	5. Huetar Atlántico	5-1

Tabla A.57. Zonas del CONAVI.

Provincia	Cantón	Distrito	Región	Zona
Limón	Pococí	Jiménez	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Pococí	Rita	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Pococí	Roxana	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Pococí	Cariari	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Pococí	Colorado	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Siquirres	Siquirres	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Siquirres	Pacuarito	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Siquirres	Florida	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Siquirres	Germania	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Siquirres	Cairo	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Talamanca	Bratsi	5. Huetar Atlántico	5-2
Limón	Talamanca	Sixaola	5. Huetar Atlántico	5-2
Limón	Talamanca	Cahuita	5. Huetar Atlántico	5-2
Limón	Matina	Matina	5. Huetar Atlántico	5-2
Limón	Matina	Batan	5. Huetar Atlántico	5-2
Limón	Matina	Carrandi	5. Huetar Atlántico	5-2
Limón	Guácimo	Guácimo	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Guácimo	Mercedes	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Guácimo	Pocora	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Guácimo	Rio Jiménez	5. Huetar Atlántico	5-1
Limón	Guácimo	Ducari	5. Huetar Atlántico	5-1

Tabla A.58. Puente declarados Patrimonio Histórico de Costa Rica a la fecha 20 de setiembre de 2018.

Nombre del puente	Provincia	Cantón	Distrito	N.° Decreto
Río Torres	San José	San José	Uruca	23715-C
Puente de Piedra	Alajuela	Grecia	Puente De Piedra	23111-C
Antiguo puente río La Vieja	Alajuela	San Carlos	Quesada	24364-C
Río Jesús María	Alajuela	San Mateo	Jesús María	4990-C
Puente de Piedra	Alajuela	San Ramón	Piedades Sur	15485-C
Puente Negro	Cartago	Cartago	Coralillo	29604-C
Río Quebrada Seca	Heredia	Belén	San Antonio	17539-C
Puente Real	Guanacaste	Liberia	Liberia	36819-C
Antiguo Puente Guardia	Guanacaste	Liberia	Nacascolo	24084-C
Río Grande de Tárcoles	Alajuela	Atenas	Concepción	4469-C

Fuente: Adaptado de CICPC, 2018.

20 de setiembre de 2018
CICPC-AL-0007-2018

Señor
Mario Rodríguez Vargas
Director Ejecutivo.
Consejo Nacional de Vialidad

ASUNTO: Respuesta a su oficio **DIE-07-18-2193(37)**

Estimado señor:

Con la autorización del señor Diego Meléndez Dobles, Director del Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural, en atención a su oficio **DIE-07-18-2193(37)**, fechado 24 de agosto del 2018, adjunto la siguiente tabla que contiene el listado de los puentes que forman parte del Patrimonio Histórico Arquitectónico de Costa Rica.

Nombre	Provincia	Ubicación	Status	Decreto	Observaciones
Puente sobre el Río Torres	San José	Uruca	Declarado	23715-C	
Puente de Piedra	Alajuela	Grecia	Declarado	23111-C	
Antiguo Puente Río La Vieja	Alajuela	San Carlos	Declarado	24364-C	
Puente Río Jesús María	Alajuela	San Mateo	Declarado	4990-C	
Puente de Piedra	Alajuela	San Ramón	Declarado	15485-C	Catalogado como construcción.
Puente Negro	Cartago	Corallillo	Declarado	29604-C	
Puente Ferroviario al Atlántico	Cartago	Paraíso	Declarado	23664-C	Ferroviario
Puente Ferroviario Río Birrí	Cartago	Santiago	Declarado	30557-C	Ferroviario
Puente Río Quebrada Seca	Heredia	Belén	Declarado	17539-C	
Puente Real	Guanacaste	Liberia	Declarado	36819-C	
Antiguo Puente Guardia	Guanacaste	Nacascolo	Declarado	24084-C	
Puente Ferroviario sobre Río Guacimito	Limón	Guácimo	Declarado	37087-C	Ferroviario
Puente Ferroviario sobre Río Guácimo	Limón	Guácimo	Declarado	37158-C	Ferroviario
Puente Ferroviario sobre el Río Grande	Alajuela	Atenas	Declarado	30638-C	Ferroviario
Puente La Garita sobre el Río Grande de Tárcoles	Alajuela	Atenas	Declarado	4469-C	Reliquia Historica

Atentamente,

Juan Carlos Wintter Agüero
Asesor Legal

JUAN CARLOS WINTTER AGUERO (FIRMA)
Firmado digitalmente por JUAN CARLOS WINTTER AGUERO (FIRMA)
Fecha: 2018.09.24 09:32:31 -06'00'

C. Archivo

Asesoría Legal - Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural
Si perdemos aquello que nos da identidad. ¿Quiénes somos?

Teléfono: (506) 2010-7400 - Ext. 424. Fax: (506) 2010-7423.
Avenida Central, entre calles 1ª y 3ª. San José, Costa Rica.
Correo electrónico: jcwintter@patrimonio.go.cr / Página Web: http://www.patrimonio.go.cr

Figura A.219. Puentes declarados Patrimonio Histórico de Costa Rica a la fecha 20 de setiembre de 2018.

Fuente: CICPC, 2018.

A.10 Bibliografía

AASHTO. (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

ACI. (2013). *Report on Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures (228.2R-13).* Farmington Hills: American Concrete Institute .

Actualización del Sistema Geodésico de Referencia Horizontal Oficial para Costa Rica. (Decreto Ejecutivo n.° 40962-MJP, 2018). Costa Rica.

Alcántara, J., Chico, B., Díaz, I., de la Fuente, D., y Morcillo, M. (2015). Airborne chloride deposit and its effect on marine atmospheric corrosion of mild steel. *Corrosion Science, 97*, 74-88.

Álvarez-González, S. G., y Villalobos-Vega, E. (2018). *Inspección especial del puente sobre el río Toro Amarillo Ruta Nacional n.° 32: Evaluación de la condición de las pilas (Proyecto n.° LM-PIE-UP-P04-2018).* San José: Programa de Ingeniería Estructural, LanammeUCR.

CFIA. (2013). *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes.* San José: LanammeUCR.

CICPC. (20 de setiembre de 2018). *CICPC-AL-0007-2018: Resupuesta a oficio DIE-07-18-2193(37).* San José, Costa Rica.

INTECO. (2018). *Elementos de datos y formatos de intercambio – Intercambio de información – Representación de fechas y horas* (INTE/ISO 8601:2018). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

MOPT. (2014). *Revisión al Manual de Inspección de Puentes 1° ed. 2007: Actualización del Capítulo 5.* San José: Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT, y JICA. (2007). *Manual de Inspección de Puentes.* San José: Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

SIECA. (2014). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.* Ciudad de Guatemala: Secretaría de Integración Económica Centroamericana.

Vargas-Alas, L. G., y Villalobos-Vega, E. (2017). *Evaluación de la condición del puente sobre el río Jesús María Ruta Nacional n.° 27 (Proyecto n.° LM-PIE-UP-P18-2017).* San José: Programa de Ingeniería Estructural, LanammeUCR.

Vargas-Alas, L. G., y Villalobos-Vega, E. (2019). *Evaluación de la condición del puente sobre el río Virilla Ruta Nacional n.° 32 (Proyecto n.° LM-PIE-UP-P12-2019).* San José:

Programa de Ingeniería Estructural, LanammeUCR.

A.11 Formularios

En las siguientes páginas se muestran los formularios de inspección de inventario en versión imprimible.

INFORMACIÓN BÁSICA DEL PUENTE (IN-IB-01)

Fecha de inspección		Hoja		

Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel
1.					
2.					

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Concesionario □ Municipalidad □ Privado
Nombre del puente			
Ruta n.°			
Clasificación de la ruta	□ Primaria □ Travesía □ Secundaria □ Cantonal □ Terciaria □ NA	**Ubicación** Provincia	
Kilómetro de ubicación	km	Cantón	
Dirección de la vía hacia		Distrito	
Organización responsable de la gestión del puente	□ MOPT/CONAVI □ Privado □ Municipalidad	Coordenada X (CRTM05)	
		Coordenada Y (CRTM05)	
		Zona	

Información de:	Diseño	Construcción	Última actividad de rehabilitación
Fecha			
Especificación			
N.° Contrato			
Carga viva			

B. Características de la estructura

Tipo de estructura	□ Puente				
Longitud total (entre apoyos)	m				
Longitud total (entre juntas)	m				
Estructura paralela:	A	B	C	D	E
N.° de superestructuras					
N.° de tramos					
N.° de subestructuras					
Tipos de uso	□ Vehicular □ Ciclovía □ Peatonal □ Ferrocarril				
Cruza sobre	□ Río: □ Estero: □ Quebrada: □ Ruta Nacional: □ Ruta Cantonal □ Línea férrea □ Camino privado				
Servicios públicos	□ Agua potable □ Aceite □ Aguas negras □ Gas □ Oleoducto □ Eléctrico □ Telecomunicación □ NP □ Otros:				
Importancia histórica	□ Sí □ No				
Puente paralelo	□ Sí □ No Código puente paralelo: Comparte: □ Pilas □ Bastiones				

Exposición ambiental:	Alta	Media	Baja
Marino o cercano a la costa	□	□	□
Zona con influencia volcánica	□	□	□
Carbonatación	□	□	□
Sulfatos	□		□

C. Características Operacionales del Puente y la Ruta

Importancia operacional del puente			□ Crítico □ Esencial □ Convencional □ Otros
N.° carriles (puente)			
N.° carriles (carretera)			
Sentido de circulación			□ Un sentido □ Doble sentido
Velocidad (ruta)			km/h
Ruta de desvío	Distancia		km
	Velocidad		km/h
	Características		□ Vía sin pavimentar □ Muy mala □ Terreno montañoso
Conteo de tráfico	Fuente		
	Año		
	Sección de control		
	Total de vehículos		
	% vehículos pesados		%
	% camiones 5 o más ejes		%
	Tasa de crecimiento anual		%
Restricciones del puente	Carga — Tipo		□ Por peso máximo de vehículo ton □ Por peso máximo de eje ton □ Por tipo de vehículo ton ton ton
			□ NA
	Sólo un vehículo		□ Sí □ No
	Temporal		□ Sí □ No
	Altura		m
	Ancho		m

INFORMACIÓN BÁSICA DEL PUENTE (IN-IB-01)

Fecha de inspección		Hoja	

Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel
1.					
2.					

D. Seguridad vial

Sistema de contención vehicular (puente)	**Tipo**	Bordillo	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	NP
	Aguas arriba	□	□	□	□	□	□	□
	Aguas abajo	□	□	□	□	□	□	□
	Material	Acero	Concreto	Madera	Mampostería			NP
	Aguas arriba	□	□	□	□			□
	Aguas abajo	□	□	□	□			□
Sistema de contención vehicular (medianera)	**Tipo**	Bordillo	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	NP
		□	□	□	□	□	□	□
	Material	Acero	Concreto	Madera	Mampostería			NP
		□	□	□	□			□
Sistema de contención vehicular (accesos)	**Tipo**	Terminal de impacto		TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5 NP
	Acceso n.° 1	□ P	□ NP	□	□	□	□	□ □
	Acceso n.° 2	□ P	□ NP	□	□	□	□	□ □
	Material	Acero	Concreto	Madera	Mampostería			NP
	Acceso n.° 1	□	□	□	□			□
	Acceso n.° 2	□	□	□	□			□
	Geometría	**Longitud**		**Altura**	**Angulo de esviaje**			
	Acceso n.° 1	m		m	o			
	Acceso n.° 2	m		m	o			

Estructura de señales elevadas	□ P	□ NP	
Iluminación	□ P	□ NP	
Acero inferior (paso a desnivel)	□ P	□ NP	□ NA
Pasarela peatonal (independiente)	□ P	□ NP	

Baranda o barrera peatonal	**Material**	Acero	Concreto	Madera	Mampostería			NP
	Aguas arriba	□	□	□	□			□
	Aguas abajo	□	□	□	□			□

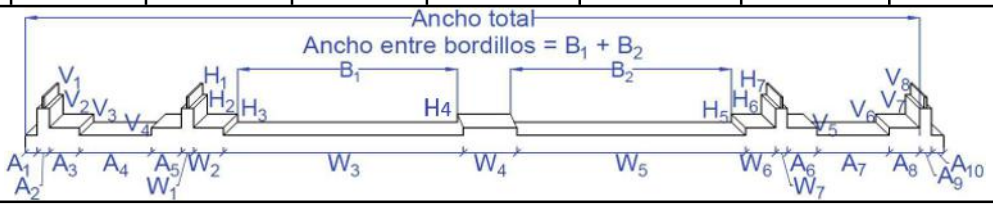
E. Accesos y accesorios

Superficie de desgaste (puente)	**Tipo**	□ Concreto	□ Acero	□ NP	□ Asfalto	□ Madera		
	Espesor original	mm						
	Espesor sobrecapa	mm						
Entrada de sistema de drenaje (tablero)	**Tipo**	□ Rejilla	□ Drenaje a través de losa	□ Ranura en base de sistema de contención vehicular	□ NP			
Salida de sistema de drenaje (tablero)	**Tipo**	□ Metálico	□ Plástico	□ NP				
Alineamiento horizontal (accesos)	**Tipo**	Recto	Curvo					
	Acceso n.° 1	□	□					
	Acceso n.° 2	□	□					
Superficie de ruedo (accesos)	**Tipo**	Asfalto	Concreto	Grava				
	Acceso n.° 1	□	□	□				
	Acceso n.° 2	□	□	□				
Losa de aproximación	**Tipo**	Concreto reforzado	Concreto presforzado	NP	NI			
	Acceso n.° 1	□	□	□	□			
	Acceso n.° 2	□	□	□	□			
Sistema de drenaje (accesos)	**Tipo**	Concreto	Metálico	Plástico	Canal natural	NP		
	Acceso n.° 1	□	□	□	□	□		
	Acceso n.° 2	□	□	□	□	□		
Obras de retención no integrales (accesos)	**Tipo**	Concreto ciclópeo	Concreto reforzado	Gaviones	Suelo cosido			
	Acceso n.° 1	□	□	□	□			
	Acceso n.° 2	□	□	□	□			
	Tipo	Tierra armada	Tablestaca	Mampostería	NP			
	Acceso n.° 1	□	□	□	□			
	Acceso n.° 2	□	□	□	□			

F. Claro libre y sección transversal

Altura libre vertical	**Superior**	m	**Ancho de vía acceso n.° 1**	m	**Ancho de vía acceso n.° 2**	m	
	Inferior	m					

Sección transversal						**Ancho entre bordillos**		m	**Ancho total**	m
Ítems	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
W (m)										
H (m)										
A (m)										
V (m)										



DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA: SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS DE CONCRETO REFORZADO (IN-SP-01)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura		
Pendiente longitudinal	%	

N.° de tramo	Longitud de tramo	Alineamiento en planta			Vigas principales						Diafragmas (extremos)	Diafragmas (internos)	
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)	N.° de vigas	Altura			Ancho	Separación	Área de sección	N.° de diafragmas	Área de sección
						Inicial	Centro	Final					
	m		°	m		m	m	m	m	m	m^2		m^2
	m		°	m		m	m	m	m	m	m^2		m^2
	m		°	m		m	m	m	m	m	m^2		m^2
	m		°	m		m	m	m	m	m	m^2		m^2

Tablero				Recubrimiento en elementos principales		Juntas de expansión	
Material	Espesor	Recubrimiento				Inicial	Final
	mm	mm	□TP	mm	□TP		

Sistemas de protección (materiales)		Sistemas de protección sísmica
Tablero	Superestructura	

C. Dominios

Tipo (alineamiento en planta)
- 1- Recto
- 2- Sesgado
- 3- Curvo

Material (tablero)
- 1- Concreto reforzado
- 2- Concreto presforzado
- 3- Rejilla metálica abierta
- 4- Rejilla metálica rellena
- 5- Metálicocorrugado
- 6- Madera
- 7- Madera presforzada
- 8- Ortotrópico
- 9- Lámina de acero

Juntas de expansión
- 1- Elastomérica
- 2- Elastomérica colada
- 3- Elastomérica reforzada
- 4- Sello comprimido
- 5- Modulares con sello
- 6- Juntaabierta
- 7- Junta asfáltica
- 8- Placas deslizantes
- 9- Juntas dentadas
- 10- Junta de alivio de puente integral
- 11- NA (noaplica)

Sistemas de protección (material: concreto)
- 1- Recubrimiento impermeabilizante
- 2- Selladores de grietas
- 3- NP (no presenta)

Sistemas de protección sísmica
- 1- Llaves de corte
- 2- Cadena / anclajes / post-tensión externa
- 3- Dispositivos de disipación de energía
- 4- NP (no presenta)

DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA: SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS DE CONCRETO PRESFORZADO (IN-SP-02)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km	

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura		
Pendiente longitudinal	%	

N.° de tramo	Longitud de tramo	Alineamiento en planta			Vigas principales									Diafragmas (extremos)	Diafragmas (internos)	
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)	Tipo de sección	N.° de vigas	Altura	Espesor alma	Ancho alas		Espesor alas		Separación	Área de sección	N.° de diafragmas	Área de sección
									Superior	Inferior	Superior	Inferior				
	m		°	m			m	m	m	m	m	m	m	m^2		m^2
	m		°	m			m	m	m	m	m	m	m	m^2		m^2
	m		°	m			m	m	m	m	m	m	m	m^2		m^2
	m		°	m			m	m	m	m	m	m	m	m^2		m^2

Tablero				Recubrimiento en elementos principales		Juntas de expansión	
Material	Espesor	Recubrimiento				Inicial	Final
	mm	mm	□ TP	mm	□TP		

Sistemas de protección (materiales)		Sistemas de protección sísmica
Tablero	Superestructura	

C. Dominios

Tipo (alineamiento en planta)
- 1- Recto
- 2- Sesgado
- 3- Curvo

Tipo de sección (vigas principales)
- 1- Tipo I
- 2- Bulbo
- 3- Tipo T
- 4- Doble T
- 5- Canaleta

Material (tablero)
- 1- Concreto reforzado
- 2- Concreto presforzado
- 3- Rejilla metálica abierta
- 4- Rejilla metálica rellena
- 5- Metálico corrugado
- 6- Madera
- 7- Madera presforzada
- 8- Ortotrópico
- 9- Lámina de acero

Juntas de expansión
- 1- Elastomérica
- 2- Elastomérica colada
- 3- Elastomérica reforzada
- 4- Sello comprimido
- 5- Modulares con sello
- 6- Junta abierta
- 7- Junta asfáltica
- 8- Placas deslizantes
- 9- Juntas dentadas
- 10- Junta de alivio de puente integral
- 11- NA (no aplica)

Sistemas de protección (material: concreto)
- 1- Recubrimiento impermeabilizante
- 2- Selladores de grietas
- 3- NP (no presenta)

Sistemas de protección sísmica
- 1- Llaves de corte
- 2- Cadena / anclajes / post-tensión externa
- 3- Dispositivos de disipación de energía
- 4- NP (no presenta)

DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA: SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS DE ACERO (IN-SP-03)

Fecha de inspección		Hoja		

Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel
1.					
2.					

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura		
Pendiente longitudinal	%	

N.° de tramo	Longitud de tramo	Alineamiento en planta			Vigas principales								Sistema arriostramiento (lateral)		
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)	N.° de vigas	Altura			Ancho alas	Espesores		Separación	Separación	Tipo de sección	Área de sección
						Inicial	Centro	Final		Alma	Alas				
	m		°	m		m	m	m	m	mm	mm	m	m		m^2
	m		°	m		m	m	m	m	mm	mm	m	m		m^2
	m		°	m		m	m	m	m	mm	mm	m	m		m^2
	m		°	m		m	m	m	m	mm	mm	m	m		m^2

N.° de tramo	Longitud de tramo	Diafragmas (extremos)					Diafragmas (internos)						Vigas transversales			Vigas de piso		
		Tipo de diafragma	N.° de elementos	Tipo de sección	Área de sección	Longitud promedio	Tipo de diafragma	N.° de diafragmas	N.° de elementos	Tipo de sección	Área de sección	Longitud promedio	Tipo de sección	Área de sección	Separación	N.° de vigas	Tipo de sección	Área de sección
	m				m^2	m					m^2	m		m^2	m			m^2
	m				m^2	m					m^2	m		m^2	m			m^2
	m				m^2	m					m^2	m		m^2	m			m^2
	m				m^2	m					m^2	m		m^2	m			m^2

Tablero			Juntas de expansión		Vigas gerber
Material	Espesor	Recubrimiento	Inicial	Final	
	mm	mm □ TP			□ Sí □ No

Sistemas de protección (materiales)				Sistemas de protección sísmica	Tipo de conexión
Tablero	Recubrimiento	Superestructura	Recubrimiento		
	mm		mm		

C. Dominios

Tipo (alineamiento en planta) 1- Recto
2- Sesgado
3- Curvo

Tipo de sección (diafragmas externos e internos, sistema de arriostramiento, vigas transversales y de piso) 1- Tipo I
2- Tipo S
3- Canal
4- Pletina
5- Angular
6- NA (no aplica)

Tipo de de diafragma (externos e internos) 1- Viga de alma llena
2- Armadura
3- NA (no aplica)

Material (tablero)
1- Concreto reforzado
2- Concreto presforzado 3- Rejilla metálica abierta 4- Rejilla metálica rellena 5- Metálico corrugado
6- Madera
7- Madera presforzada
8- Ortotrópico
9- Lámina de acero

Juntas de expansión
1- Elastomérica
2- Elastomérica colada
3- Elastomérica reforzada
4- Sello comprimido
5- Modulares con sello
6- Junta abierta
7- Junta asfáltica
8- Placas deslizantes
9- Juntas dentadas
10- Junta de alivio de puente integral
11- NA (no aplica)

Sistemas de protección (material: acero / sistema de protección contra la corrosión) 1- Pintura
2- Acero autopatinable ("*weathering* ") 3- Galvanizado
4- NP (no presenta)

Sistemas de protección (material: concreto) 1- Recubrimiento impermeabilizante
2- Selladores de grietas
3- NP (no presenta)

Sistemas de protección sísmica 1- Llaves de corte
2- Cadena / anclajes / post-tensión externa 3- Dispositivos de disipación de energía
4- NP (no presenta)

Tipo de conexión
1- Apernada
2- Remachada
3- Soldada
4- NP (no presenta)

DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA: SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS DE MADERA (IN-SP-04)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura			Material	☐ Madera laminada	☐ Madera aserrada	
Pendiente longitudinal	%					

N.° de tramo	Longitud de tramo	Alineamiento en planta			Vigas principales					Diafragmas (extremos)					
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)	Tipo de sección	N.° de vigas	Altura	Ancho	Separación	Material	Tipo de diafragma	N.° de elementos	Tipo de sección	Área de sección	Longitud promedio
	m		°	m			m	m	m					m^2	m
	m		°	m			m	m	m					m^2	m
	m		°	m			m	m	m					m^2	m
	m		°	m			m	m	m					m^2	m

N.° de tramo	Longitud de tramo	Diafragmas (internos)						
		Material	Tipo de diafragma	N.° de elementos	N.° de diafragmas	Tipo de sección	Área de sección	Longitud promedio
	m						m^2	m
	m						m^2	m
	m						m^2	m
	m						m^2	m

Tablero			Juntas de expansión	
Material	Espesor	Recubrimiento	Inicial	Final
	mm	mm ☐ TP		

Sistemas de protección (materiales)	
Tablero	Superestructura

C. Dominios

Tipo (alineamiento en planta)
1- Recto
2- Sesgado
3- Curvo

Tipo de sección (vigas principales)
1- Rectangular
2- Circular
3- Tipo T

Material (diafragmas externos e internos)
1- Madera aserrada
2- Madera laminada
3- Acero
4- NA (no aplica)

Tipo diafragma (externos e internos)
1- Viga de alma llena
2- Armadura

Tipo de sección (diafragmas externos e internos)
1- Rectangular (madera)
2- Pletina (acero) 3- Angular (acero)

Material (tablero)
1- Concreto reforzado
2- Concreto presforzado
3- Rejilla metálica abierta
4- Rejilla metálica rellena
5- Metálico corrugado
6- Madera
7- Madera presforzada
8- Ortotrópico
9- Lámina de acero

Juntas de expansión
1- Elastomérica
2- Elastomérica colada
3- Elastomérica reforzada
4- Sello comprimido
5- Modulares con sello 6- Junta abierta
7- Junta asfáltica
8- Placas deslizantes
9- Juntas dentadas
10- Junta de alivio de puente integral
11- NA (no aplica)

Sistemas de protección (material: madera)
1- Pintura
2- Preservante
3- Repelente de agua
4- Retardante de fuego
5- NP (no presenta)

Sistemas de protección (material: acero / sistema de protección contra la corrosión)
1- Pintura
2- Acero autopatinable ("*weathering* ")
3- Galvanizado
4- NP (no presenta)

DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA: SUPERESTRUCTURA TIPO LOSA (CONCRETO REFORZADO, CONCRETO PRESFORZADO Y MADERA) (IN-SP-05)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km	

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura		
Pendiente longitudinal	%	

N.° de tramo	Longitud de tramo	Alineamiento en planta			Losa				Juntas de expansión	
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)	Material	Tipo	Espesor	Recubrimiento	Inicial	Final
							mm	mm □TP		
	m		°	m	**Sistemas de protección (materiales)**				**Sistemas de protección sísmica**	
	m		°	m	Superestructura					
	m		°	m						
	m		°	m						

C. Dominios

Tipo (alineamiento en planta)
- 1- Recto
- 2- Sesgado
- 3- Curvo

Material (tablero)
- 1- Concreto reforzado
- 2- Concreto presforzado
- 3- Rejilla metálica abierta
- 4- Rejilla metálica rellena
- 5- Metálico corrugado
- 6- Madera
- 7- Madera presforzada
- 8- Ortotrópico
- 9- Lámina de acero

Tipo (losa)
- 1- Sólida
- 2- Con vacíos

Juntas de expansión
- 1- Elastomérica
- 2- Elastomérica colada
- 3- Elastomérica reforzada
- 4- Sello comprimido
- 5- Modulares con sello
- 6- Junta abierta
- 7- Junta asfáltica
- 8- Placas deslizantes
- 9- Juntas dentadas
- 10- Junta de alivio de puente integral
- 11- NA (no aplica)

Sistemas de protección (material: concreto)
- 1- Recubrimiento impermeabilizante
- 2- Selladores de grietas
- 3- NP (no presenta)

Sistemas de protección (material: madera)
- 1- Pintura
- 2- Preservante
- 3- Repelente de agua
- 4- Retardante de fuego
- 5- NP (no presenta)

Sistemas de protección sísmica
- 1- Llaves de corte
- 2- Cadena / anclajes /post-tensión externa
- 3- Dispositivos de disipación de energía
- 4- NP (no presenta)

DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA: SUPERESTRUCTURA TIPO ARCO (CONCRETO REFORZADO, CONCRETO PRESFORZADO, ACERO Y MADERA) (IN-SP-06)

Fecha de inspección		Hoja		

Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel
1.					
2.					

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura			Tipo de arco	□ Paso inferior □ Paso superior □ Banda tensada	Material	□ Concreto reforzado □ Concreto presforzado □ Acero □ Madera laminada
Pendiente longitudinal	%					

Alineamiento en planta			Longitud de la superestructura	Arco							Vigas de arriostramiento		Sistema de soporte del tablero			
Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)		Longitud de arco	Longitud de arco superior	N.° de cuerdas	Altura	Ancho	Separación	Flecha	N.° de vigas	Área de sección	Tipo	N.° de elementos	Separación	Área de sección
	°	m	m	m	m		m	m	m	m		m^2		m	m	m^2

Vigas transversales	Vigas de piso		Tablero				Recubrimiento en elementos principales	Tipo de conexión
Área de sección	N.° de vigas	Área de sección	Material	Espesor	Recubrimiento			
m^2		m^2		mm	mm	□TP	mm □ TP	

Juntas de expansión		Sistemas de protección (materiales)				Sistemas de protección sísmica
Inicial	Final	Tablero	Recubrimiento	Superestructura	Recubrimiento	
			mm		mm	

C. Dominios

Tipo (alineamiento en planta)
1- Recto
2- Sesgado
3- Curvo

Tipo (sistema de soporte del tablero)
1- Marco
2- Muro
3- Tirantes

Material (tablero)
1- Concreto reforzado
2- Concreto presforzado
3- Rejilla metálica abierta
4- Rejilla metálica rellena
5- Metálico corrugado
6- Madera
7- Madera presforzada
8- Ortotrópico
9- Lámina de acero

Juntas de expansión
1- Elastomérica
2- Elastomérica colada
3- Elastomérica reforzada
4- Sello comprimido
5- Modulares con sello
6- Junta abierta
7- Junta asfáltica
8- Placas deslizantes
9- Juntas dentadas
10- Junta de alivio de puente integral
11- NA (no aplica)

Sistemas de protección (material: concreto)
1- Recubrimiento impermeabilizante
2- Selladores de grietas
3- NP (no presenta)

Sistemas de protección (material: madera)
1- Pintura
2- Preservante
3- Repelente de agua
4- Retardante de fuego
5- NP (no presenta)

Sistemas de protección (material: acero / sistema de protección contra la corrosión)
1- Pintura
2- Acero autopatinable ("*weathering* ")
3- Galvanizado
4- NP (no presenta)

Sistemas de protección sísmica
1- Llaves de corte
2- Cadena / anclajes / post-tensión externa
3-Dispositivos de disipación de energía
4- NP (no presenta)

Tipo de conexión
1- Apernada
2- Remachada
3- Soldada
4- NP (no presenta)

DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA: SUPERESTRUCTURA TIPO ARCO DE MAMPOSTERÍA (IN-SP-07)

Fecha de inspección		Hoja		

Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel
1.					
2.					

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura		
Pendiente longitudinal	%	

Alineamiento en planta			Longitud de la superestructura	Arco				Altura mínima muro de retención lateral
Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)		Longitud de arco	Flecha	Espesor	Ancho	
	°	m	m	m	m	m	m	m

C. Dominios

Tipo (alineamiento en planta)

1- Recto

2- Sesgado

3- Curvo

DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA: SUPERESTRUCTURA TIPO ARCO PREFABRICADO (IN-SP-08)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura		
Pendiente longitudinal	%	

Alineamiento en planta			Longitud de la superestructura	Arco				Altura mínima muro de retención lateral
Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)		Longitud de arco	Flecha	Espesor	Ancho	
	°	m	m	m	m	m	m	m

C. Dominios

Tipo (alineamiento en planta)

1- Recto

2- Sesgado

3- Curvo

DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA: SUPERESTRUCTURA TIPO VIGA CAJÓN (CONCRETO REFORZADO, PRESFORZADO, ACERO Y MADERA) (IN-SP-09)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura			Material	□ Concreto reforzado	□ Concreto presforzado	□ Acero	□ Madera laminada
Pendiente longitudinal	%						

N.° de tramo	Longitud de tramo	Alineamiento en planta			Vigas principales												
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)	N.° de vigas	Separación	N.° de celdas	Altura			Espesor ala inferior			Espesor alma	Ancho	
								Inicial	Centro	Final	Inicial	Centro	Final		Superior	Inferior
	m		°	m		m		m	m	m	m	m	m	m	m	m
	m		°	m		m		m	m	m	m	m	m	m	m	m
	m		°	m		m		m	m	m	m	m	m	m	m	m
	m		°	m		m		m	m	m	m	m	m	m	m	m

Tablero			Recubrimiento en elementos principales		Juntas de expansión		Tipo de conexión
Material	Espesor	Recubrimiento			Inicial	Final	
	mm	mm	□TP	mm	□TP			

Sistemas de protección (materiales)				Sistemas de protección sísmica
Tablero	Recubrimiento	Superestructura	Recubrimiento	
	mm		mm	

C. Dominios

Tipo (alineamiento en planta)
- 1- Recto
- 2- Sesgado
- 3- Curvo

Material (tablero)
- 1- Concreto reforzado
- 2- Concreto presforzado
- 3- Rejilla metálica abierta
- 4- Rejilla metálica rellena
- 5- Metálico corrugado
- 6- Madera
- 7- Madera presforzada
- 8- Ortotrópico
- 9- Lámina de acero

Juntas de expansión
- 1- Elastomérica
- 2- Elastomérica colada
- 3- Elastomérica reforzada
- 4- Sello comprimido
- 5- Modulares con sello
- 6- Junta abierta
- 7- Junta asfáltica
- 8- Placas deslizantes
- 9- Juntas dentadas
- 10- Junta de alivio de puente integral
- 11- NA (no aplica)

Sistemas de protección (material: concreto)
- 1- Recubrimiento impermeabilizante
- 2- Selladores de grietas
- 3- NP (no presenta)

Sistemas de protección (material: madera)
- 1- Pintura
- 2- Preservante
- 3- Repelente de agua
- 4- Retardante de fuego
- 5- NP (no presenta)

Tipo de conexión
- 1- Apernada
- 2- Remachada
- 3- Soldada
- 4- NP (no presenta)

Sistemas de protección sísmica
- 1- Llaves de corte
- 2- Cadena / anclajes / post-tensión externa
- 3- Dispositivos de disipación de energía
- 4- NP (no presenta)

Sistemas de protección (material: acero / sistema de protección contra la corrosión)
- 1- Pintura
- 2- Acero autopatinable ("*weathering* ")
- 3- Galvanizado
- 4- NP (no presenta)

DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA: SUPERESTRUCTURA TIPO CERCHA (ACERO Y MADERA) (IN-SP-10)

Fecha de inspección		Hoja		

Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel
1.					
2.					

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura		
Pendiente longitudinal	%	

Material: □ Acero □ Madera laminada

Tipo cercha: □ Paso inferior □ Paso superior □ Media altura

Configuración: □ Pratt □ Pennsylvania □ Warren con verticales □ Camelback □ Wichert □ Modular □ Parker □ Warren

Clasificación puente modular						N.° de cerchas	
Fabricante	Configuración					N.° de paneles	
						Separación	m

N.° de tramo	Longitud de tramo	Alineamiento en planta			Altura			Cercha								Vigas transversales	
								Cuerda superior		Cuerda inferior		Diagonales		Verticales			
		Tipo	Ángulo (sesgo)	Radio (curvo)	Inicial	Centro	Final	Tipo de sección	Área de sección	Tipo de sección	Área de sección	Tipo de sección	Área de sección	Tipo de sección	Área de sección	Tipo de sección	Área de sección
	m		°	m	m	m	m		m^2		m^2		m^2		m^2		m^2
	m		°	m	m	m	m		m^2		m^2		m^2		m^2		m^2
	m		°	m	m	m	m		m^2		m^2		m^2		m^2		m^2
	m		°	m	m	m	m		m^2		m^2		m^2		m^2		m^2

N.° de tramo	Vigas de piso			Arriostramiento superior		Arriostramiento inferior		Portal				Arriostramiento vertical			
	N.° de vigas	Tipo de sección	Área de sección	Tipo de sección	Área de sección	Tipo de sección	Área de sección	N.° de paneles	Altura	Tipo de sección	Área de sección	N.° de paneles	Altura	Tipo de sección	Área de sección
			m^2		m^2		m^2		m		m^2		m		m^2
			m^2		m^2		m^2		m		m^2		m		m^2
			m^2		m^2		m^2		m		m^2		m		m^2
			m^2		m^2		m^2		m		m^2		m		m^2

Tablero			Juntas de expansión		Tipo de conexión
Material	Espesor	Recubrimiento	Inicial	Final	
	mm	mm □ TP			

Sistemas de protección (materiales)				Sistemas de protección sísmica
Tablero	Recubrimiento	Superestructura	Recubrimiento	
	mm		mm	

C. Dominios

Tipo (alineamiento en planta)
1- Recto
2- Sesgado
3- Curvo

Tipo de sección (cercha, vigas de piso, transversales sistema de arriostramiento y portal)
1- Tipo I
2- Tipo S
3- Canal
4- Pletina
5- Angular
6- NA (no aplica)

Material (tablero)
1- Concreto reforzado
2- Concreto presforzado
3- Rejilla metálica abierta
4- Rejilla metálica rellena
5- Metálico corrugado
6- Madera
7- Madera presforzada
8- Ortotrópico
9- Lámina de acero

Juntas de expansión
1- Elastomérica
2- Elastomérica colada
3- Elastomérica reforzada
4- Sello comprimido
5- Modulares con sello
6- Junta abierta
7- Junta asfáltica
8- Placas deslizantes
9- Juntas dentadas
10- Junta de alivio de puente integral
11- NA (no aplica)

Tipo de conexión
1- Apernada
2- Remachada
3- Soldada
4- NP (no presenta)

Sistemas de protección (material: concreto)
1- Recubrimiento impermeabilizante
2- Selladores de grietas
3- NP (no presenta)

Sistemas de protección (material: madera)
1- Pintura
2- Preservante
3- Repelente de agua
4- Retardante de fuego
5- NP (no presenta)

Sistemas de protección (material: acero / sistema de protección contra la corrosión)
1- Pintura
2- Acero autopatinable ("*weathering* ")
3- Galvanizado
4- NP (no presenta)

Sistemas de protección sísmica
1- Llaves de corte
2- Cadena / anclajes / post-tensión externa
3- Dispositivos de disipación de energía
4- NP (no presenta)

DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA: SUPERESTRUCTURA TIPO COLGANTE (IN-SP-11)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura		
Pendiente longitudinal	%	

Longitud suspendida	Cables principales							Cables secundarios		Cercha rigidizadora				
	N.° líneas de cable	Área de sección	Flecha	Distancia a sistema de piso	Separación	Anclaje en acceso n.° 1	Anclaje en acceso n.° 2	Separación	Área de sección	Configuración	N.° de paneles	Altura	Tipo de sección	Área de sección
m		m^2	m	m	m	m	m	m	m^2			m		m^2

Vigas transversales			Vigas de piso		
Tipo de sección	Área de sección	Separación	N.° de vigas	Tipo de sección	Área de sección
	m^2	m			m^2

Tablero				Juntas de expansión		Tipo de conexión
Material	Espesor	Recubrimiento		Inicial	Final	
	mm	mm	□TP			

Sistemas de protección (materiales)				Sistemas de protección sísmica
Tablero	Recubrimiento	Superestructura	Recubrimiento	
	mm		mm	

C. Dominios

Configuración (cercha rigidizadora)
1 Patrón de "V" invertida
2 Patrón de diagonales en "X"

Tipo de sección (cercha rigidizadora vigas de piso y transversales)
1 Tipo I
2 Tipo S
3 Canal
4 Pletina
5 Angular
6- NA (no aplica)

Material (tablero)
1- Concreto reforzado
2- Concreto presforzado
3- Rejilla metálica abierta
4- Rejilla metálica rellena
5- Metálico corrugado
6- Madera
7- Madera presforzada
8- Ortotrópico
9- Lámina de acero

Juntas de expansión
1- Elastomérica
2- Elastomérica colada
3- Elastomérica reforzada
4- Sello comprimido
5- Modulares con sello
6- Junta abierta
7- Junta asfáltica
8- Placas deslizantes
9- Juntas dentadas
10- Junta de alivio de puente integral
11- NA (no aplica)

Sistemas de protección (material: acero / sistema de protección contra la corrosión)
1- Pintura
2- Acero autopatinable ("*weathering*")
3- Galvanizado
4- NP (no presenta)

Sistemas de protección (material: concreto)
1- Recubrimiento impermeabilizante
2- Selladores de grietas
3- NP (no presenta)

Tipo de conexión
1- Apernada
2- Remachada
3- Soldada

Sistemas de protección sísmica
1- Llaves de corte
2- Cadena / anclajes / post-tensión externa
3- Dispositivos de disipación de energía
4- NP (no presenta)

DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA: SUPERESTRUCTURA TIPO ATIRANTADO (IN-SP-12)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ruta n.°**	
Nombre del puente		**Kilómetro de ubicación**	km

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura		**Configuración**	□ Abanico □ Harpa □ Intermedia (abanico-harpa) □ Estrella
Pendiente longitudinal	%		

Longitud de la superestructura	**Vigas principales**						**Diafragmas internos**			**Vigas transversales**		
	Tipo de sección	**Altura**	**Ancho alas**	**Espesores**		**Separación**	**N.° de diafragmas**	**Tipo de sección**	**Área de sección**	**Tipo de sección**	**Área de sección**	**Separación**
				Alma	**Alas**							
m	m	m	m	mm	mm	m			m^2		m^2	m

Cables principales

N.° de par de cables	**Longitud**	**Ángulo**	**Área de sección**
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2
	m	°	m^2

Tablero			**Juntas de expansión**		**Tipo de conexión**
Material	Espesor	Recubrimiento	Inicial	Final	
	mm	mm □ TP			

Sistemas de protección (materiales)				**Sistemas de protección sísmica**
Tablero	Recubrimiento	Superestructura	Recubrimiento	
	mm		mm	

C. Dominios

Tipo de sección (vigas principales vigas de piso y transversales)
- 1 Tipo I
- 2 Tipo S
- 3 Canal
- 4 Pletina
- 5 Angular
- 6- NA (no aplica)

Material (tablero)
- 1- Concreto reforzado
- 2- Concreto presforzado
- 3- Rejilla metálica abierta
- 4- Rejilla metálica rellena
- 5- Metálico corrugado
- 6- Madera
- 7- Madera presforzada
- 8- Ortotrópico
- 9- Lámina de acero

Juntas de expansión
- 1- Elastomérica
- 2- Elastomérica colada
- 3- Elastomérica reforzada
- 4- Sello comprimido
- 5- Modulares con sello
- 6- Junta abierta
- 7- Junta asfáltica
- 8- Placas deslizantes
- 9- Juntas dentadas
- 10- Junta de alivio de puente integral
- 11- NA (no aplica)

Sistemas de protección (material: acero / sistema de protección contra la corrosión)
- 1- Pintura
- 2- Acero autopatinable ("*weathering* ")
- 3- Galvanizado
- 4- NP (no presenta)

Sistemas de protección (material: concreto)
- 1- Recubrimiento impermeabilizante
- 2- Selladores de grietas
- 3- NP (no presenta)

Tipo de conexión
- 1- Apernada
- 2- Remachada
- 3- Soldada

Sistemas de protección sísmica
- 1- Llaves de corte
- 2- Cadena / anclajes / post-tensión externa
- 3- Dispositivos de disipación de energía
- 4- NP (no presenta)

DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA: SUPERESTRUCTURA CON DETALLADO INFORMAL (IN-SP-13)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Características de la superestructura

N.° de superestructura			Tipo	□ Rieles de ferrocarril □ Chasis de vehículo □ Troncos de madera □ Otros:

N.° de tramo	Longitud de tramo
	m
	m
	m
	m

DETALLE DE LA SUBESTRUCTURA (IN-SB-01)

Fecha de inspección		Hoja		

Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel
1.					
2.					

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Características de la subestructura

N.° de sub	N.° de sup		Material	Bastión				Aletón	Pila						Torre				Fundación				Pilotes				Apoyos			
				Tipo	Dimensiones			Tipo	Tipo	Tipo de sección	Dimensiones					Material	Altura	Tipo de sección	Área de sección	Tipo	Dimensiones			Tipo	Dimensiones		Cantidad	Tipo		Longitud de asiento	
					Altura	N.T.	Ancho				Altura	N.T.	Ancho	Largo	Ángulo						Espesor	Ancho	Largo		Área sección	Largo		Inicial	Final	Inicial	Final
					m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
					m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
					m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
					m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
					m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
					m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
					m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
					m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
					m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m
					m		m				m		m	m	o		m		m^2		m	m	m		m^2	m				m	m

C. Dominios

Material (bastión - pila)
1 Concreto
2 Acero
3 Concreto - Acero
4 Mampostería
5 Madera

Tipo (bastión)
1 Gravedad
2 Voladizo
3 Marco
4 Muro con contrafuertes
5 Tierra armada
6 Cabezal sobre pilotes

Tipo (aletón)
1- Paralelo a pared de bastión
2- Forma de "U"
3- Forma abocinada

Tipo (pila)
1- Muro
2- Columna sencilla
3- Columna doble
4- Columna múltiple
5- Cabezal sobre pilotes

Tipo de sección (pila)
1- Cuadrada o rectangular
2- Circular o ovalada
3- Otra sección con más de cuatro lados

Material (torre)
1- Concreto
2- Acero

Tipo de sección (torre)
1- Tipo I
2- Cuadrada o rectangular
3- Circular o ovalada
4- Otra sección con más de cuatro lados

Tipo (fundación)
1- Placa aislada de concreto
2- Placa sobre pilotes
3- Pilotes
4- Tipo "Caisson"
5- Placa corrida
6- NI (no se tiene información)

Tipo (pilotes)
1- Concreto reforzado
2- Concreto preesforzado
3- Acero
4- Tubo de acero relleno de concreto
5- Madera
6- NI (no se tiene información)

Tipo (apoyos)
1- Elastomérico
2- Rodillos
3- Balancines
4- Fijos (acero)
5- Fijos (concreto)
6- Confinado ("pot bearing")
7- Disco
8- Placas deslizantes
9- Esférico
10- Unión int (bastión o pila)
11- Láminas fáltica ("tar paper")
12- Aisladores elastoméricos
13- Aisladores deslizantes

PUENTE TEMPORAL (IN-PT-01)

Fecha de inspección		Hoja	

Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel
1.					
2.					

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad □ Concesionario □ Privado
Nombre del puente			
Ruta n.°		**Ubicación** Provincia	
Clasificación de la ruta	□ Primaria □ Travesía □ Secundaria □ Cantonal □ Terciaria □ NA	Cantón	
		Distrito	
Kilómetro de ubicación	km	Latitud norte	
		Longitud oeste	
Dirección de la vía hacia		**Zona**	
Organización responsable de la gestión del puente	□ MOPT/CONAVI □ Privado □ Municipalidad	**Carga viva (diseño)**	
		Fecha (construcción)	

B. Características de la estructura

Longitud total (entre juntas)	m
N.° de superestructuras	
N.° de tramos	
N.° de subestructuras	

Servicios públicos				
	□ Agua potable		□ Aceite	
	□ Aguas negras		□ Gas	
	□ Oleoducto		□ Eléctrico	
	□ Telecomunicación		□ NP	
	Otros:			

C. Detalle de la superestructura

Clasificación puente modular				
Fabricante	**Configuración**			

D. Características Operacionales del Puente y la Ruta

Importancia operacional del puente		□ Crítico □ Esencial □ Convencional □ Otros
N.° carriles (puente)		
N.° carriles (carretera)		
Ruta de desvío	Distancia	km
	Velocidad	km/h
	Características	□ Vía sin asfaltar □ Terreno montañoso

Conteo de tráfico	Fuente	
	Año	
	Sección de control	
	Total de vehículos	
	% vehículos pesados	%
	% camiones 5 o más ejes	%
	Tasa de crecimiento anual	%

Restricciones del puente	Carga	Tipo	□ Por peso máximo de vehículo ton
			□ Por peso máximo de eje ton
			□ Por tipo de vehículo ton ton ton
			□ NA
		Sólo un vehículo	□ Sí □ No
		Temporal	□ Sí □ No
	Altura		m
	Ancho		m

COMENTARIOS (IN-CM-01)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Comentarios

FOTOGRAFÍAS (IN-FT-01)						
Fecha de inspección				**Hoja**		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente			
Código del puente		**Ruta n.°**	
Nombre del puente		**Kilómetro de ubicación**	km

B. Fotografías

N.°		Descripción		N.°		Descripción		N.°		Descripción	
Comentario				Comentario				Comentario			
N.°		Descripción		N.°		Descripción		N.°		Descripción	
Comentario				Comentario				Comentario			

ESQUEMAS GENERALES (IN-EG-01)						
Fecha de inspección				**Hoja**		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente			
Código del puente		**Ruta n.°**	
Nombre del puente		**Kilómetro de ubicación**	km

B. Esquemas generales

Página intencionalmente en blanco.

Apéndice B

Guía de uso de formularios de inspección rutinaria

B.1 Generalidades.....B/3

B.2 Elementos por inspeccionar.....B/5

B.3 Deficiencias por material.....B/14

B.3.1 Elementos de acero.....B/14

B.3.2 Elementos de concreto reforzado.....B/27

B.3.3 Elementos de concreto presforzado.....B/57

B.3.4 Elementos de madera.....B/68

B.3.5 Elementos de mampostería.....B/76

B.4 Deficiencias específicas por elemento y componente.....B/81

B.4.1 Elementos críticos por fractura.....B/81

B.4.2 Sistemas de protección de los materiales.....B/81

B.4.3 Elementos de seguridad vial.....B/87

B.4.4 Accesos.....B/105

B.4.5 Accesorios.....B/117

B.4.6 Superestructura.....B/128

B.4.7 Subestructura.....B/131

B.4.8 Sistemas de protección contra amenazas naturales.....B/149

B.5 Descripción de los formularios de inspección rutinaria.....B/154

B.5.1 Descripción del formulario de inspección de los accesos.....B/161

B.5.2 Descripción de los formularios de inspección de la seguridad vial.....B/165

B.5.3 Descripción de los formularios de inspección de los accesorios..... B/172

B.5.4 Descripción de los formularios de inspección de la superestructura..... B/176

B.5.5 Descripción de los formularios de inspección de la subestructura..... B/200

B.5.6 Descripción del formulario de inspección de los sistemas de protección contra amenazas naturales (IR-AN-01)..... B/208

B.5.7 Descripción del formulario de puentes temporales (IN-PT-01)..... B/208

B.5.8 Descripción del formulario de comentarios (IR-CM-01)..... B/210

B.6 Requisitos para las fotografías de la inspección rutinaria..... B/211

B.7 Esquemas de deficiencias..... B/215

B.8 Bibliografía..... B/223

B.9 Formularios..... B/225

B.1 Generalidades

Este apéndice corresponde a la guía para la recopilación de la información que se incluye en los formularios, ya sean físicos o digitales, de la *Inspección rutinaria*, según lo indicado en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I.

La evaluación del puente se realiza por elementos (ver Tabla B.1) y se consideran individualmente las deficiencias más comunes en puentes. El término deficiencia utilizado en este manual incluye la definición de defecto, deterioro y daño (ver Glosario del MP-2024 Tomo I). En este apéndice se establecen los criterios de clasificación de las diferentes deficiencias por evaluar durante una *Inspección rutinaria* y la forma de cuantificar la extensión de éstas. La determinación de la condición global del puente utiliza la información recopilada siguiendo este apéndice y el procedimiento descrito en el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I.

Además de evaluar la existencia de una deficiencia se debe determinar su severidad. La forma de calificar la severidad de las deficiencias en los puentes presentada en este apéndice está conforme con las prácticas recomendadas por la publicación "*Manual for Bridge Element Inspection*" [1] de AASHTO (llamado a partir de ahora AASHTO MBEI 2019) y en los manuales de los departamentos de transporte de Estados Unidos, Canadá y Australia incluidos en la bibliografía de este apéndice.

Con el propósito de guiar al inspector en el uso de este apéndice, el contenido se ha distribuido de la siguiente manera:

- En la Sección B.2 del MP-2024 Tomo I se incluye una tabla con los elementos y la referencia a los apartados del apéndice aplicables en cada caso.
- En la Sección B.3 del MP-2024 Tomo I se presentan las tablas para la evaluación de las deficiencias asociados a los diferentes materiales: acero (Apartado B.3.1), concreto reforzado (Apartado B.3.2), concreto presforzado (Apartado B.3.3), madera (Apartado B.3.4) y mampostería (Apartado B.3.5).
- En la Sección B.4 del MP-2024 Tomo I se incluye la información específica que se requiere recopilar en la inspección de algunos elementos, para los cuales se deben evaluar aspectos adicionales a los correspondientes al material.
- En la Sección B.5 del MP-2024 Tomo I se muestran los formularios para la *Inspección rutinaria* de los elementos y se explica cómo se deben llenar. En los formularios se debe indicar la severidad de cada uno de los aspectos por evaluar para el elemento en consideración. Además, se debe indicar la extensión de la deficiencia. La extensión puede estimarse de forma lineal o por área dependiendo de la deficiencia evaluada y en las secciones correspondientes a las deficiencias por material se indica cuáles deficiencias se

cuantifican linealmente y cuáles se cuantifican por áreas. En la descripción de cada uno de los formularios se explica la forma en que se debe cuantificar cada elemento y cómo estimar la extensión del elemento que se encuentra en cada nivel de severidad.

- En la Sección B.6 del MP-2024 Tomo I se incluyen recomendaciones para la toma de las fotografías de la inspección y se describe el formulario para incluir las fotografías de la inspección.
- Finalmente, en la Sección B.7 del MP-2024 Tomo I se presenta el formulario para los esquemas de las deficiencias y en la Sección B.8 del MP-2024 Tomo I la bibliografía del apéndice.

Es importante clarificar que tanto en las tablas de la Sección B.3 como en las de la Sección B.4 se indica en la primera columna los aspectos por evaluar y en las columnas siguientes se presentan descripciones de la deficiencia para cada nivel de severidad. La severidad se califica de 1 a 4, siendo la severidad 1 la condición asociada a los elementos nuevos y sin deficiencias. La severidad 2 indica que los elementos presentan daños moderados y la severidad 3 que se requieren acciones de conservación. La severidad 4 indica que el elemento evaluado está en un estado avanzado de deterioro, por lo que se requiere una revisión de la información de la inspección y podría necesitarse un análisis estructural. Se debe tener presente que la severidad 1 corresponde únicamente a los elementos nuevos. En el caso en el que se haya realizado alguna reparación, la severidad que se puede asignar a un elemento es de 2 o superior. La única excepción sería en el caso que se haya sustituido el elemento, en cuyo caso correspondería a la situación de un elemento nuevo y podría asignarse severidad 1.

El inspector debe utilizar las descripciones presentadas en las tablas para asignar la severidad correspondiente a cada aspecto por evaluar incluido en los formularios de *Inspección rutinaria*. En los casos en que las descripciones provistas en las tablas incluyen diversas posibilidades, no se requiere que se presenten todas las observaciones descritas, por lo tanto, el cumplimiento de uno de los aspectos descritos obliga a clasificar el elemento con la severidad correspondiente.

En las secciones B.3 y B.4 adicionalmente a las tablas para la evaluación de las deficiencias se incluyen fotografías y figuras para guiar al inspector en la asignación de la severidad de las deficiencias de los elementos evaluados. A diferencia de los demás capítulos del manual, en este capítulo se indican las referencias dentro de paréntesis cuadrados e indicadas con el número correspondiente en la bibliografía. Se utiliza esta notación por su conveniencia para incluir las referencias en las tablas y figuras. Las tablas de la Sección B.4 y B.5 del MP-2024 Tomo I se basan principalmente en el manual AASHTO MBEI 2019 y se indica las referencias dentro de paréntesis si la definición de la deficiencia específica se basó exclusivamente en otra fuente de información diferente del manual mencionado.

B.2 Elementos por inspeccionar

En la Tabla B.1 se indican los elementos que deben evaluarse durante una *Inspección rutinaria* y la referencia a las secciones aplicables para su evaluación.

Tabla B.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente.

Componente	Elemento	Tipo	Secciones aplicables
Accesorios [100]	Juntas de expansión [10001]	Elastomérica [1000101]	B.4.5.2
		Elastomérica colada [1000102]	
		Elastomérica reforzada [1000103]	
		Sello comprimido [1000104]	
		Modular con sello [1000105]	
		Junta abierta [1000106]	
		Junta asfáltica [1000107]	
		Placas deslizantes [1000108]	
		Junta dentada [1000109]	
		Junta de alivio de puente integral [1000110]	
	Sistema de drenaje del tablero (entrada) [10002]	Rejilla [1000201]	B.4.5.3
		Drenaje a través de losa [1000202]	
		Ranuras en base de sistema de contención vehicular [1000203]	
	Sistema de drenaje del tablero (salida) [10003]	Metálico [1000301]	B.4.5.3
		Plástico [1000302]	
	Superficie de desgaste del puente [10004]	Concreto [1000401]	B.4.5.1
		Asfalto [1000402]	
		Acero [1000403]	B.3.1
		Madera [1000404]	B.3.4

Tabla B.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Secciones aplicables
Accesos [200]	Losa de aproximación [20001]	Concreto reforzado [2000101]	B.4.4.5
		Concreto presforzado [2000102]	
	Superficie de desgaste (accesos) [20002]	Concreto [2000201]	B.4.4.6
		Asfalto [2000202]	
		Grava [2000203]	
	Rellenos de aproximación [20003]	-	B.4.4.2
	Obras de retención no integrales [20004]	Concreto ciclópeo [2000401]	B.4.4.4
		Concreto reforzado [2000402]	
		Gaviones [2000403]	
		Suelo cosido [2000404]	
		Tierra armada [2000405]	
		Tablestaca [2000406]	
		Mampostería [2000407]	B.3.5
	Sistemas de drenaje (accesos) [20005]	Concreto [2000501]	B.4.4.3
		Metálico [2000502]	
		Plástico [2000503]	
		Canal natural [2000504]	
Seguridad vial y señalización [300]	Sistema contención vehicular (puente) [30001]	Bordillo [3000101]	B.4.3.8

Tabla B.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Secciones aplicables
Seguridad vial y señalización [300]	Sistema contención vehicular (puente) [30001]	TL-1 [3000102]	B.4.3.2
		TL-2 [3000103]	
		TL-3 [3000104]	
		TL-4 [3000105]	
		TL-5 [3000106]	
	Sistema de contención vehicular (accesos) [30002]	Terminal de impacto [3000201]	B.4.3.1
		TL-1 [3000202]	
		TL-2 [3000203]	
		TL-3 [3000204]	
		TL-4 [3000205]	
		TL-5 [3000206]	
	Sistema de contención vehicular (medianera) [30003]	TL-1 [3000301]	B.4.3.8
		TL-2 [3000302]	
		TL-3 [3000303]	
		TL-4 [3000304]	
		TL-5 [3000305]	
	Infraestructura ciclista [30004]	-	B.4.3.7
	Acera o pasarela peatonal [30005]	-	B.4.3.5
	Señalización y demarcación [30006]	Señalización vertical [3000601]	B.4.3.4
		Demarcación horizontal [3000602]	
		Señalización de carga [3000603]	
		Señalización de altura [3000604]	
		Estructura de señales [3000605]	B.3.1
	Iluminación [30007]	-	B.4.3.6

Tabla B.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Secciones aplicables
Seguridad vial y señalización [300]	Bordillo [30008]	-	B.4.3.8
	Baranda o barrera peatonal [30009]	-	B.4.3.3
	Acera inferior (paso a desnivel) [30010]	-	B.4.3.5
Superestructura (Tablero) [400]	Tablero [40001]	Concreto reforzado [4000101]	B.3.2
		Concreto presforzado [4000102]	B.3.3
		Rejilla metálica abierta [4000103]	B.3.1
		Rejilla metálica rellena [4000104]	B.3.1
		Metálico corrugado [4000105]	B.3.1
		Madera [4000106]	B.3.4
		Madera presforzada [4000107]	B.3.4
		Ortotrópico [4000108]	B.3.1
		Lámina de acero [4000109]	B.3.1
Superestructura (Vigas de concreto reforzado) [401]	Elementos principales [40101]	Vigas principales [4010101]	B.3.2
	Elementos secundarios [40102]	Diafragmas [4010201]	
Superestructura (Vigas de concreto presforzado) [402]	Elementos principales [40201]	Vigas principales [4020101]	B.3.2
	Elementos secundarios [40202]	Diafragmas [4020201]	
Superestructura (Vigas I acero) [403]	Elementos principales [40301]	Vigas principales [4030101]	B.3.1 y B.4.2

Tabla B.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Secciones aplicables
Superestructura (Vigas I de acero) [403]	Elementos principales [40301]	Vigas transversales [4030102]	B.3.1 y B.4.2
		Vigas de piso [4030103]	
	Elementos secundarios [40302]	Diafragmas [4030201]	
		Sistema de arriostramiento [4030202]	
Superestructura (Vigas de madera) [404]	Elementos principales [40401]	Vigas principales [4040101]	B.3.4
	Elementos secundarios [40402]	Diafragmas [4040201]	
Superestructura (Losa de concreto reforzado – concreto presforzado – madera) [405]	Elementos principales [40501]	Losa [4050101]	B.3.2, B.3.3 y B.3.4
Superestructura (Arco de concreto reforzado – acero – madera) [406]	Elementos principales [40601]	Arco [4060101]	B.3.2, B.3.1 y B.3.4
		Sistema de soporte del tablero [4060102]	
		Vigas transversales [4060103]	
		Vigas de piso [4060104]	
	Elementos secundarios [40602]	Vigas de arriostramiento [4060201]	
Superestructura (Arco de mampostería) [407]	Elementos principales [40701]	Arco [4070101]	B.3.5
		Muro de retención lateral [4070102]	
Superestructura (Arco prefabricado) [408]	Elementos principales [40801]	Arco [4080101]	B.3.3

Tabla B.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Secciones aplicables
Superestructura (Viga cajón de concreto presforzado – acero – madera) [409]	Elementos principales [40901]	Viga cajón [4090101]	B.3.3, B.3.1 y B.3.4
Superestructura (Cercha de acero – madera) [410]	Elementos principales [41001]	Cerchas [4100101]	B.3.1, B.3.4 y B.4.2
		Vigas transversales [4100102]	
		Vigas de piso [4100103]	
	Elementos secundarios [41002]	Sistema de arriostramiento [4100201]	
Superestructura (Colgante) [411]	Elementos principales [41101]	Cables principales [4110101]	B.4.6.1
		Tirantes [4110102]	
		Cerchas rigidizadoras [4110103]	B.3.1 y B.4.2
		Vigas transversales [4110104]	
		Vigas de piso [4110105]	
	Elementos secundarios [41102]	Sistema de arriostramiento [4110201]	
Superestructura (Atirantado) [412]	Elementos principales [41201]	Cables principales [4120101]	B.4.6.1
		Vigas principales [4120102]	
		Vigas transversales [4120103]	B.3.1, B.3.2, B.3.3 y B.4.2
	Elementos secundarios [41202]	Diafragmas [4120201]	
Subestructura [500]	Cabezal de pilas [50001]	Concreto reforzado [5000101]	B.3.2
		Concreto presforzado [5000102]	B.3.3

Tabla B.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Secciones aplicables
	Cabezal de bastiones	Concreto reforzado [5000201]	B.3.2

Subestructura [500]	[50002]	Concreto presforzado [5000202]	B.3.3
	Cuerpo de pilas [50003]	Muro [5000301]	B.3.2, B.3.3, B.3.5 y B.4.7.2
		Columna sencilla [5000302]	B.3.2, B.3.3, B.3.4 y B.4.7.2
		Columna doble [5000303]	
		Columna múltiple [5000304]	
		Cabezal sobre pilotes [5000305]	B.3.2, B.3.3, B.3.4 y B.4.7.2
	Cuerpo de bastiones [50004]	Gravedad [5000401]	B.3.2, B.3.3, B.4.7.2
		Voladizo [5000402]	
		Marco [5000403]	
		Muro con contrafuertes [5000404]	
		Tierra armada [5000405]	
		Cabezal sobre pilotes [5000406]	
	Fundaciones [50005]	Placa aislada de concreto [5000501]	No se evalúan en la *Inspección rutinaria*
		Placa sobre pilotes [5000502]	
		Pilote [5000503]	
		Bloque rígido (tipo "*caisson*") [5000504]	
		Placa corrida [5000505]	

Tabla B.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Secciones aplicables
Subestructura [500]	Apoyos [50007]	Elastomérico [5000701]	B.4.7.1
		Rodillos [5000702]	
		Balancines [5000703]	
		Fijos (acero) [5000704]	
		Fijos (concreto) [5000705]	
		Confinado (“*pot bearing*”) [5000706]	
		Disco [5000707]	
		Placas deslizantes [5000708]	
		Esférico [5000709]	
		Unión integral a bastión o pila [5000710]	
		Lámina asfáltica (“*tar paper*”) [5000711]	
		Aisladores elastoméricos [5000712]	B.4.8.2
		Aisladores deslizantes [5000713]	
	Aletones [50007]	-	B.4.7.3
	Torres [50008]	Concreto [5000801]	B.4.7 y B.3.2
		Acero [5000802]	B.4.7 y B.3.1
Sistema de protección [600]	Sistemas de protección contra la corrosión para elementos de acero [60001]	Pintura [6000101]	B.4.2.1
		Acero autopatinable (*“weathering”*) [6000102]	
		Galvanizado [6000103]	
		Sistema dúplex [6000104]	

Tabla B.1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Secciones aplicables
Sistema de protección [600]	Sistemas de protección para elementos de madera [60002]	Pintura [6000201]	No se incluye en la *Inspección rutinaria*
		Preservante [6000202]	
		Repelente de agua [6000203]	
		Retardante de fuego [6000204]	
	Sistemas de protección para elementos de concreto [60003]	Recubrimiento impermeabilizante [6000301]	B.4.2.2
		Sellador de grietas [6000302]	
	Sistemas de protección sísmica [60004]	Laves de corte [6000401]	B.4.8.2
		Cadenas / Anclajes / Post - tensión externa [6000402]	B.4.8.2
		Dispositivos de disipación de energía [6000403]	B.4.8.2
	Sistemas de protección hidráulica [60005]	-	B.4.8.1

B.3 Deficiencias por material

Para la evaluación de los diferentes elementos de un puente se considera en primer lugar el material del cual están construidos, ya que las deficiencias que podrían identificarse dependen del material y de la función del elemento examinado. La función que cumple un elemento está definida por el componente del puente al que pertenece, los cuales se muestran en la Tabla B.1. En esta sección se presentan los criterios para evaluar las deficiencias asociadas al material y en la Sección B.4 del MP-2024 Tomo I las deficiencias relacionadas a la función que cumple el elemento.

Las deficiencias incluidas en este manual corresponden a las que más comúnmente se encuentran en puentes en servicio a nivel nacional. Sin embargo, en el caso de que el inspector encontrara deficiencias que no han sido incluidas en las tablas presentadas a continuación, deberá registrar su existencia y su extensión en las observaciones de la *Inspección rutinaria* utilizando el formulario de Comentarios (IR-CM-01).

Cuando el inspector observe alguna deficiencia clasificada como hallazgo crítico de acuerdo con los criterios indicados en la Sección 3.4 del MP-2024 Tomo I, deberá seguir el procedimiento para la comunicación de hallazgos críticos.

El inspector deberá recomendar la realización de una *Inspección detallada* cuando se requiera información más minuciosa que la recopilada en los formularios de *Inspección rutinaria*. En el Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I se indican las situaciones más comunes en las que se recomienda la realización de una *Inspección detallada*, así como el procedimiento general para llevarla a cabo.

Algunos elementos de los puentes requieren que se evalúen aspectos adicionales a las deficiencias por material. Para estos elementos se incluyen en la Sección B.4 del MP-2024 Tomo I deficiencias específicas por elemento y componente que deben evaluarse además de la evaluación por material.

B.3.1 Elementos de acero

Todos los elementos de acero deben evaluarse de acuerdo con la Tabla B.2 y Tabla B.3, según se clasifiquen como elementos donde la extensión de la deficiencia se mide linealmente o respecto a su área. La Tabla B.2 aplica para los elementos que se evalúan linealmente y la Tabla B.3 para los que se evalúan por área. Para facilitar la identificación de los elementos en los cuales las deficiencias se miden de forma lineal y por área se indicarán a manera de lista los elementos que están incluidos en cada clasificación. El código mostrado corresponde al código del elemento asignado en el inventario del puente y presentado también en la Tabla B.1.

Los siguientes elementos se clasifican como elementos donde la extensión de la deficiencia

se mide linealmente y deberán evaluarse de acuerdo con la Tabla B.2:

- **vigas principales**: superestructura tipo vigas I [4030101]
- **vigas transversales:** de vigas I [4030102], de arco de acero [4060103], de cerchas [4100102], de superestructura tipo colgante [4110104] y de superestructura tipo atirantada [4120103]
- **vigas de piso:** de superestructura tipo vigas I de acero [4030103], de arcos de acero [4060104], de cerchas de acero [4100103] y de superestructura tipo colgante [4110105]
- **viga cajón:** de acero [4090101]
- **diafragmas:** de superestructuras de vigas I de acero [4030201] y de superestructuras atirantadas [4120201]
- **sistema de arriostramiento:** superestructura tipo vigas I [4030202], de cerchas de acero [4100201], de superestructuras colgantes [4110202] y vigas de arriostramiento de arcos de acero [4060201]
- **arcos** de acero [4060101]
- **sistema de soporte del tablero**: de arcos de acero [4060102]
- **cerchas:** superestructura tipo cercha [4100101], cerchas rigidizadoras en superestructuras colgantes [4110103].

Los elementos de acero en los cuales la evaluación de las deficiencias es por área son los siguientes y deberán evaluarse utilizando la Tabla B.3:

- **tableros:** de lámina de acero [4000109], de tipo rejilla metálica abierta [4000103], rejilla metálica rellena con concreto [4000104], tableros de metal corrugado [4000105] y tableros ortotrópicos de acero [4000108].

Adicionalmente a los requisitos de las Tabla B.2 y Tabla B.3, en cada elemento de acero debe evaluarse la condición del sistema de protección contra la corrosión para elementos de acero, de acuerdo con los requisitos del Apartado B.4.2 del MP-2024 Tomo I.

Para los cables principales y tirantes, apoyos y elementos críticos a fractura diferentes de los cables, deben considerarse también los aspectos específicos establecidos en la Sección B.4 del MP-2024 Tomo I. La evaluación de los cables y tirantes debe realizarse de acuerdo con los lineamientos indicados en el Inciso B.4.6.2 del MP-2024 Tomo I. Los apoyos de acero (balancines y rodillos), deben evaluarse de acuerdo con las disposiciones del Inciso B.4.7.1 del MP-2024 Tomo I. Para los elementos críticos a fractura diferentes de los cables, el inspector debe considerar las disposiciones del Apartado B.4.1 del MP-2024 Tomo I.

Las grietas en elementos principales de las estructuras de acero que se clasifiquen en

severidad 3 y 4 son clasificadas como un hallazgo crítico, y deberá seguirse el procedimiento establecido en la Sección 3.4 del MP-2024 Tomo I para su reporte, según se comentó anteriormente. Para guiar al inspector en la investigación de la existencia de agrietamiento en elementos de acero, en la Figura B.1 se muestran algunos ejemplos de las zonas donde se observan más frecuentemente agrietamiento en elementos de acero en puentes. Se muestran algunos de los casos más comunes, pero no se excluye que puedan producirse grietas en otros puntos. Para información adicional sobre agrietamiento por fatiga en elementos de acero y su reparación referirse al *"Manual for Repair and Retrofit of Fatigue Cracks in Bridges"* [2] y *"Maintenance Actions to Address Fatigue Cracking in Steel Bridge Structures-Proposed Guidelines and Commentary"* [3]. Ambas referencias son de acceso libre.

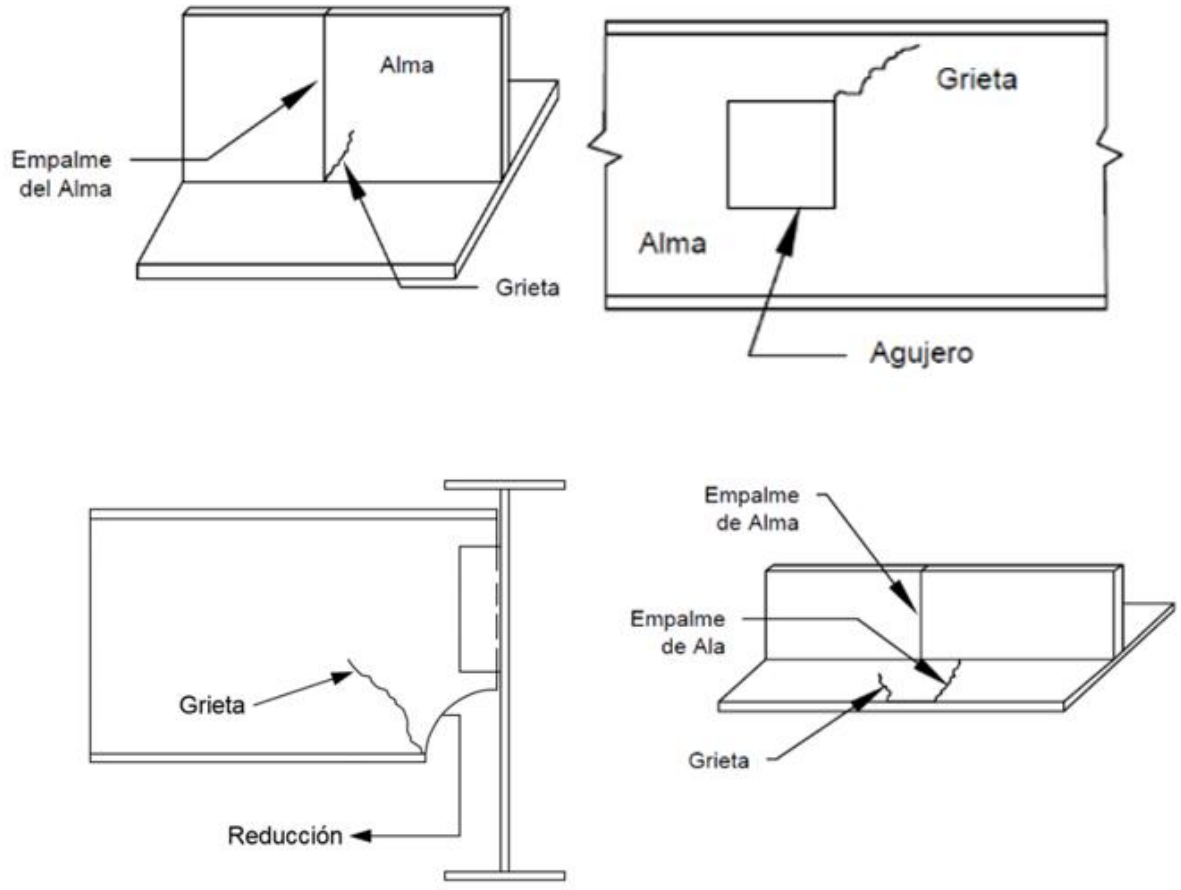


Figura B.1. Ejemplos de zonas donde se debe buscar la existencia de agrietamiento en vigas de acero (basado en [4]).

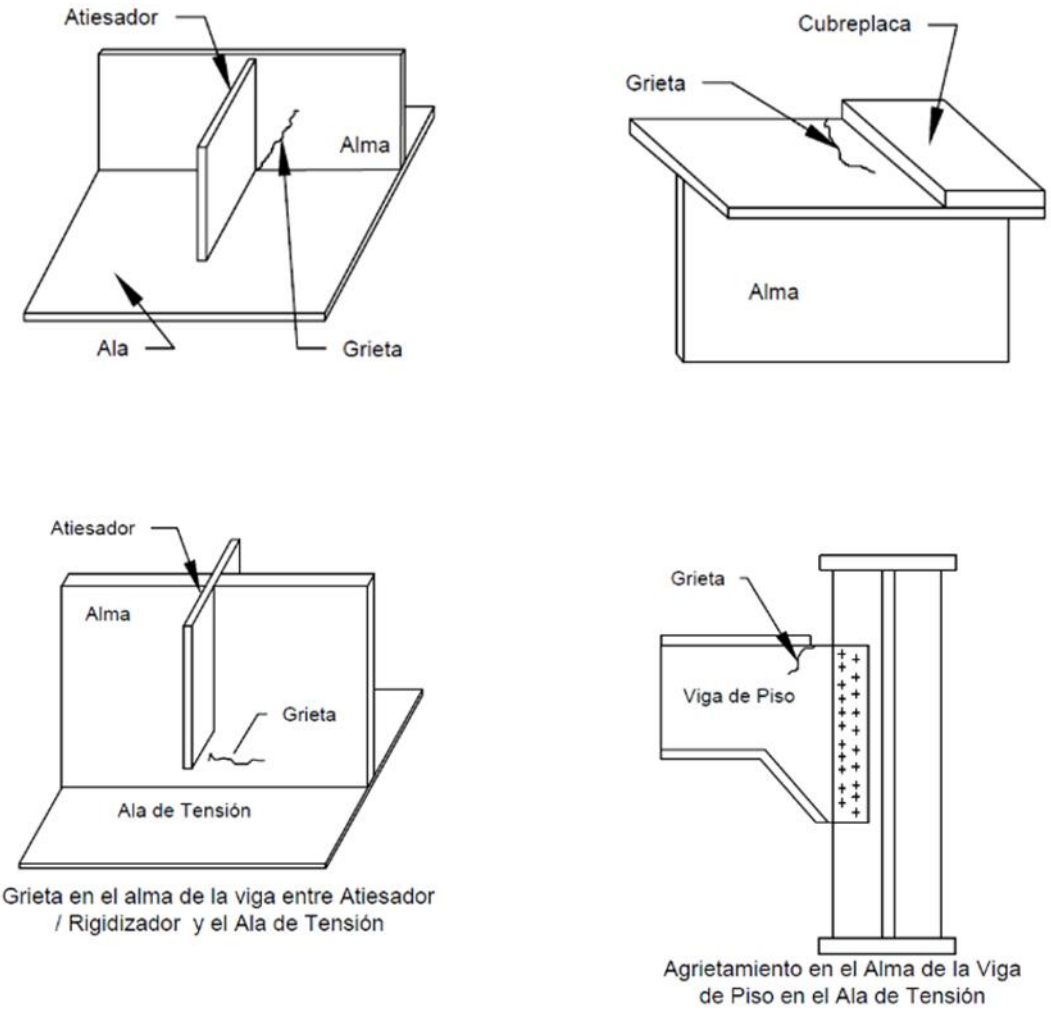


Figura B.1. Ejemplos de zonas donde se debe buscar la existencia de agrietamiento en vigas de acero (basado en [4]) (*continuación*).

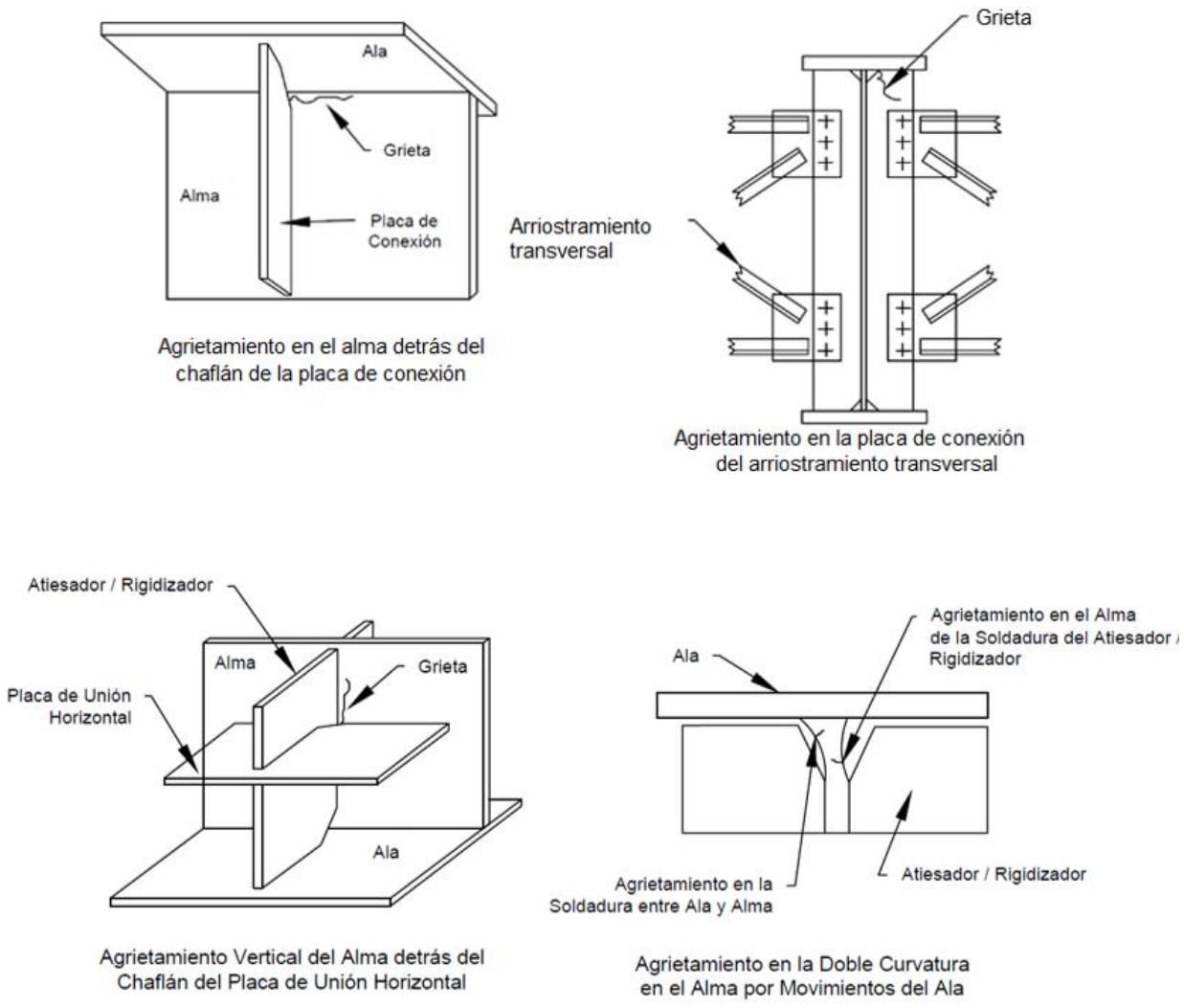


Figura B.1. Ejemplos de zonas donde se debe buscar la existencia de agrietamiento en vigas de acero (basado en [4]) (*continuación*).

Tabla B.2. Aspectos por evaluar en elementos de acero donde la extensión de la deficiencia se mide linealmente.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4

Tabla B.2. Aspectos por evaluar en elementos de acero donde la extensión de la deficiencia se mide linealmente.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Agrietamiento	No se observa agrietamiento.	▪ Se observan grietas que han sido estabilizadas (agujeros de arresto, duplicado de las placas o similares). ▪ Las grietas tienen una longitud pequeña que no implica una disminución de la capacidad del elemento.	Se ha identificado una grieta y no se han tomado medidas para su estabilización. Ver Figura B.1 donde se muestran zonas donde comúnmente se encuentra agrietamiento en elementos de acero.	Se requiere tomar medidas inmediatas para la atención del agrietamiento.
Corrosión	No se observa corrosión en los elementos.	▪ Se observan puntos de oxidación. ▪ No se observa pérdida de sección por corrosión.	▪ Se observa pérdida de sección, delaminación por corrosión o corrosión localizada. ▪ La pérdida de sección por corrosión es menor al 10% del espesor del elemento.	▪ La pérdida de sección excede el 10% del espesor del elemento. ▪ Se observan agujeros que atraviesan toda la sección.
Deformación	No se observa deformación de los elementos.	La deformación existente no requiere medidas correctivas o ya se han implementado las medidas correctivas requeridas.	Existen elementos deformados que requieren medidas correctivas y no han sido aplicadas, pero no se requiere evaluación estructural ni sustitución.	▪ Hay elementos severamente deformados. ▪ Se requiere una evaluación estructural.

Tabla B.2. Aspectos por evaluar en elementos de acero donde la extensión de la deficiencia se mide linealmente.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Impacto	No se observan elementos dañados por impacto.	▪ El elemento presenta daños por impacto, pero con consecuencias mínimas.	▪ Se observan elementos distorsionados por impacto, doblados, flojos o desalineados y se requieren medidas correctivas.	▪ Se observa grave distorsión o pérdida de elementos por impacto y los elementos deberán reemplazarse.
Conexiones	Las conexiones están en su sitio y funcionan adecuadamente.	▪ Se observan pasadores flojos. ▪ Existe corrosión concentrada en la conexión (entre las placas), pero no se observa distorsión.	▪ Faltan pernos, remaches o pasadores en menos del 10% de las conexiones. ▪ Existen grietas en las conexiones soldadas o corrosión localizada con distorsión en las conexiones. ▪ Los daños observados no requieren una revisión estructural.	▪ La conexión ha fallado o la falla es inminente. ▪ El deterioro observado indica que se requiere una revisión estructural. ▪ Más del 10 % de las conexiones presentan pernos, remaches o pasadores flojos o faltantes, las conexiones tienen corrosión severa o grietas.

De la Figura B.2 a la Figura B.6 se muestran algunos ejemplos de deterioros en elementos de acero.

Tabla B.3. Aspectos por evaluar en elementos de acero en los cuales las deficiencias se evalúan por área.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4

Tabla B.3. Aspectos por evaluar en elementos de acero en los cuales las deficiencias se evalúan por área.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Agrietamiento	No se observa agrietamiento.	Se observan grietas que han sido estabilizadas o reparadas.	Se han identificado grietas no estabilizadas.	Se observa una grieta que atraviesa todo el panel o las vigas de apoyo y se requiere reparación inmediata del elemento.
Corrosión	No se observa corrosión en los elementos.	▪ Se observan puntos de oxidación. ▪ Se observa el inicio de la corrosión sin pérdida de sección.	Se observa pérdida de sección o corrosión localizada.	Se observan agujeros por corrosión que atraviesan toda la sección.
Conexiones y alineamiento	Los paneles del tablero (rejilla metálica) están alineados y unidos firmemente.	Se observan pasadores flojos o paneles ligeramente desalineados. Los componentes principales están unidos firmemente.	Se observan pasadores rotos o faltan pasadores. Los paneles están desalineados o no están unidos firmemente.	Los paneles del tablero están severamente desalineados o faltan algunos paneles.
Impacto	No se observa daño o se observa únicamente daño superficial (raspaduras).	Se observan componentes del tablero ligeramente distorsionados, doblados o desalineados debido a impactos.	Se observan elementos distorsionados, doblados, flojos o desalineados.	Hay elementos dañados severamente, doblados, fracturados, flojos o faltantes.
Reparaciones	No se observan áreas reparadas.	Existen áreas reparadas pero el área reparada está en buena condición.	Existen áreas reparadas deterioradas. Se requiere reparar de nuevo algunas áreas.	Se necesita realizar reparaciones inmediatas o una revisión estructural inmediata. Se observa falla de elementos en toda la profundidad o la falla es inminente.



SEVERIDAD 1: Las zonas donde terminan las cubreplacas son zonas propensas a agrietamiento (ver Figura B.1) pero no se observa agrietamiento [5].



SEVERIDAD 2: Se observan grietas que han sido estabilizadas, en este caso mediante agujeros de arresto [1].



SEVERIDAD 3: Agrietamiento en un elemento que no ha sido estabilizado [6].



SEVERIDAD 4: Agrietamiento en elemento de acero que requiere una acción inmediata [2].

Figura B.2. Ejemplos de agrietamiento en vigas de acero.



SEVERIDAD 1: No se observa corrosión (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Se observan puntos de oxidación en un elemento [5].



SEVERIDAD 3: Se observa corrosión con pérdida de sección [5].



SEVERIDAD 4: Agujero en la sección ocasionado por la corrosión [7].

Figura B.3. Ejemplos de corrosión en vigas de acero.



SEVERIDAD 1: Ejemplo de puente de vigas de acero sin daño por deformación (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Elementos de acero deformados localmente (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Elementos deformados que requieren medidas correctivas y no han sido aplicadas (LanammeUCR).

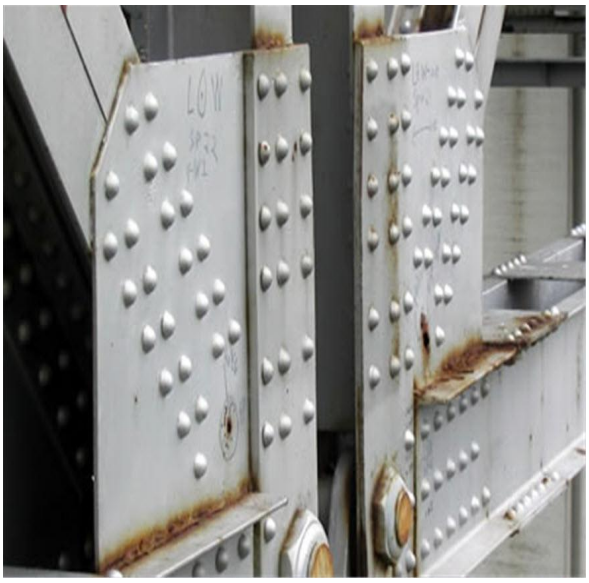


SEVERIDAD 4: Elementos severamente deformados. En este ejemplo la deformación se debe a pandeo local [8].

Figura B.4. Ejemplos de deformación local en elementos de acero.



SEVERIDAD 1: Las conexiones están en su lugar y en funcionamiento (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Se observa corrosión generalizada en las conexiones, pero sin distorsión [7].



SEVERIDAD 3: Corrosión localizada en la conexión con distorsión de las placas de la conexión [9].

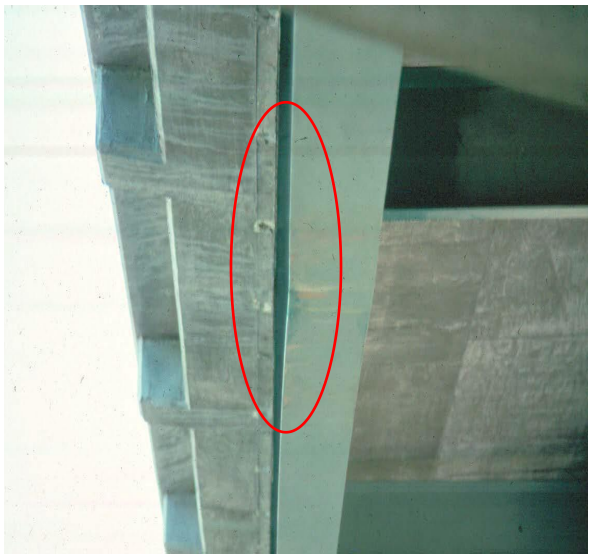


SEVERIDAD 4: Corrosión severa en las conexiones (LanammeUCR).

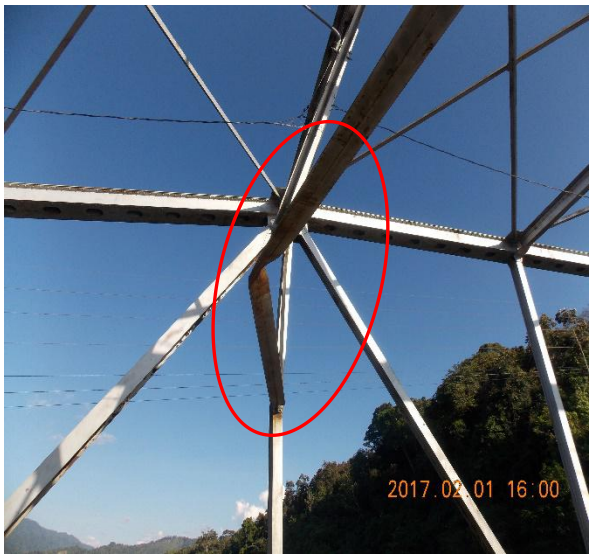
Figura B.5. Ejemplos de daño en las conexiones de elementos de acero.



SEVERIDAD 1: No se observan elementos dañados por impacto (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Elementos dañados por impacto de vehículos. El elemento presenta daños por impacto, pero con consecuencias mínimas [2].



SEVERIDAD 3: Los elementos impactados requieren ser reemplazados (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Elementos facturados por impacto (LanammeUCR).

Figura B.6. Ejemplos de daño por impacto en elementos de acero.

B.3.2 Elementos de concreto reforzado

Para la evaluación de los elementos de concreto reforzado se hace la distinción entre elementos en los que la extensión de las deficiencias es de forma lineal o por área.

Para los siguientes elementos la extensión de las deficiencias se evalúa linealmente:

- **vigas principales**: de superestructuras de vigas de concreto reforzado [4010101]
- **vigas transversales:** de superestructura de arco de concreto reforzado [4060103], de superestructuras atirantadas [4120103]
- **diafragmas:** de superestructuras de vigas de concreto reforzado [4010201]
- **arcos:** de concreto reforzado [4060101]
- **pilas:** de tipo columna sencilla [5000302], de columna doble [5000303], pilas de columna múltiple [5000304]
- **cabezales:** de pilas [5000101], sobre pilotes de cuerpo de pilas [5000305], de bastiones [5000406]
- **bastiones tipo marco** [5000403].

Se debe evaluar por área las deficiencias en los siguientes elementos de concreto reforzado:

- **superficie de desgaste:** de los accesos [1000401]
- **tableros:** de concreto reforzado [4000101]
- **aceras:** del puente [30005] y acera inferior (paso a desnivel) [30010]
- **losas**: de superestructura tipo losa [4050101] y losas de aproximación [2000101]
- **viga cajón:** de concreto reforzado [4090101]
- **muros:** cuerpo de bastiones de gravedad [5000401], en voladizo [5000402], muro con contrafuertes [5000404] y de obras de retención no integrales en los accesos de concreto reforzado [2000402]

B.3.2.1 Deficiencias por evaluar en elementos de concreto reforzado en los que las deficiencias se evalúan linealmente

Se debe evaluar la existencia, severidad y extensión de las deficiencias incluidos en la Tabla B.4 en todos los elementos de concreto reforzado en los que las deficiencias se evalúan linealmente.

Para facilitar la estimación de los porcentajes de extensión de las deficiencias en elementos en los cuales la determinación de la extensión de las deficiencias se realiza linealmente, se recomienda referirse a la Figura B.7.

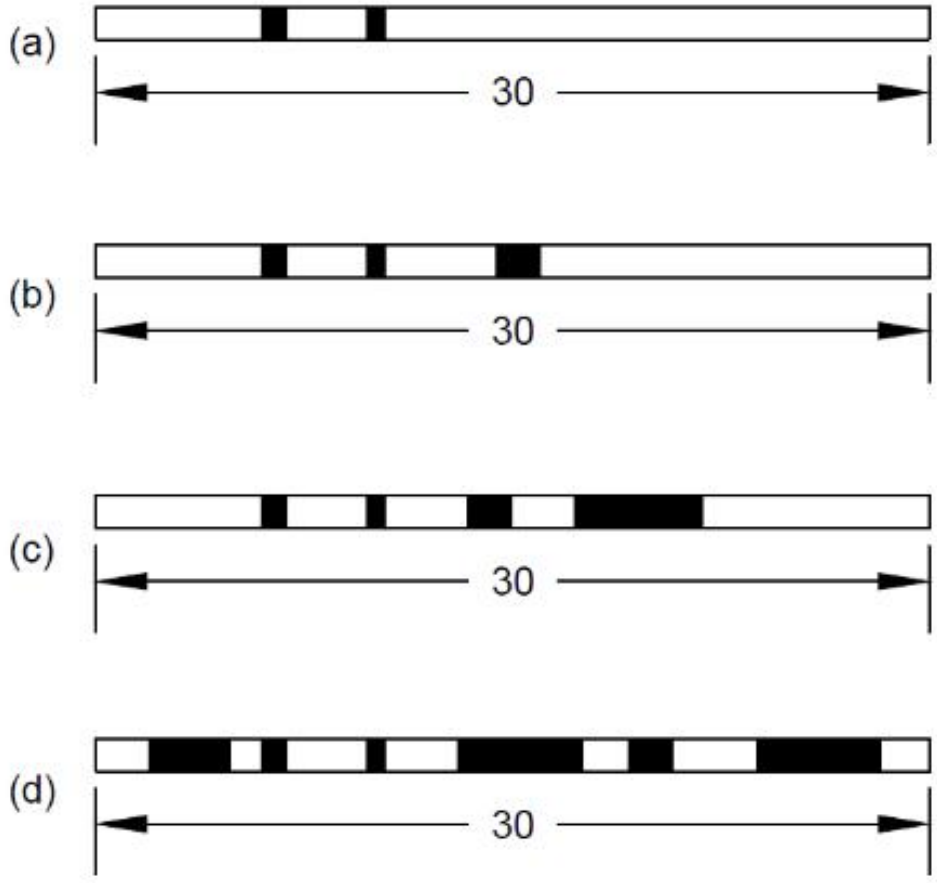


Figura B.7 Guía para la estimación del porcentaje de extensión de las deficiencias en elementos donde se evalúa linealmente. La dimensión indicada es de 30 m y los siguientes son los porcentajes de afectación: a) 5%, b) 10%, c) 25%, d) 50% (basado en la Figura 3.12-10 de [1]).

Para elementos de concreto reforzado, se consideran los siguientes anchos de grietas para caracterizar el agrietamiento como menor, moderado o severo [1]:

- **Menor:** ancho de grieta menor a 0,3 mm.
- **Moderado:** ancho de grieta mayor a 0,3 mm, pero menor a 1,0 mm.
- **Severo:** ancho de grieta mayor a 1,0 mm.

En el formulario de la *Inspección rutinaria*, el inspector debe indicar el porcentaje de área afectada. Además, debe indicar en los esquemas de daños realizados siguiendo las disposiciones del Apartado 6.6.5 del MP-2024 Tomo I la siguiente información:

- Anchos de grieta medidos.
- Ubicación de las grietas.
- Espaciamiento o separación entre grietas.
- Orientación.
- Área afectada por el agrietamiento.

Tabla B.4. Aspectos por evaluar en elementos de concreto reforzado en los que las deficiencias se evalúan linealmente.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Agrietamiento	▪ No se observa agrietamiento. ▪ Se observan grietas con un ancho menor a 0,3 mm.	▪ Grietas con ancho entre 0,3 mm y 1,0 mm sin sellar o patrón moderado de agrietamiento sin sellar y no son grietas por cortante o flexión. ▪ Existen grietas de ancho moderado entre 0,3 mm y 1,0 mm que han sido selladas.	▪ Grietas con ancho mayor que 1,0 mm, espaciadas entre 0,30 m y 1,0 m. ▪ Grietas por flexión o cortante con anchos entre 0,3 mm y 1,0 mm.	▪ Grietas con un ancho mayor a 1,0 mm con espaciamiento menor que 0,3 m. ▪ Grietas por flexión o cortante con anchos mayores a 1,0 mm.

Tabla B.4. Aspectos por evaluar en elementos de concreto reforzado en los que las deficiencias se evalúan linealmente.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Delaminación/ desprendimiento/ área reparada	No se observan delaminaciones, desprendimientos o áreas reparadas.	▪ Se observan delaminaciones o desprendimientos menores a 25 mm de profundidad o 150 mm de diámetro. ▪ Área reparada en buen estado.	▪ Hay desprendimientos mayores a 25 mm de profundidad o 150 mm de diámetro en la dimensión mayor. ▪ Área reparada deteriorada.	▪ Las delaminaciones tienen una profundidad mayor de 100 mm. ▪ Se observan desprendimientos del concreto con acero de refuerzo expuesto y con pérdida de sección avanzada.
Eflorescencias/ manchas de óxido	No se observa eflorescencias o manchas de óxido en grietas.	▪ Se observan eflorescencias, pero no acumulación en espesor. ▪ Se observan filtraciones, pero no se observan manchas de óxido en grietas.	▪ Se observan eflorescencias con estalactitas o acumulación. ▪ Filtraciones, manchas de óxido o eflorescencias en más de la mitad del elemento.	Se observan filtraciones severas.
Abrasión o desgaste	No hay abrasión o desgaste o si existe es leve.	Existe agregado grueso expuesto por la abrasión o desgaste del concreto, pero no hay desprendimiento del agregado grueso.	Se observa agregado grueso suelto o pérdida leve de agregado grueso por la abrasión y desgaste.	Se observan vacíos en el concreto por pérdida severa del agregado grueso debido al desgaste o abrasión de la pasta de cemento.
Impacto	No se observan elementos dañados por impacto.	El elemento tiene daños por impacto, pero son daños menores.	▪ El elemento tiene daños por impacto y requiere reparación. ▪ Se observa pérdida del recubrimiento,	▪ El elemento presenta daños por impacto y se requiere una evaluación estructural. ▪ El deterioro por

Tabla B.4. Aspectos por evaluar en elementos de concreto reforzado en los que las deficiencias se evalúan linealmente.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
			pero el acero de refuerzo no ha sido afectado.	impacto ha afectado el acero de refuerzo.
Acero expuesto	No se observa acero expuesto.	Se observa acero de refuerzo expuesto y oxidado, pero sin pérdida de sección medible.	▪ Se observa acero de refuerzo expuesto con pérdida de sección medible. ▪ La pérdida de sección es menor o igual al 20% en alguna de las barras de refuerzo.	▪ Acero de refuerzo expuesto con oxidación severa y corrosión. ▪ La pérdida de sección transversal del acero es superior al 20%.
Nidos de piedra	No se observan nidos de piedra.	Se observan nidos de piedra con dimensiones menores que 50 mm y profundidad menor que 10 mm.	Se observan nidos de piedra con dimensiones entre 50 mm y 100 mm y profundidad mayor que 10 mm. (Las dimensiones indicadas se refieren a los nidos de piedra individuales).	Se observan nidos de piedra con dimensiones mayores que 100 mm y se observa el acero de refuerzo.

De la Figuras B.8 a la Figura B.12 se muestran algunos ejemplos de deficiencias en elementos de concreto reforzado.



SEVERIDAD 1: Elementos de concreto en buen estado (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Ejemplo de área reparada en buen estado [7].



SEVERIDAD 3: Desprendimiento con una dimensión mayor a 150 mm [7].



SEVERIDAD 4: Desprendimientos con acero de refuerzo expuesto y pérdida de sección [7].

Figura B.8. Ejemplos de delaminación de elementos de concreto reforzado.



SEVERIDAD 1: Pila de concreto reforzado sin acero de refuerzo expuesto (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Acero de refuerzo expuesto y oxidado, pero sin pérdida de sección (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Acero expuesto con pérdida de sección medible pero menor a 20% (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Acero de refuerzo expuesto con corrosión y pérdida de sección superior al 20% [7].

Figura B.9. Ejemplos de acero expuesto en elementos de concreto reforzado.



SEVERIDAD 1: Elementos de concreto reforzado sin daños por impacto (LanammeUCR)



SEVERIDAD 2: Daños menores por impacto en elemento de concreto [7].



SEVERIDAD 3: Daños por impacto que requieren reparación (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Elementos dañados por impacto con afectación del acero de refuerzo [7].

Figura B.10. Ejemplos de daño por impacto en elementos de concreto reforzado.



SEVERIDAD 1: Vigas de concreto reforzado en las cuales no se observa agrietamiento (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Grietas con ancho menor a 0,3 mm [7].



SEVERIDAD 3: Grietas por cortante con un ancho menor a 1,0 mm (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Grietas por cortante en las vigas principales con un ancho mayor a 1,0 mm (LanammeUCR).

Figura B.11. Ejemplos de agrietamiento en vigas de concreto reforzado.



SEVERIDAD 1: Elementos de concreto sin nidos de piedra (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Nido de piedra en la superficie de la columna que requiere reparación (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Nido de piedra con dimensiones entre 50 mm y 100 mm (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Se observa nidos de piedra con presencia de acero de refuerzo expuesto [10].

Figura B.12. Ejemplos de nidos de piedra en elementos de concreto reforzado.

B.3.2.2 Deficiencias por evaluar en elementos de concreto reforzado que se evalúan por área

En los elementos de concreto reforzado que se evalúan por área, se debe utilizar la Tabla B.5 para determinar la severidad. De la Figura B.28 a la Figura B.31 se presentan además fotografías que muestran ejemplos de deficiencias en elementos de concreto reforzado, asociados a los aspectos evaluados de esta tabla.

Como orientación para determinar el nivel de severidad, se presentan guías esquemáticas de acuerdo con las siguientes características:

- Si el agrietamiento es en una dirección, se debe considerar la Figura B.13, Figura B.14 y Figura B.15.
- Si el agrietamiento observado en el elemento evaluado por área es en dos direcciones el inspector debe referirse a la Figura B.16, Figura B.17 y Figura B.18.
- La Figura B.19 muestra ejemplos de diferentes porcentajes de áreas afectadas con un patrón de agrietamiento moderado. Asimismo, la Figura B.20 muestra ejemplos de agrietamiento denso con diferentes porcentajes de áreas afectadas.
- En caso de que se observen grietas aisladas que no están mayoritariamente en una o dos direcciones, se debe utilizar la Figura B.21 para estimar los porcentajes de áreas afectadas.
- De la Figura B.22 a la Figura B.27 se muestran diagramas espaciales que pueden utilizarse para estimar los porcentajes de áreas afectadas por otras deficiencias que no sean agrietamiento.

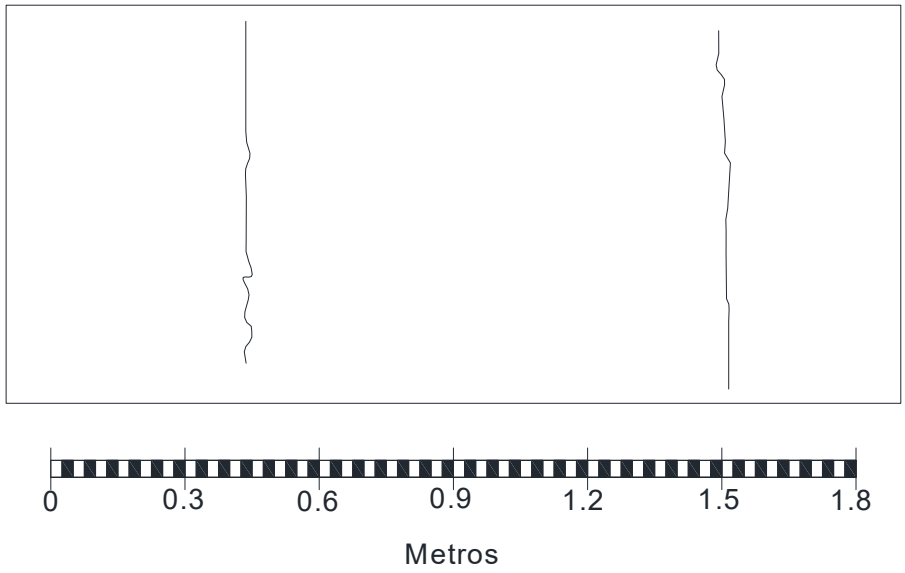


Figura B.13. Severidad 1 para agrietamiento en una dirección (espaciamiento > 0,9 m) en elementos de concreto reforzado evaluados por área (basado en “Crack Pattern Guide” de [1]).

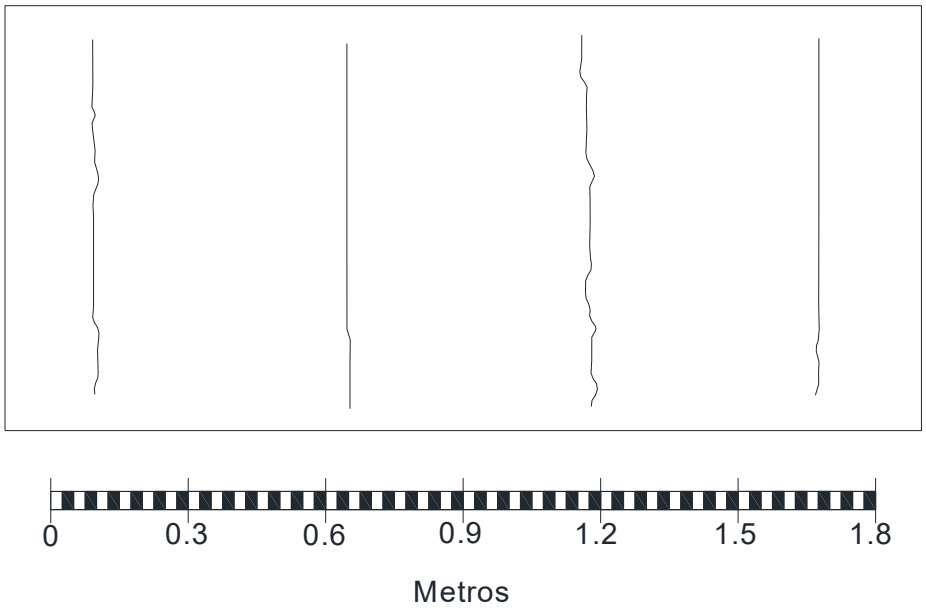


Figura B.14. Severidad 2 para agrietamiento en una dirección (patrón moderado de grietas, espaciamiento entre 0,3 m a 0,9 m) en elementos de concreto reforzado evaluados por área (basado en “Crack Pattern Guide” de [1]).

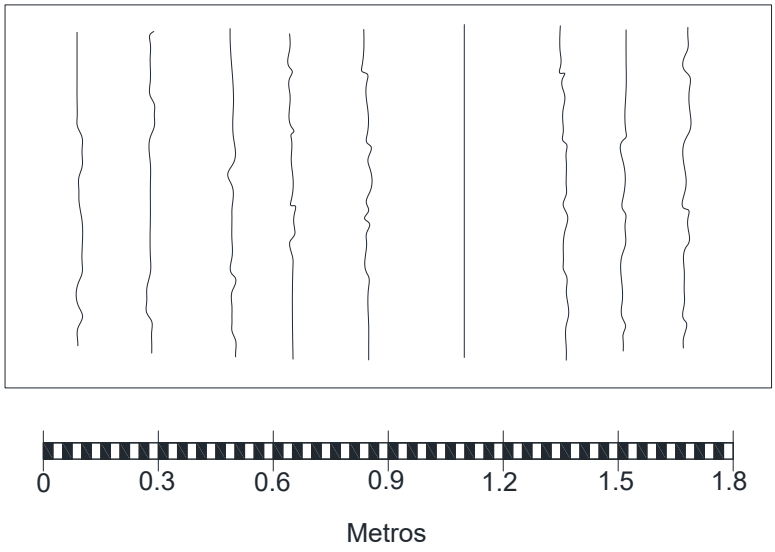


Figura B.15. Severidad 3 para agrietamiento en una dirección (patrón denso, espaciamiento < 0,3 m) en elementos de concreto reforzado evaluados por área (basado en la figura en “Crack Pattern Guide” de [1]).

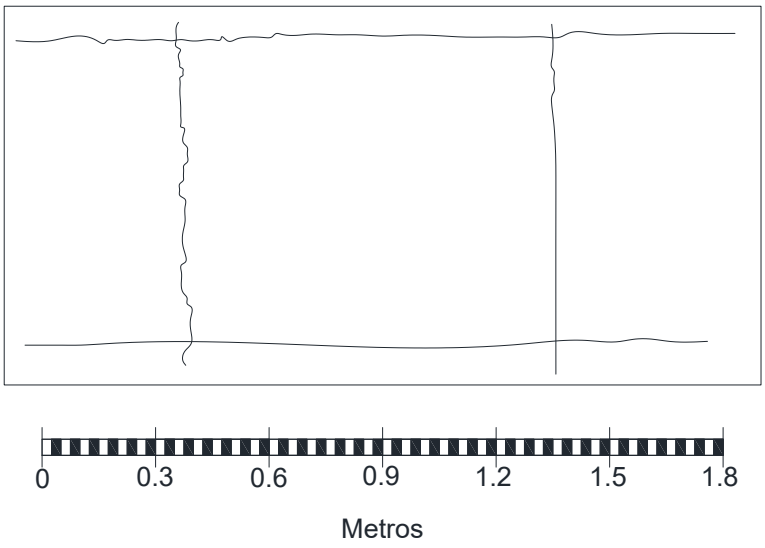


Figura B.16. Severidad 1 para agrietamiento en dos direcciones (espaciamiento > 0,9 m) en elementos de concreto reforzado evaluados por área (basado en la figura en “Crack Pattern Guide” de [1]).

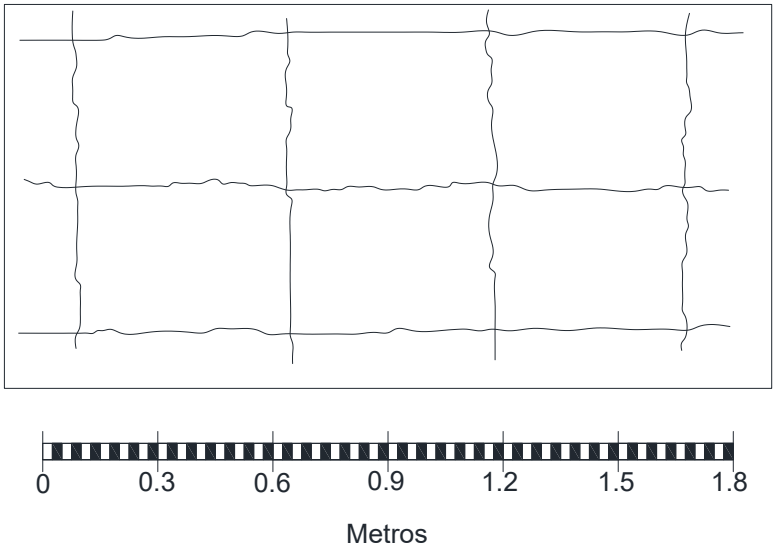


Figura B.17. Severidad 2 para agrietamiento en dos direcciones (patrón moderado de grietas, espaciamiento entre 0,3 m a 0,9 m) en elementos de concreto reforzado evaluados por área (basado en la figura en “Crack Pattern Guide” de [1]).

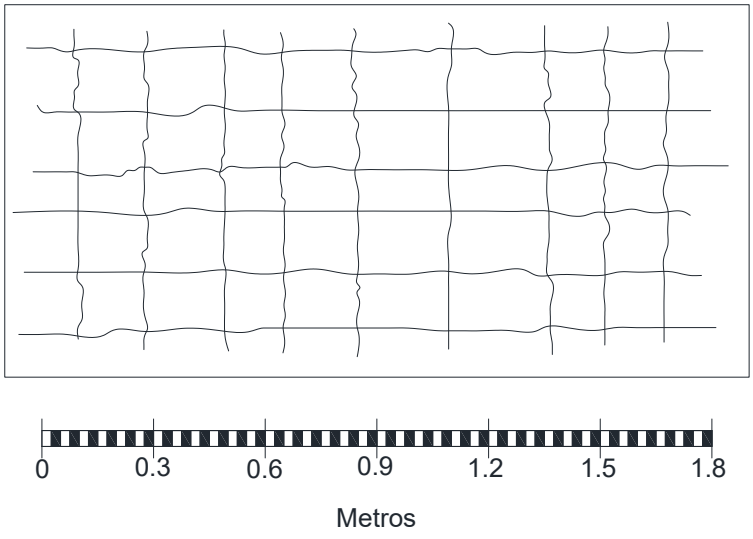


Figura B.18. Severidad 3 para agrietamiento en dos direcciones (patrón denso de grietas con un espaciamiento menor de 0,3 m) en elementos de concreto reforzado evaluados por área (basado en la figura en “Crack Pattern Guide” de [1]).

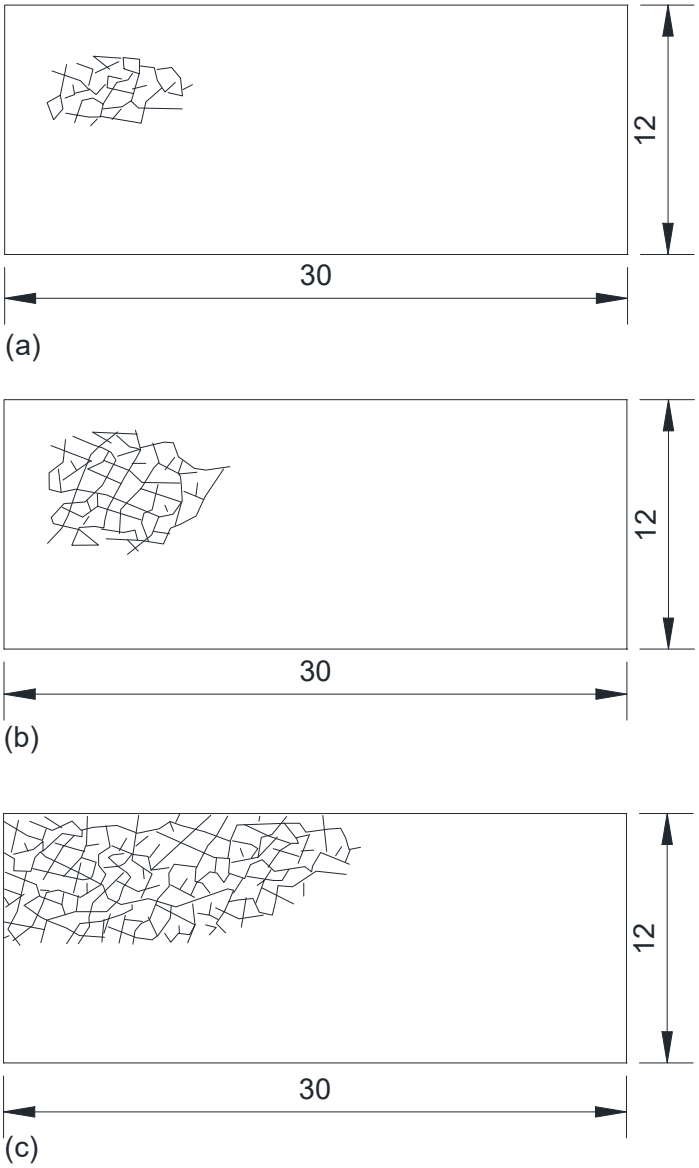


Figura B.19. Patrón moderado de agrietamiento (espaciamiento entre 0,3 m y 0,9 m) cuando el porcentaje de área afectada es: a) 5%, b) 10 %, c) 25 % (basado en la Figura 3.12-7 de [1]). Las dimensiones son en metros.

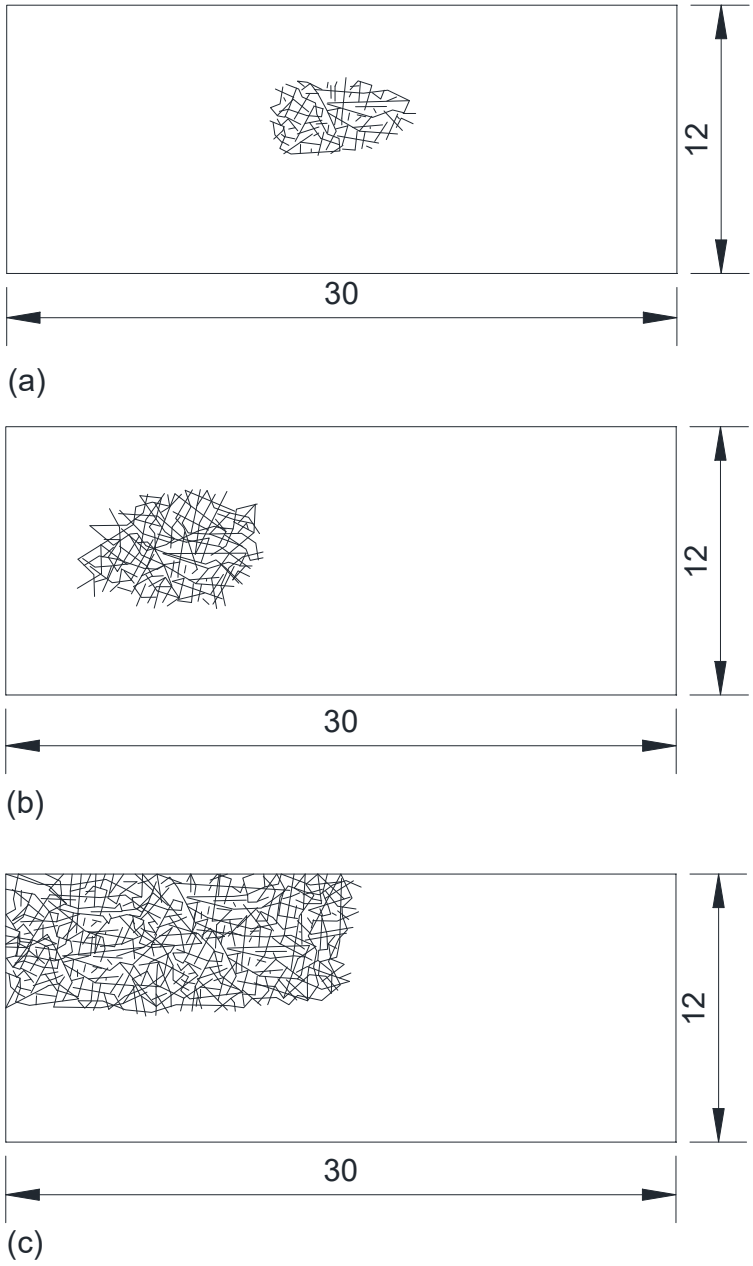


Figura B.20. Patrón de agrietamiento denso (espaciamiento menor a 0,3 m) cuando el porcentaje de área afectada es: a) 5 %, b) 10 %, c) 25 % (basado en la Figura 3.12-8 de [1]). Las dimensiones son en metros.

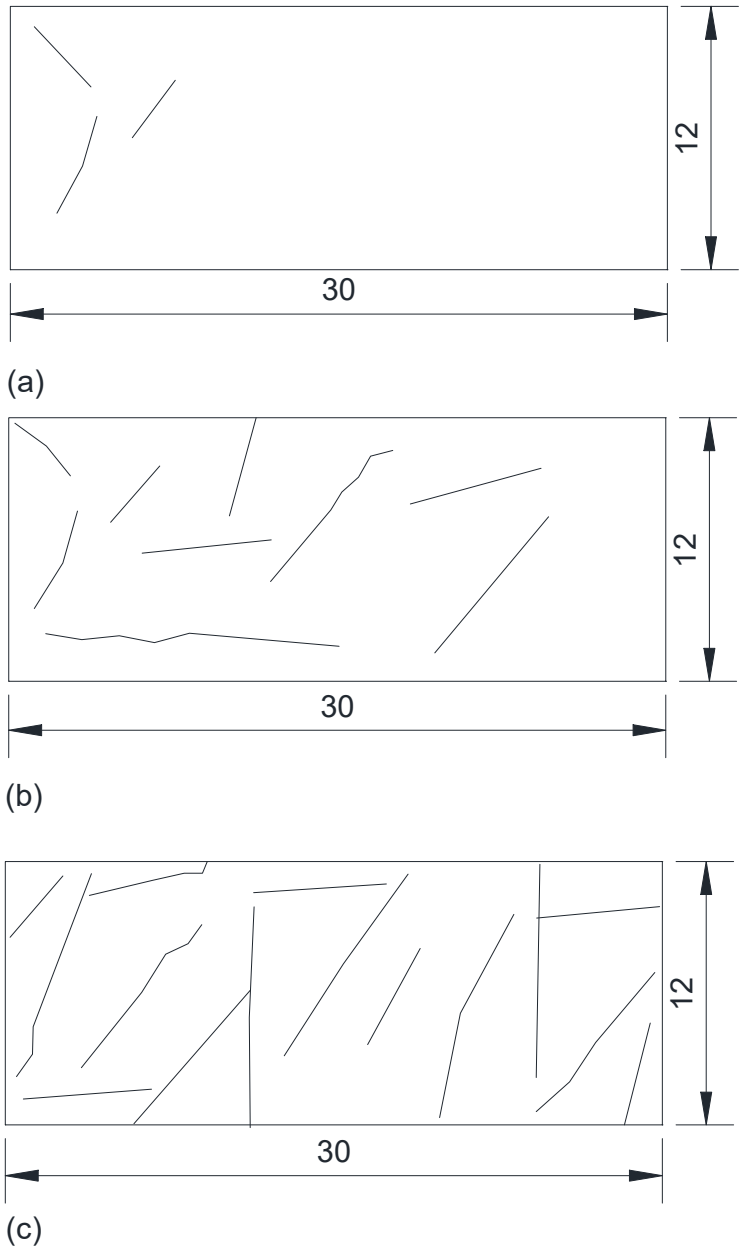


Figura B.21. Grietas aisladas cuando el porcentaje de área afectada es: a) 5 %, b) 10 %, c) 25 % (basado en la Figura 3.12-9 de [1]). Las dimensiones son en metros.

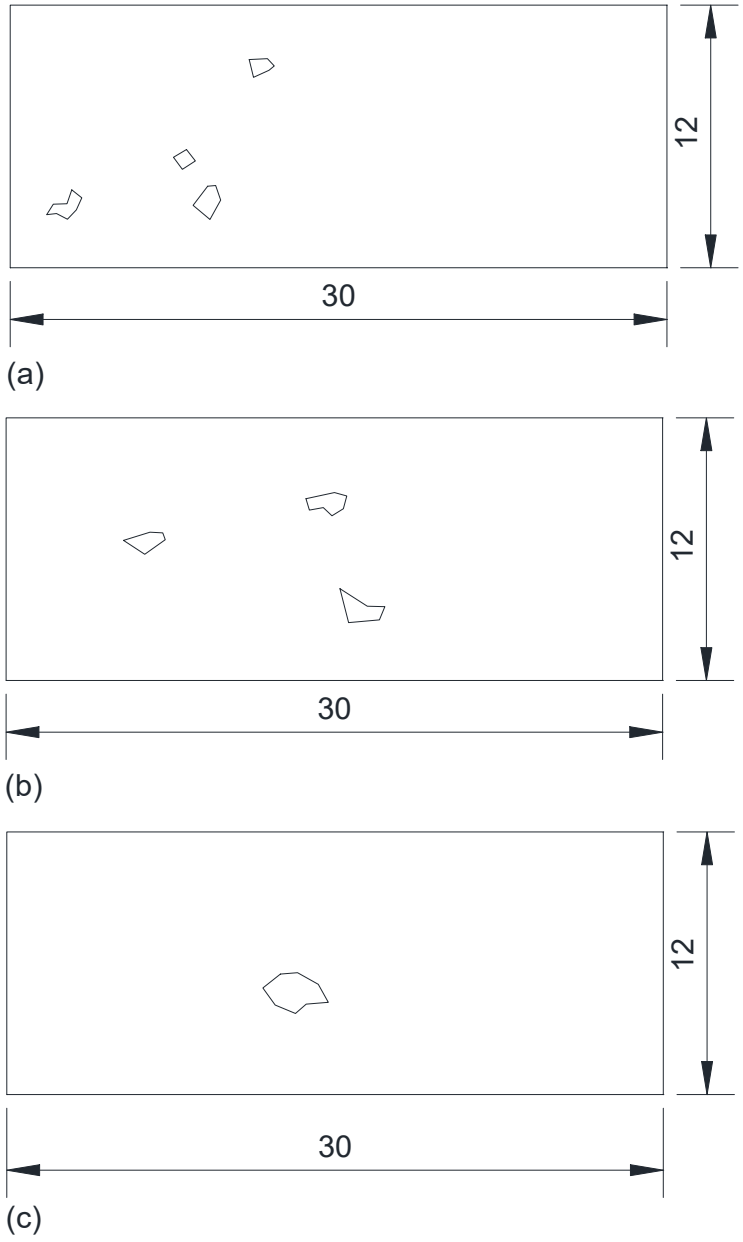


Figura B.22. Ejemplos de deficiencias distribuidas en 1% del área evaluada, en donde en a) muestra una deficiencia que afecta 1% y está muy distribuida. En b) ilustra el caso en el cual la deficiencia está distribuida moderadamente y en c) representa cuando el 1% del de área dañada está concentrada en un punto (basado en la Figura 3.12-1 de [1]). Las dimensiones son en metros.

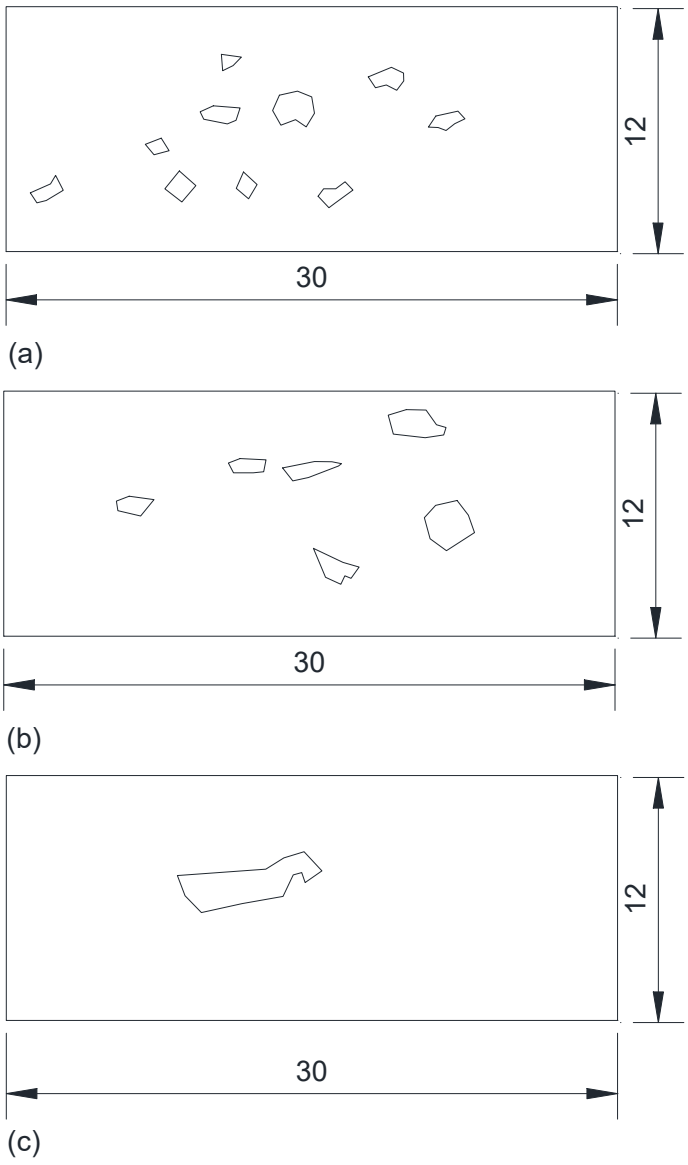


Figura B.23. Ejemplos de deficiencias distribuidas en 3% del área evaluada, en donde en a) muestra una deficiencia que afecta 3% y está muy distribuida. En b) ilustra el caso que la deficiencia está distribuida moderadamente y en c) representa cuando el 3% del área dañada está concentrada en un punto (basado en la Figura 3.12-2 de [1]). Las dimensiones son en metros.

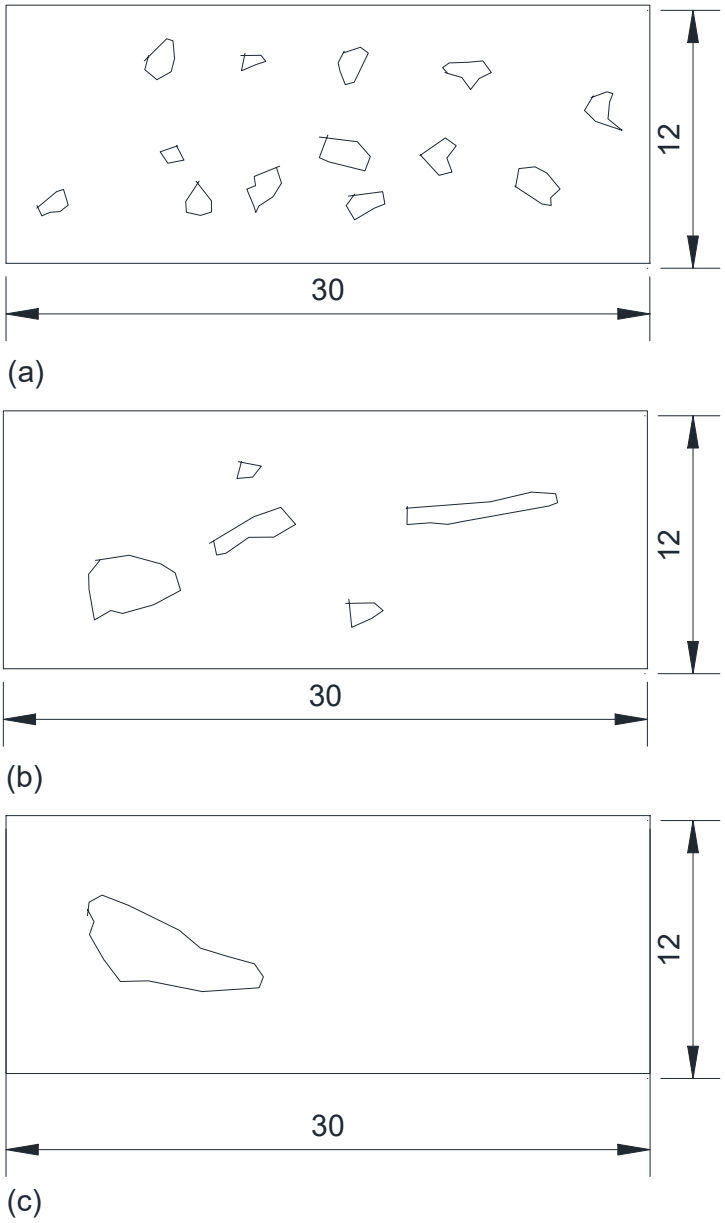


Figura B.24. Ejemplos de deficiencias distribuidas en 5% del área evaluada, en donde en a) muestra una deficiencia que afecta 5% y está muy distribuida. En b) ilustra el caso en el que la deficiencia está distribuida moderadamente y en c) representa cuando el 5% del área dañada está concentrada en un punto (basado en la Figura 3.12-3 de [1]). Las dimensiones son en metros.

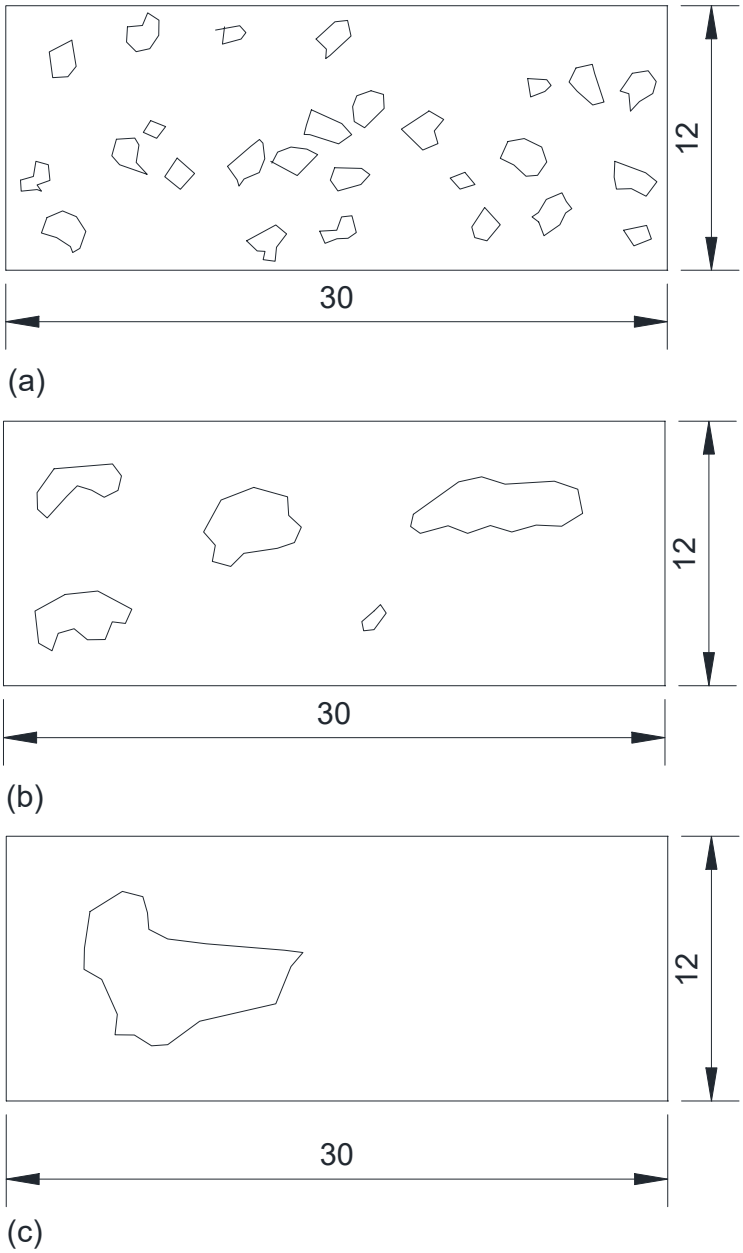


Figura B.25. Ejemplos de deficiencias distribuidas en 10% del área evaluada, en donde en a) muestra una deficiencia que afecta 10% y está muy distribuida. En b) ilustra el caso en el que la deficiencia está distribuida moderadamente y en c) representa cuando el 10% del área dañada está concentrada en un punto (basado en la Figura 3.12-4 de [1]). Las dimensiones son en metros.

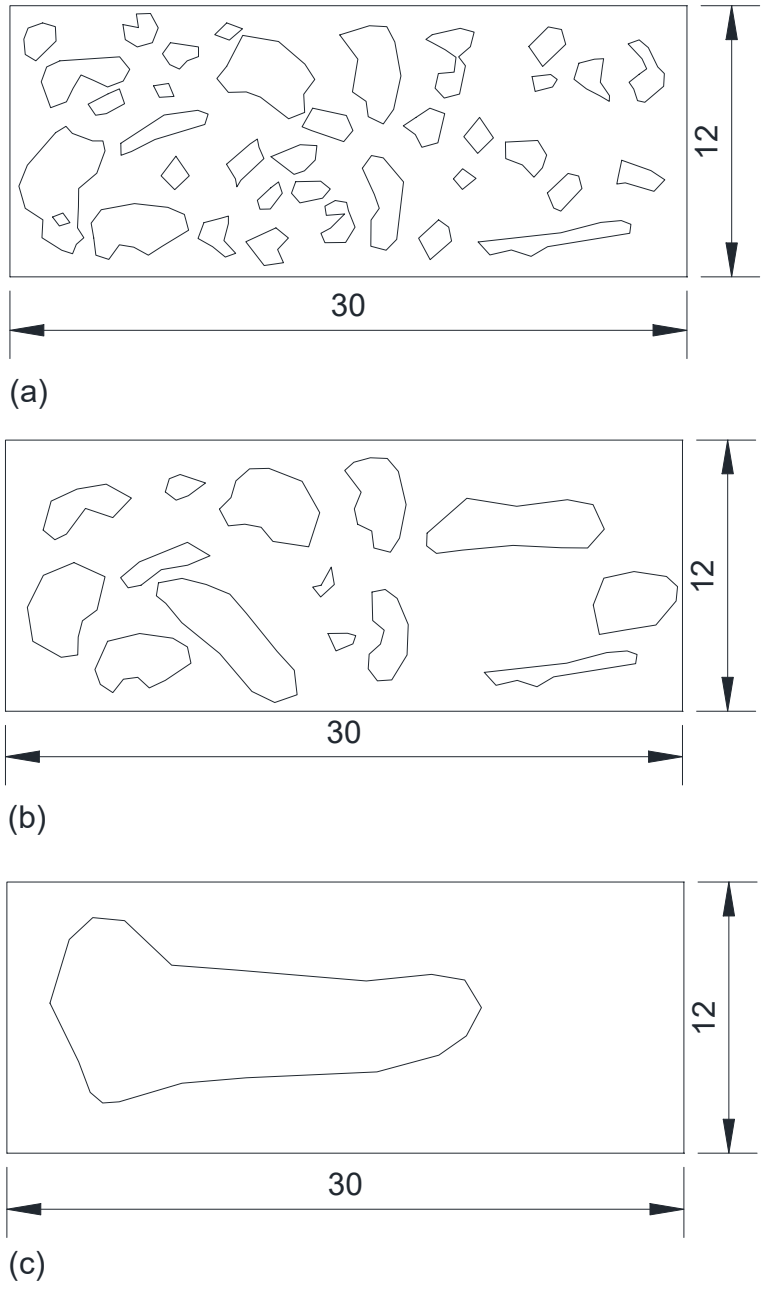


Figura B.26. Ejemplos de deficiencias distribuidas en 25% del área evaluada, en donde en a) muestra una deficiencia que afecta 25% y está muy distribuida. En b) ilustra el caso en el que la deficiencia está distribuida moderadamente y en c) representa cuando el 25% del área dañada está concentrada en un punto. (Figura basada en la Figura 3.12-5 de [1]). Las dimensiones son en metros.

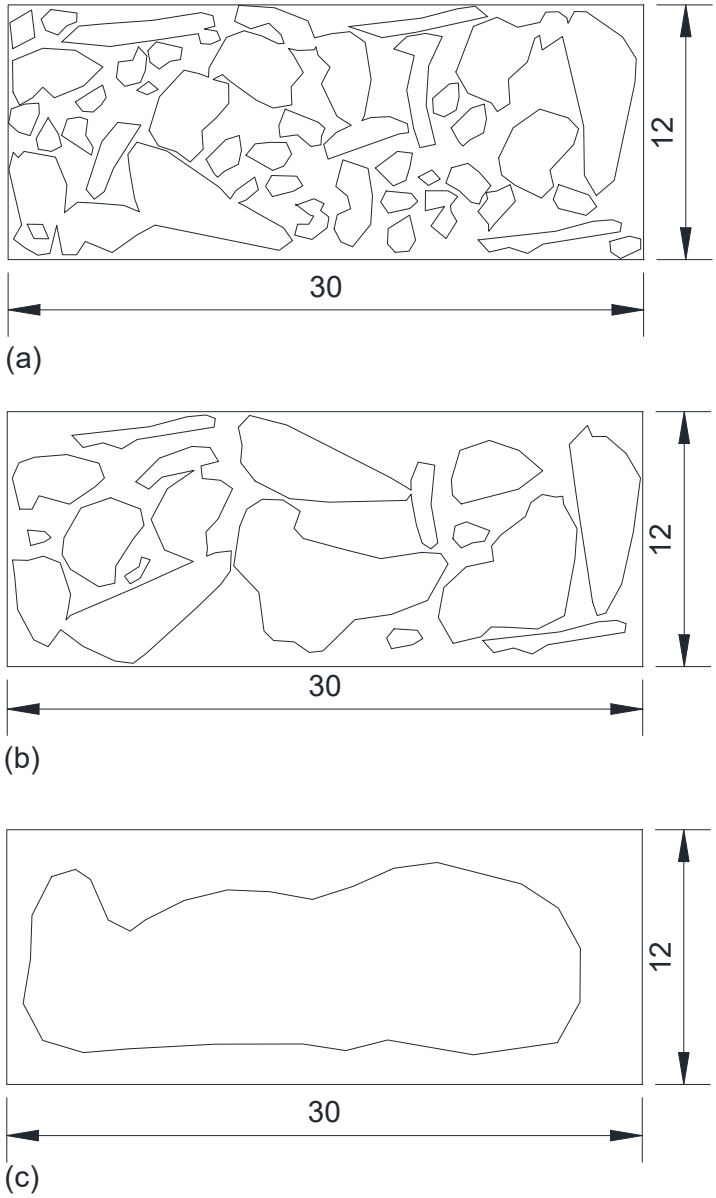


Figura B.27. Ejemplos de deficiencias distribuidas en 50% del área evaluada, en donde en a) muestra una deficiencia que afecta 50% y está muy distribuida. En b) ilustra el caso en el que la deficiencia está distribuida moderadamente y en c) representa cuando el 50% del área dañada está concentrada en un punto. (Figura basada en la Figura 3.12-6 de [1]). Las dimensiones son en metros.

Tabla B.5. Aspectos por evaluar en elementos de concreto reforzados evaluados por área.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Grietas en una dirección	▪ No se observan grietas. ▪ Se observan grietas con un ancho menor a 0,3 mm con separación mayor a 0,9 m (ver Figura B.13).	▪ Grietas con un ancho menor a 0,3 mm con espaciamiento entre 0,3 m y 0,9 m (ver Figura B.14). ▪ Grietas de ancho moderado (entre 0,3 mm y 1,0 mm) sin sellar o patrón moderado de agrietamiento sin sellar. ▪ Existen grietas de ancho moderado (entre 0,3 mm y 1,0 mm) que han sido selladas.	▪ Grietas con un ancho mayor a 1,0 mm espaciadas entre 0,30 m y 0,9 m o agrietamiento en una dirección denso (ver Figura B.15). ▪ Grietas por flexión o cortante con anchos entre 0,3 mm y 1,0 mm.	▪ Grietas con un ancho mayor a 1,0 mm con espaciamiento menor a 0,3 mm. ▪ Grietas por flexión o cortante con un ancho mayor a 1,0 mm.
Grietas en dos direcciones	▪ No se observan grietas. ▪ Se observan grietas con un ancho menor a 0,3 mm con separación mayor a 0,9 m (ver Figura B.16).	▪ Grietas con un ancho menor a 0,3 mm con espaciamiento entre 0,3 m y 0,9 m (ver Figura B.17). ▪ Patrón de agrietamiento moderado (ver Figura B.19).	▪ Existen grietas en dos direcciones con un espaciamiento menor a 0,3 m (ver Figura B.18) ▪ Patrón de agrietamiento denso (ver Figura B.20) ▪ Grietas por flexión o cortante con anchos entre 0,3 mm y 1,0 mm.	▪ Grietas con un ancho mayor a 1,0 mm en patrones moderados (ver Figura B.19) o densos (ver Figura B.20) debido a sobreesfuerzos. ▪ Grietas por flexión o cortante con anchos mayores a 1,0 mm.

Tabla B.5. Aspectos por evaluar en elementos de concreto reforzados evaluados por área.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Delaminación/ desprendimiento/área reparada	No se observan delaminaciones, desprendimientos o áreas reparadas.	▪ Se observan delaminaciones o desprendimientos menores a 25 mm de profundidad y 150 mm de diámetro. ▪ Área reparada en buen estado.	▪ Hay desprendimientos mayores a 25 mm de profundidad o 150 mm de diámetro. ▪ Área reparada deteriorada.	▪ Las delaminaciones tienen una profundidad mayor de 100 mm. ▪ Se observan desprendimientos con acero de refuerzo expuesto y con pérdida de sección avanzada.
Eflorescencias / manchas de óxido	No se observa eflorescencias o manchas de óxido en grietas.	▪ Se observan eflorescencias, pero no acumulación en espesor. ▪ Se observan filtraciones, pero no se observan manchas de óxido en grietas.	▪ Se observan eflorescencias con estalactitas o acumulación. ▪ Filtraciones, manchas de óxido o eflorescencias en más de la mitad del elemento.	Se observan filtraciones severas.
Abrasión o desgaste	No hay abrasión o desgaste o es leve.	Existe agregado grueso expuesto por la abrasión o desgaste del concreto, pero no hay desprendimiento del agregado grueso.	Se observa agregado grueso suelto o pérdida leve de agregado grueso por la abrasión y desgaste.	Se observan vacíos en el concreto por pérdida severa del agregado grueso debido al desgaste o abrasión de la pasta de cemento.
Impacto	No se observan elementos dañados por impacto.	El elemento tiene daños por impacto, pero son daños menores.	El elemento tiene daños por impacto y requiere reparación.	El elemento tiene daños por impacto y se requiere una evaluación estructural.

Tabla B.5. Aspectos por evaluar en elementos de concreto reforzados evaluados por área.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Acero expuesto	No se observa acero expuesto.	Se observa acero de refuerzo expuesto y oxidado, pero sin pérdida de sección medible.	▪ Se observa acero de refuerzo expuesto con pérdida de sección medible. ▪ La pérdida de sección transversal es menor o igual que el 20%.	▪ Acero de refuerzo expuesto con oxidación severa y corrosión. ▪ La pérdida de sección transversal del acero es superior al 20%.
Nidos de piedra	No se observan nidos de piedra.	Se observan nidos de piedra con dimensiones menores que 50 mm y profundidad menor que 10 mm.	Se observan nidos de piedra con dimensiones entre 50 mm y 100 mm y profundidad mayor que 10 mm. (Las dimensiones indicadas se refieren a los nidos de piedra individuales).	Se observan nidos de piedra con dimensiones mayores que 100 mm y se observa el acero de refuerzo.
Agujeros en losas	No se observaron agujeros.	Se observan desprendimientos en la superficie del concreto.	▪ Se observan agujeros en la losa con desprendimiento del concreto y acero expuesto. ▪ Se observan agujeros en la losa con área igual o mayor a 1,0 m^2 que no atraviesan la losa.	Existe un agujero que atraviesa la losa.



SEVERIDAD 1: No se observa daño en la losa [8].



SEVERIDAD 2: Se observan desprendimientos del concreto (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Agujero en la losa con acero expuesto (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: El agujero atraviesa la losa (LanammeUCR).

Figura B.28. Ejemplos de agujeros en losas y tableros.



SEVERIDAD 1: Losa de concreto reforzado sin eflorescencias o manchas de óxido (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Grieta en losa de concreto reforzado con eflorescencia (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Eflorescencias con estalactitas puntuales [7].



SEVERIDAD 4: Eflorescencias y filtraciones generalizadas en los elementos (LanammeUCR).

Figura B.29. Ejemplos de eflorescencias en elementos de concreto reforzado.



SEVERIDAD 1: Losa de concreto sin evidencia de abrasión (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Existe agregado grueso expuesto por la abrasión o desgaste, pero no hay desprendimiento del agregado (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Se observa pérdida del agregado por la abrasión y desgaste (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Se observan vacíos en el concreto por pérdida severa del agregado. (LanammeUCR).

Figura B.30. Ejemplos de abrasión y desgaste en elementos de concreto reforzado.



SEVERIDAD 1: Losa en buen estado de conservación [8].



SEVERIDAD 2: Grietas que han sido selladas (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Agrietamiento en dos direcciones con grietas con un ancho mayor a 0,3 mm (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Agrietamiento severo en dos direcciones con filtraciones y riesgo de desprendimiento del concreto (LanammeUCR).

Figura B.31. Ejemplos de agrietamiento en losas de concreto reforzado.

B.3.3 Elementos de concreto presforzado

Para la evaluación de los elementos de concreto presforzado, se hace la distinción entre elementos en los cuales la extensión de las deficiencias se considera linealmente y los elementos en los cuales la evaluación de las deficiencias se realiza por área.

Se clasifica como elementos que requieren evaluación de las deficiencias linealmente los siguientes:

- **las vigas:** principales de superestructura de vigas de concreto presforzado [4020101]
- **diafragmas:** de concreto presforzado [4020201]
- **pilas**: tipo columna sencilla [5000302], columna doble [5000303] o de columna múltiple [5000304]
- **cabezales:** de pilas [5000102] y bastiones [5000202]
- **arcos:** prefabricados [4080101]

Los elementos de concreto presforzado que deben evaluarse por área son:

- **tableros** [4000102]
- **losas:** de superestructura tipo losa [4050101] y losas de aproximación [2000102]
- **viga cajón** [4090101]

Para elementos de concreto presforzado, se consideran los siguientes anchos de grietas para determinar si el agrietamiento es menor, moderado o severo [1]:

- **Menor:** ancho de grieta menor a 0,10 mm.
- **Moderado:** ancho de grieta mayor a 0,10 mm, pero menor a 0,20 mm.
- **Severo:** ancho de grieta mayor a 0,20 mm.

En los esquemas de daños realizados siguiendo las disposiciones del Apartado 6.6.5 del MP-2024 Tomo I se debe indicar la siguiente información:

- Anchos de grieta medidos.
- Ubicación de las grietas.
- Espaciamiento o separación entre grietas.
- Orientación.
- Área afectada por el agrietamiento.

B.3.3.1 Evaluación de elementos de concreto presforzado lineales

Se debe evaluar la existencia y la extensión de las deficiencias incluidos en la Tabla B.6 en todos los elementos de concreto presforzado en los cuales la evaluación de las deficiencias se realiza linealmente.

Para facilitar la estimación de los porcentajes de extensión de las deficiencias en elementos en los cuales la determinación de la extensión de las deficiencias se realiza linealmente, se recomienda referirse a la Figura B.7.

Tabla B.6. Aspectos por evaluar en elementos de concreto presforzado en los que las deficiencias se evalúan linealmente.

ASPECTO A EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Agrietamiento	▪ Se observan sólo grietas menores o grietas de ancho moderado que han sido selladas. ▪ El espaciamiento entre las grietas es mayor a 0,90 m (ver Figura B.13).	▪ Grietas de ancho moderado sin sellar o patrón de agrietamiento moderado (ver Figura B.14). ▪ El espaciamiento entre las grietas está entre 0,30 m y 0,90 m.	▪ Grietas o patrón de agrietamiento severo (ver Figura B.15). ▪ Grietas por cortante o flexión con un ancho menor de 0,2 mm	▪ Grietas con un ancho mayor a 0,20 mm o elementos fracturados. ▪ Grietas por cortante o flexión con un ancho mayor de 0,2 mm.
Delaminación/ desprendimientos	No se observan delaminaciones o desprendimientos.	Se observan delaminaciones o desprendimientos menores a 25 mm de profundidad o 150 mm de diámetro.	Hay desprendimientos mayores a 25 mm de profundidad o 150 mm de diámetro en la dimensión mayor.	▪ Existen delaminaciones que pueden significar un riesgo para los usuarios por desprendimiento. ▪ Las delaminaciones tienen una profundidad mayor de 75 mm o el acero expuesto ha perdido sección. ▪ La delaminación supera el 25 % del área de superficie del elemento [6].

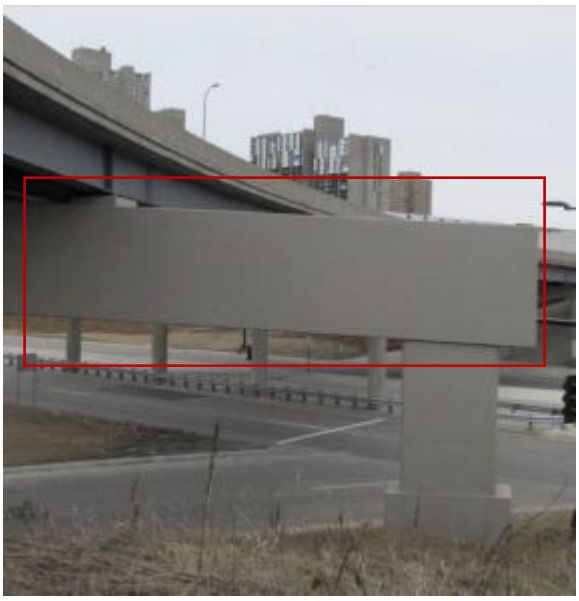
Tabla B.6. Aspectos por evaluar en elementos de concreto presforzado en los que las deficiencias se evalúan linealmente.

ASPECTO A EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Eflorescencias/ manchas de óxido	No se observa eflorescencias o manchas de óxido en grietas.	▪ Se observan eflorescencias, pero no acumulación en espesor. ▪ Se observan filtraciones, pero no se observan manchas de óxido en grietas.	▪ Se observan eflorescencias con estalactitas o acumulación. ▪ Se observan filtraciones, manchas de óxido o eflorescencias en más de la mitad del elemento.	Se observan filtraciones severas.
Abrasión o desgaste	No hay abrasión o desgaste o es leve.	Existe agregado grueso expuesto por la abrasión o desgaste del concreto, pero no hay desprendimiento del agregado grueso.	Se observa agregado grueso suelto o pérdida leve de agregado grueso por la abrasión y desgaste.	Se observan vacíos en el concreto por pérdida severa del agregado grueso debido al desgaste o abrasión de la pasta de cemento.
Impacto	No se observan elementos dañados por impacto.	El elemento tiene daños por impacto, pero son daños menores.	▪ El elemento tiene daños por impacto y requiere reparación. ▪ Se observa pérdida del recubrimiento, pero el acero de refuerzo no ha sido afectado.	▪ El elemento presenta daños por impacto y se requiere una evaluación estructural. ▪ El deterioro por impacto ha afectado el acero de refuerzo.
Acero de refuerzo convencional expuesto	No se observa acero expuesto.	Se observa acero de refuerzo expuesto y oxidado, pero sin pérdida de sección medible.	▪ Se observa acero de refuerzo expuesto con pérdida de sección medible. ▪ La pérdida de sección es menor o igual al 20%.	▪ Acero de refuerzo expuesto con oxidación severa y corrosión. ▪ La pérdida de sección transversal del acero es superior al 20 % [4].

Tabla B.6. Aspectos por evaluar en elementos de concreto presforzado en los que las deficiencias se evalúan linealmente.

ASPECTO A EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Nidos de piedra	No se observan nidos de piedra.	Se observan nidos de piedra con dimensiones menores que 50 mm y profundidad menor que 10 mm.	Se observan nidos de piedra con dimensiones entre 50 mm y 100 mm y profundidad mayor que 10 mm. (Las dimensiones indicadas se refieren a los nidos de piedra individuales).	Se observan nidos de piedra con dimensiones mayores que 100 mm y se observa el acero de refuerzo.
Acero del presfuerzo expuesto	No se observa acero del presfuerzo expuesto.	Se observa el acero de presfuerzo, pero no hay pérdida de sección medible.	Presfuerzo expuesto con corrosión o con pérdida de sección, pero no se requiere evaluación estructural.	▪ Acero del presfuerzo está expuesto y existe pérdida de sección severa (mayor de un 15%). ▪ Acero del presfuerzo cortado.

De la Figura B.32 a la Figura B.35 se presentan fotografías que muestran algunos ejemplos de deficiencias en elementos de concreto presforzado.



SEVERIDAD 1: Elementos de concreto presforzado en buen estado [7].



SEVERIDAD 2: Desprendimientos del concreto con una profundidad menor a 25 mm [7].



SEVERIDAD 3: Delaminación del concreto en una viga tipo cajón de concreto presforzado [7].



SEVERIDAD 4: Desprendimientos severos en pilote de concreto presforzado [7].

Figura B.32. Ejemplos de delaminaciones y desprendimientos del concreto en elementos de concreto presforzado.



SEVERIDAD 1: Elementos de concreto presforzado en buen estado [11].



SEVERIDAD 2: Daños menores por impacto en una viga de concreto presforzado [7].



SEVERIDAD 3: Daño por impacto en una viga de concreto presforzado (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Daño severo por impacto en una viga de concreto presforzado [7].

Figura B.33. Ejemplos de daño por impacto en elementos de concreto presforzado.



SEVERIDAD 1: Elementos de concreto presforzado en buen estado [12].



SEVERIDAD 2: Eflorescencias entre las vigas presforzadas (LanammeUCR).

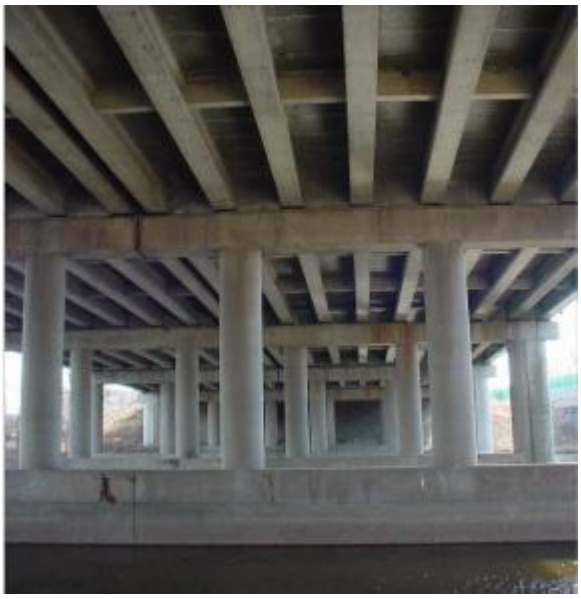


SEVERIDAD 3: Eflorescencias entre los paneles de las losas de concreto presforzado [7].



SEVERIDAD 4: Eflorescencias y manchas de óxido en la mayor parte de las vigas de concreto presforzado [11].

Figura B.34. Ejemplos de manchas de óxido y corrosión en elementos de concreto presforzado.



SEVERIDAD 1: Vigas de concreto presforzado en buen estado [14].



SEVERIDAD 2: Acero de refuerzo expuesto en elemento de concreto presforzado, pero sin pérdida de sección (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Viga de concreto presforzado con acero de refuerzo expuesto [7].



SEVERIDAD 4: Acero del presfuerzo expuesto y con corrosión [6].

Figura B.35. Ejemplos de acero expuesto en elementos de concreto presforzado.

B.3.3.2 Evaluación de elementos de concreto presforzado por área

Se debe evaluar la existencia y la extensión de los defectos incluidos en la Tabla B.7 en todos los elementos de concreto presforzado evaluados por área.

Como orientación para determinar el nivel de severidad, se presentan guías esquemáticas de acuerdo con las siguientes características:

- Si el agrietamiento es en una dirección, se debe considerar la Figura B.13, Figura B.14 y Figura B.15.
- Si el agrietamiento observado en el elemento evaluado por área es en dos direcciones el inspector debe referirse a la Figura B.16, Figura B.17 y Figura B.18.
- La Figura B.19 muestra ejemplos de diferentes porcentajes de áreas afectadas con un patrón de agrietamiento moderado. Asimismo, la Figura B.20 muestra ejemplos de agrietamiento denso con diferentes porcentajes de áreas afectadas.
- En caso de que se observen grietas aisladas que no están mayoritariamente en una o dos direcciones, se debe utilizar la Figura B.21 para estimar los porcentajes de áreas afectadas.
- De la Figura B.22 a la Figura B.27 se muestran diagramas espaciales que pueden utilizarse para estimar los porcentajes de áreas afectadas por otras deficiencias que no sean agrietamiento.

Tabla B.7. Aspectos por evaluar en elementos de concreto presforzado por área.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Agrietamiento (una o dos direcciones)	▪ Se observan sólo grietas menores o grietas de ancho moderado que han sido selladas. ▪ El espaciamiento entre las grietas es mayor a 0,90 m.	▪ Grietas de ancho moderado sin sellar o patrón de agrietamiento moderado. ▪ El espaciamiento entre las grietas está entre 0,30 m y 0,90 m (ver Figura B.19).	▪ Grietas o patrón de agrietamiento denso (ver Figura B.20). ▪ Las grietas están espaciadas a menos de 0,3 m.	▪ Agrietamiento severo (grietas con un ancho mayor a 0,20 mm) o fracturas [4]. ▪ Grietas por cortante o flexión con un ancho mayor de 0,2 mm [7].

Tabla B.7. Aspectos por evaluar en elementos de concreto presforzado por área.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Delaminación/ desprendimiento/ área reparada	No se observan delaminaciones, desprendimientos o áreas reparadas.	▪ Se observan delaminaciones o desprendimientos menores a 25 mm de profundidad y 150 mm de diámetro. ▪ Área reparada en buen estado.	▪ Hay desprendimientos mayores a 25 mm de profundidad o 150 mm de diámetro. ▪ Área reparada deteriorada.	▪ Las delaminaciones tienen una profundidad mayor de 100 mm. ▪ Se observan desprendimientos con acero de refuerzo expuesto y con pérdida de sección avanzada.
Eflorescencias/ manchas de óxido	▪ No se observa eflorescencias o manchas de óxido en grietas.	▪ Se observan eflorescencias, pero no acumulación en espesor. ▪ Filtraciones, pero no se observan manchas de óxido en grietas.	▪ Se observan eflorescencias con estalactitas o acumulación. ▪ Hay filtraciones, manchas de óxido o eflorescencias en más de la mitad del elemento.	Se observan filtraciones severas.
Abrasión o desgaste	No hay abrasión o desgaste o es leve.	Existe agregado grueso expuesto por la abrasión o desgaste del concreto, pero no hay desprendimiento del agregado grueso.	▪ Se observa agregado grueso suelto o pérdida leve de agregado grueso por la abrasión y desgaste.	Se observan vacíos en el concreto por pérdida severa del agregado grueso debido al desgaste o abrasión de la pasta de cemento.
Impacto	No se observan elementos dañados por impacto.	El elemento tiene daños por impacto, pero son daños menores.	▪ El elemento tiene daños por impacto y requiere reparación. ▪ Se observa pérdida del recubrimiento, pero el acero de refuerzo no ha sido afectado.	▪ El elemento presenta daños por impacto y se requiere una evaluación estructural. ▪ El deterioro por impacto ha afectado el acero de refuerzo.

Tabla B.7. Aspectos por evaluar en elementos de concreto presforzado por área.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Acero de refuerzo convencional expuesto	No se observa acero expuesto.	Se observa acero de refuerzo expuesto y oxidado, pero sin pérdida de sección medible.	▪ Se observa acero de refuerzo expuesto con pérdida de sección medible. ▪ La pérdida de sección es menor o igual al 20%.	▪ Acero de refuerzo expuesto con oxidación severa y corrosión. ▪ La pérdida de sección transversal del acero es superior al 20 % [4].
Nidos de piedra	No se observan nidos de piedra.	Se observan nidos de piedra con dimensiones menores que 50 mm y profundidad menor que 10 mm.	▪ Se observan nidos de piedra con dimensiones entre 50 mm y 100 mm y profundidad mayor que 10 mm. (Las dimensiones indicadas se refieren a los nidos de piedra individuales).	Se observan nidos de piedra con dimensiones mayores que 100 mm y se observa el acero de refuerzo.
Acero del presfuerzo expuesto	No se observa acero del presfuerzo expuesto.	Se observa el acero de presfuerzo, pero no hay pérdida de sección medible.	Presfuerzo expuesto con corrosión o con pérdida de sección, pero no se requiere evaluación estructural.	▪ Acero del presfuerzo está expuesto y existe pérdida de sección severa (mayor de un 15%). ▪ Acero del presfuerzo cortado.

Tabla B.7. Aspectos por evaluar en elementos de concreto presforzado por área.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Agujeros en losas	No se observaron agujeros.	Se observa desprendimientos en la superficie del concreto.	▪ Se observan agujeros en la losa con desprendimiento del concreto y acero expuesto. ▪ Se observan agujeros en la losa con área igual o mayor a 1,0 m^2 que no atraviesan la losa.	Existe un agujero que atraviesa la losa.

Los ejemplos de deficiencias en elementos de concreto presforzado se presentaron en las fotografías B.32 a B.35.

B.3.4 Elementos de madera

B.3.4.1 Elementos de madera para los cuales la evaluación de las deficiencias se realiza linealmente

Se deben evaluar la existencia y la extensión de todas las deficiencias indicados en la Tabla B.8 en los elementos del puente de madera, tales como:

- **vigas:** principales de superestructuras tipo vigas de madera [4040101]
- **vigas transversales:** de arcos [4060103], de cerchas de madera [4100102]
- **vigas de piso:** de arcos [4060104] y de cerchas de madera [4100103]
- **viga cajón de madera**: [4090101]
- **sistema de arriostramiento:** de cerchas de madera [4100201]. vigas de arriostramiento de arcos [4060201]
- **diafragmas:** de superestructuras tipo vigas de madera [4040201]
- **cerchas:** de madera [4100101]
- **arcos:** de madera [4060101]
- **pilas:** cuerpo de pilas de columna múltiple [5000304] y cabezal sobre pilotes [5000305]

- **bastiones:** cabezal sobre pilotes [5000406]

Tabla B.8. Aspectos por evaluar en elementos de madera lineales.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Grietas/ acebolladuras/ rajaduras	Las grietas atraviesan menos del 5% del espesor del elemento.	Las grietas atraviesan entre 5% y 50% del espesor del elemento, pero no se ubican en elementos a tensión.	Las grietas atraviesan más del 50% en elementos que no están a tensión o más del 5% en elementos a tensión.	▪ Las grietas atraviesan el elemento. ▪ Las grietas atraviesan más del 25% de la sección en elementos a tensión.
Pudrición	No se observa pudrición de la madera.	▪ Se observan manchas en la madera asociadas a pudrición. ▪ No se observa aplastamiento o hundimiento en la sección.	La pudrición de la madera afecta a entre 10% y 40% de la sección transversal del elemento.	▪ Se ha perdido más el 40% de la sección del elemento. ▪ Existe aplastamiento o deformación severa en la sección.
Daño por fuego	Se observan daños leves superficiales ocasionados por fuego.	La pérdida de sección afecta a menos del 10% de la sección del elemento.	La pérdida de sección está entre 10% y 40% de la sección transversal del elemento.	Se ha perdido más el 40% de la sección.
Abrasión/ desgaste	No se observa desgaste o no existe una pérdida medible de la sección.	La pérdida de la sección es menor al 10 % del espesor del elemento.	La pérdida de la sección es mayor al 10 % pero menor del 40% del espesor del elemento.	Se ha perdido más del 40% de la sección [7].

Tabla B.8. Aspectos por evaluar en elementos de madera lineales.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Conexiones (elementos de sujeción y accesorios de acero)	Las conexiones están en su sitio y funcionan adecuadamente.	▪ Se observan pasadores flojos. ▪ Existe corrosión concentrada en la conexión, pero sin distorsión y la conexión está en el lugar previsto y funciona correctamente.	▪ Faltan pernos, remaches o pasadores. ▪ Existen fracturas en las soldaduras o corrosión localizada con distorsión en las conexiones. ▪ Los daños observados no requieren una revisión estructural.	▪ La conexión ha fallado o la falla es inminente [7]. ▪ El deterioro observado indica que se requiere una revisión estructural. ▪ Más del 10 % de las conexiones presentan pasadores flojos, faltantes, tienen corrosión severa o grietas [4].

En la Figura B.36 y Figura B.37 se muestran algunos ejemplos de las deficiencias en elementos de madera evaluados linealmente.



SEVERIDAD 1: Elementos del puente de madera en buen estado de conservación [13].



SEVERIDAD 2: Ejemplo de agrietamiento moderado en viga de madera [7].



SEVERIDAD 3: Agrietamiento horizontal significativo en una viga de madera [7].



SEVERIDAD 4: Viga de madera que ha fallado [7].

Figura B.36 Ejemplos de agrietamiento en los elementos de madera.



SEVERIDAD 1: Elementos del puente de madera en buen estado de conservación [6].



SEVERIDAD 2: Pila con descomposición y pérdida de sección menor al 10% [5].



SEVERIDAD 3: Grietas y pudrición de la madera en la conexión [5].



SEVERIDAD 4: Pila de madera con pudrición severa y aplastamiento [5].

Figura B.37. Ejemplos de pudrición en los elementos de madera.

B.3.4.2 Evaluación de elementos de madera por área

Se deben evaluar la existencia y la extensión de todas las deficiencias indicados en la Tabla B.9 en los elementos del puente que sean de madera que se evalúan por área.

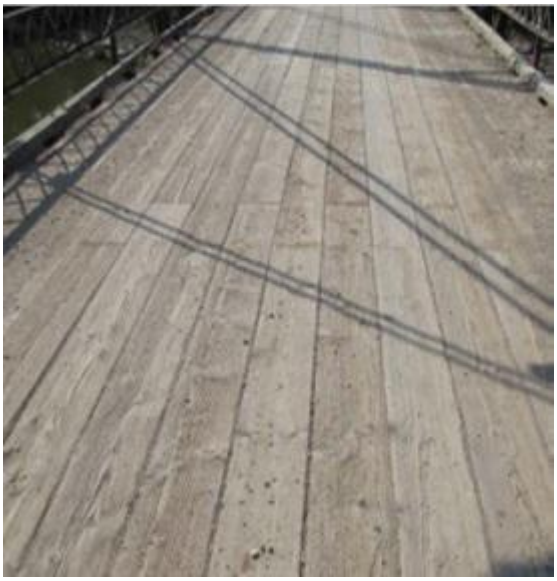
- **tablero**: de madera [4000106] y de madera presforzada [4000107]
- **losa**: de madera [4050101]

Tabla B.9. Aspectos por evaluar en elementos de madera por área y condición asociada.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Grietas/ acebolladuras/ rajaduras	Las grietas atraviesan menos del 5% del espesor del elemento.	Las grietas atraviesan entre 5% y 50% del espesor del elemento, pero no en una zona a tensión.	Las grietas atraviesan más del 50% en elementos que no están a tensión o más del 5% en la zona de tensión.	▪ Las grietas atraviesan el elemento. ▪ Las grietas atraviesan más del 25% del espesor en una zona a tensión.
Pudrición [7]	No se observa pudrición de la madera.	▪ Se observan manchas en la madera asociadas a pudrición ▪ No se observa aplastamiento o hundimiento en la sección.	La pudrición de la madera afecta entre 10% y 40% de la sección del elemento.	▪ Se ha perdido más del 40% de la sección del elemento. ▪ Existe aplastamiento o deformación severa en la sección.
Daño por fuego [7]	Se observan daños leves superficiales ocasionados por fuego.	Se observa hollín o elementos parcialmente quemados.	Se observa daño generalizado por fuego.	El elemento está severamente dañado por fuego.
Abrasión/ desgaste	No se observa desgaste o no existe una pérdida medible de la sección.	La pérdida de la sección por abrasión o desgaste es menor al 10 % del espesor del elemento.	La pérdida de la sección por abrasión o desgaste es mayor al 10 % y menor a 40% del espesor del elemento.	Se ha perdido más del 40% de la sección por abrasión o desgaste [7].
Conexiones (elementos de	Los componentes están conectados	Se observan pasadores flojos o	▪ Faltan pasadores o están	Faltan componentes o

Tabla B.9. Aspectos por evaluar en elementos de madera por área y condición asociada.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
sujeción y accesorios) [7]	firmemente y están alineados.	elementos ligeramente desalineados.	fracturados. ▪ Los componentes están flojos.	están severamente desalineados.
Pérdida de sección	No existe pérdida de sección.	Se ha perdido menos del 10% del espesor del tablero o losa.	Se ha perdido entre un 10% y un 40% del espesor del tablero o losa.	Se ha perdido más de un 40% del espesor del tablero o losa.
Reparaciones	No se observan áreas reparadas.	Existen áreas reparadas pero el área reparada está en buena condición.	▪ Existen áreas reparadas deterioradas. ▪ Se requiere reparar de nuevo algunas áreas.	▪ Se necesita realizar reparaciones inmediatas o una revisión estructural inmediata. ▪ Se observa falla de elementos en toda la profundidad o la falla es inminente.



SEVERIDAD 1: Poco desgaste en la superficie o no hay pérdida medible [7].



SEVERIDAD 2: Desgaste moderado en tablero de madera [7].



SEVERIDAD 3: Desgaste significativo del tablero de madera y con reparaciones (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Tablero de madera con desgaste severo (LanammeUCR).

Figura B.38. Ejemplos de deterioro en los elementos de madera.

B.3.5 Elementos de mampostería

Se deben evaluar la existencia y la extensión de todas las deficiencias indicados en la Tabla B.10 en los elementos del puente que sean de mampostería.

Tabla B. 10. Aspectos por evaluar en elementos de mampostería.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Agrietamiento del mortero	No se observa agrietamiento o pérdida del mortero.	Agrietamiento o pérdida del mortero en menos del 10% de las juntas.	Agrietamiento o pérdida del mortero en más del 10% de las juntas.	El agrietamiento o pérdida del mortero ha producido la pérdida de los bloques y afecta la estabilidad de la estructura [4].
Delaminaciones/ descascaramiento	No se observan delaminaciones o descascaramiento de los bloques de mampostería.	▪Se observan grietas y desprendimientos de los bloques de mampostería con una pérdida de sección entre 50 mm y 100 mm [4]. ▪Los desprendimientos son de menos del 10% del espesor los bloques de mampostería.	▪Se observan desprendimientos o desintegración de la mampostería con una pérdida de sección entre 100 mm y 150 mm [4]. ▪Delaminaciones o desprendimientos con una pérdida entre 10% y 25% del espesor del bloque de mampostería.	▪Se observan desprendimientos generalizados y desintegración de la mampostería con una pérdida de sección mayor a 150 mm [4]. ▪Existen desprendimientos con una pérdida mayor al 25% del espesor del bloque de mampostería.
Abrasión o desgaste [7]	Se observa erosión menor en los elementos.	El desgaste o abrasión ha producido una pérdida menor del 10% del espesor del bloque.	El desgaste o abrasión ha producido una pérdida entre 10% y 25% del espesor del bloque.	Se ha perdido más del 25% del espesor del bloque de mampostería.

Tabla B. 10. Aspectos por evaluar en elementos de mampostería.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Eflorescencias / filtraciones [15]	No hay eflorescencias o filtraciones.	Se observan eflorescencias o filtraciones menores.	▪Se observa filtración substancial acompañada por el deterioro de los mampuestos y el mortero. ▪El deterioro por filtración produce la separación o la pérdida de mampuestos. ▪Se observa vegetación entre los elementos de mampostería.	Existen filtraciones severas que producen la pérdida de muchos bloques. Se observa el material de relleno.
Fractura o separación de la mampostería	No se observan elementos de mampostería fracturados.	Se observan bloques fracturados, pero sin que se extienda a otras hiladas.	Existen fracturas en los bloques de mampostería que atraviesan varias hiladas.	Las fracturas en la mampostería afectan la estabilidad de la estructura por la caída de elementos o pérdida de soporte.
Desalineamiento o desplazamiento de los bloques	No se observa desalineamiento de los bloques.	Se observa algún bloque desalineado ligeramente.	Se observan bloques desalineados significativamente.	Hay bloques separados de la estructura o que han caído.
Pérdida de relleno (confinado por la mampostería) [15]	No se observa pérdida del material de relleno.	Se observa un área pequeña del relleno.	El relleno está expuesto en un área considerable.	El relleno está expuesto y se existen pérdidas del relleno.
Verticalidad (pérdida de plomo) [15]	Los muros están verticales.	Movimiento visible del muro, pero no parece que afecte la estabilidad.	Se aprecia movimiento medible y la estabilidad del muro empieza a ser afectada.	Como resultado del movimiento el muro parece estar en potencial riesgo de colapso.

Tabla B. 10. Aspectos por evaluar en elementos de mampostería.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Áreas reparadas	No se observan áreas reparadas.	Existen áreas reparadas pero el área reparada está en buena condición.	▪Existen áreas reparadas deterioradas. ▪Se requiere reparar de nuevo algunas áreas.	Se necesita realizar reparaciones inmediatas o una revisión estructural inmediata.

En la Figura B.39 y la Figura B.40 se muestran algunas deficiencias para puentes de mampostería.



SEVERIDAD 1: Puente de mampostería en buen estado de conservación [16].



SEVERIDAD 2: Erosión y manchas por filtración en puente de arco de mampostería (LanammeUCR)



SEVERIDAD 3: Filtraciones y eflorescencias a través de las juntas de la mampostería [7].



SEVERIDAD 4: Filtraciones significativas a través de los elementos de mampostería [11].

Figura B.39. Ejemplos de filtraciones y eflorescencias en los elementos de mampostería.



SEVERIDAD 1: Puente de mampostería en buen estado de conservación [16].



SEVERIDAD 2: Reparaciones en la mampostería en buen estado [7].



SEVERIDAD 3: Ejemplo de fracturas en los bloques de mampostería que atraviesan varias hiladas (Lanamme UCR).



SEVERIDAD 4: Pila de mampostería deteriorada severamente en la zona de apoyo de la armadura. El deterioro puede afectar la estabilidad de la estructura [7].

Figura B.40. Ejemplos de deficiencia en los elementos de mampostería.

B.4 Deficiencias específicas por elemento y componente

En esta sección se presentan los aspectos específicos a evaluar para algunos elementos que complementan las evaluaciones correspondientes a las deficiencias por material de la Sección B.3 del MP-2024 Tomo I.

B.4.1 Elementos críticos por fractura

Los elementos críticos por fractura requieren una *Inspección detallada*, razón por la cual las características de este tipo de esta inspección se describen en la Sección 3.2 del MP-2024 Tomo I. Adicionalmente, en el Capítulo 7 del MP-2024 Tomo I se incluyen también los lineamientos para la inspección de los puentes que presentan este tipo de elementos. Sin embargo, se incluye esta sección en la *Inspección rutinaria* en caso de que el inspector observe en sitio elementos críticos a fractura que no estén identificados previamente. El inspector debe reportar si el puente incluyera alguno de los elementos críticos no reportados previamente e indicados en el inventario del puente siguiendo el procedimiento establecido en la Sección 3.4 del MP-2024 Tomo I para el reporte de hallazgos críticos. El reporte del hallazgo de los elementos críticos a fractura permitirá a la *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como *Organización*) planificar la inspección correspondiente, así como las subsecuentes según se indica en la Sección 3.3 del MP-2024 Tomo I. Entre los elementos considerados como críticos a fractura se incluyen, pero no se limitan a los siguientes:

- cables principales de puentes colgantes y atirantados,
- tirantes de puentes colgantes,
- conexiones al bloque de anclaje de puentes colgantes,
- superestructuras tipo viga I o viga cajón de acero de hasta dos vigas principales,
- vigas cabezal de acero soldadas de pilas,
- vigas transversales de acero soldadas de piso, superestructuras tipo cercha de hasta dos cerchas principales,
- superestructuras tipo arco con elementos atirantados soldados,
- superestructura tipo viga de acero con conexiones pin o gozne (vigas Gerber) de hasta tres vigas principales.

B.4.2 Sistemas de protección de los materiales

B.4.2.1 Sistema de protección de los elementos de acero contra la corrosión

Los sistemas de protección de los elementos de acero contra la corrosión incluyen los sistemas de pintura, galvanizado, capa protectora de acero autopatinable (*"weathering"* como se conoce formalmente en inglés por su designación normativa) y los sistemas dúplex (galvanizado y pintura). En la Tabla B.11 se presentan los aspectos a evaluar cuando el

sistema de protección es de pintura y en la Tabla B.12 se incluyen los sistemas dúplex, galvanizado y la protección del acero autopatinable *("weathering")*. En la Figura B.41 se muestran ejemplos de deterioro del sistema de protección de pintura, mientras que en la Figura B.42 se presentan ejemplos para elementos de acero autopatinable *("weathering")*.

Tabla B.11. Aspectos por evaluar para los sistemas de protección de los elementos de acero (pintura).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Decoloración	La pintura está en buen estado y no se observa ningún área decolorada.	El área afectada por decoloración está entre 5% (ver Figura B.24) y 25% (ver Figura B.26).	La superficie que presenta decoloración está entre 25% (ver Figura B.26) y 50% (ver Figura B.27).	Más del 50% (ver Figura B.27) de la superficie presenta decoloración.
Pulverización	No se observa daño.	La superficie está opaca o ha perdido brillo.	Se ha perdido el pigmento.	Se observa el material base.
Descascaramiento /ampollas /agrietamiento	No se observa agrietamiento, descascaramiento o ampollas en la pintura.	▪ Se observa afectación únicamente en la capa de recubrimiento. ▪ El área afectada por ampollas o agrietamiento está entre 5% (ver Figura B.24) y 25% (ver Figura B.26).	▪ La capa recubrimiento y la primaria están afectadas. ▪ Se detectó óxido en algunas de las ampollas. ▪ La superficie deteriorada está entre 25% (ver Figura B.26) y 50% (ver Figura B.27).	▪ El metal base está expuesto. ▪ Más del 50% (ver Figura B.27) de la superficie presenta ampollas o descascaramiento de la pintura.
Efectividad de la protección	Sistema de protección completamente efectivo.	Es efectiva en la mayor parte de los elementos.	Tiene una efectividad limitada.	El sistema de protección ha fallado y el material base carece de protección.



SEVERIDAD 1: Se observan únicamente daños menores en el sistema de protección (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Falla del sistema de protección y corrosión en el ala de la viga [7].



SEVERIDAD 3: Decoloración mayor del 25% de la superficie (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: El sistema de protección ha fallado y el material base carece de protección [7].

Figura B.41. Ejemplos de deficiencias en los sistemas de protección de pintura.

Tabla B.12. Aspectos por evaluar para los sistemas de protección de los elementos de acero (galvanizado, acero autopatinable (“weathering”) y sistemas dúplex, basado en [7]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Galvanizado	No se observa deterioros en el galvanizado.	Se observa pulverización leve o degradación del galvanizado.	▪ Existe un deterioro moderado del galvanizado. ▪ La pulverización es generalizada.	Se ha perdido la protección del galvanizado.
Sistema de protección dúplex (galvanizado y pintura)	No se observa daño.	▪ Deterioro menor del recubrimiento. ▪ Degradación o pulverización del acabado en puntos aislados.	▪ Deterioro moderado del recubrimiento. ▪ Se observa la falla de la pintura (agrietamiento, ampollas o descascaramiento, pero el galvanizado está intacto.	Daño generalizado del sistema dúplex.
Porcentaje de oxidación	Menos del 0,3% del área presenta oxidación.	Menos del 5% del área presenta oxidación (ver Figura B.24).	Entre el 5% (ver Figura B.24) y el 25% (ver Figura B.26) está oxidada.	Más del 25% (ver Figura B.26) del área está oxidada.
Sistema de protección de acero autopatinable *(“weathering”)*	▪ La capa de óxido protectora es uniforme y está firmemente adherida a la superficie. ▪ El color de la capa protectora es amarillento, anaranjado o café.	▪ La capa protectora de óxido es irregular o presenta daños menores. ▪ El color de la capa protectora es de color café oscuro y la superficie tiene una apariencia granular.	▪ La capa protectora de óxido ha fallado en algunos puntos (falla moderada). ▪ Se observan delaminaciones pequeñas con un diámetro menor a 10 mm. ▪ La capa protectora es de color negro.	▪ La capa protectora de óxido ha fallado. ▪ Se observan áreas grandes de la capa de protección que se están desprendiendo.



SEVERIDAD 1: La capa protectora de óxido es uniforme y está firmemente adherida a la viga [7].



SEVERIDAD 2: La capa protectora es irregular (la superficie se observa granular) [7].



SEVERIDAD 3: La capa protectora presenta láminas con diámetro menor a 10 mm [7].



SEVERIDAD 4: La capa protectora de óxido ha fallado y se observan áreas amplias con delaminaciones [7].

Figura B.42. Ejemplos de deficiencias en el acero autopatinable (“weathering”).

B.4.2.2 Sistema de protección de los elementos de concreto

En la Tabla B.13 se presentan los aspectos a evaluar cuando los elementos de concreto tienen sistemas de protección que protegen el concreto y previenen la corrosión del acero de refuerzo (recubrimientos impermeabilizantes, selladores de grietas).

Tabla B. 13. Aspectos por evaluar para los sistemas de protección de elementos de concreto.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Desgaste	No se observa desgaste del sistema de protección.	Se observa deterioro de la protección por efecto de la exposición a los rayos ultravioleta, pero el concreto no está expuesto.	El espesor de la protección se ha reducido.	El concreto está expuesto y la protección no es efectiva.
Efectividad	La protección es completamente efectiva.	La protección es efectiva en la mayor parte de los elementos.	La protección tiene una efectividad limitada.	El sistema de protección ha fallado y el material base carece de protección.

B.4.3 Elementos de seguridad vial

Se incluyen dentro del componente de seguridad vial los elementos que protegen la integridad de los usuarios de las vías, ya sean vehículos, peatones o ciclistas. En los siguientes incisos, se especifican los aspectos que el inspector debe evaluar de los elementos de seguridad vial como parte de la *Inspección rutinaria* del puente. Los deterioros incluidos son los que pueden ser atendidos dentro acciones de mantenimiento de los puentes. Para estudios específicos y detallados en seguridad vial, el inspector debe referirse a la normativa técnica vigente y a las buenas prácticas de la ingeniería en movilidad y seguridad vial.

B.4.3.1 Sistema de contención vehicular (accesos) [30002]

Los sistemas de contención vehicular se clasifican en flexibles, semirrígidos y rígidos. Los sistemas flexibles son aquellos que se deflectan y redireccionan el vehículo y típicamente son sistemas metálicos o de cables. Los sistemas semirrígidos son generalmente sistemas metálicos que mediante la deformación de los elementos contienen y redireccionan los vehículos. Los sistemas rígidos típicamente son barreras de concreto y contienen el vehículo sin deflectarse [17].

La evaluación de la condición de los sistemas de contención vehicular se debe realizar utilizando las tablas de deterioros dependiendo del material del que estén construidas. Adicionalmente, tanto para los sistemas de contención vehicular flexibles como para los rígidos, se deben evaluar las deficiencias indicadas en la Tabla B.14.

Para que un sistema de contención vehicular funcione adecuadamente, deben utilizarse sistemas certificados y deben instalarse de acuerdo con las especificaciones del fabricante; además, se debe prestar especial atención al anclaje del sistema de contención, el cual se debe hacer tanto en el puente a través de una transición de rigidez adecuada, como en el terreno en el extremo opuesto. Las características del sistema de contención vehicular dependen de las características físicas, geométricas y del tránsito de la ruta.

Además de evaluar el anclaje del sistema de contención, se deben evaluar las terminales. No debe utilizarse la terminal tipo “cola de pez” (ver Figura B.43, Severidad 3), porque ésta no proporciona el anclaje necesario para el funcionamiento de los sistemas de contención, y porque además puede ocasionar lesiones o fallecimientos de los ocupantes de los vehículos en caso de accidentes. Por este motivo, la existencia de este tipo de terminal se debe incluir como una deficiencia.

En caso de que exista algún obstáculo en el margen del acceso (por ejemplo: árboles, postes del tendido eléctrico, drenajes, laderas, cunetas, rocas, taludes), que pueda significar un peligro para los usuarios, se debe indicar en las observaciones de la inspección. En el caso que existan elementos del sistema de contención que requieran reemplazo o haya elementos faltantes, el inspector debe medir la longitud de la barrera en planta que requiere su reemplazo o sustitución.

Tabla B.14. Aspectos por evaluar en los sistemas de contención vehicular de los accesos.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Sistema de contención faltante	Los elementos del sistema de contención están completos y en buen estado en ambos accesos.	Se observan varios elementos dañados, pero el sistema de contención está completo.	▪Falta entre el 10% y 25% del sistema de contención del puente. ▪Ver Figura B.7 para estimar el porcentaje de sistema de contención faltante.	▪Falta más del 25% del sistema de contención. ▪Ver Figura B.7 para estimar el porcentaje del sistema de contención faltante.

Tabla B.14. Aspectos por evaluar en los sistemas de contención vehicular de los accesos.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Deformación del sistema de contención	No se observan elementos deformados.	Se observa distorsión en alguno de los elementos del sistema de contención que aún permite contener los vehículos para evitar que salgan de la vía, pero podría no cumplir con el nivel de contención para el que fue diseñado.	La barrera tiene una deformación que puede afectar la capacidad de contener vehículos que salgan de la vía de acceso al puente.	Los elementos de la barrera están deformados o fracturados. La deformación hace que la barrera evidentemente no sea capaz de contener un vehículo y evitar que salga de la vía.
Conexiones del sistema de contención	Las conexiones de los elementos del sistema de contención están funcionando adecuadamente.	Se observan conexiones flojas, pero están en funcionamiento.	Se observan conexiones agrietadas o que han perdido pernos.	La conexión entre elementos del sistema de contención ha fallado o la falla es inminente.
Anclaje y terminales de las barreras	El sistema corresponde a un sistema certificado que ha sido instalado de acuerdo con las especificaciones del fabricante.	Algunos elementos del sistema de contención no están anclados en el terreno y requieren reparación.	▪Se observan terminales bruscas o tipo “cola de pez”. ▪Gran parte de los elementos del sistema de contención no están anclados y requieren ser reemplazados. ▪Los sistemas de contención del acceso no tienen una transición adecuada a las barreras del puente o no existe del todo.	Los elementos del sistema de contención están significativamente dañados, no cuentan con un anclaje adecuado o están incompletos, por lo cual no cumplen su función y deben ser reemplazados.

En la Figura B.43 se muestran algunos ejemplos de deterioros en el sistema de contención vehicular de los accesos.





SEVERIDAD 1: Ejemplos de terminales adecuadas para sistemas de contención flexibles (izquierda) y rígido (derecha) [15].



SEVERIDAD 2: Elementos de la barrera de contención vehicular ligeramente deformados (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Terminal tipo “cola de pez” inadecuado y debe ser reemplazado [15].



SEVERIDAD 4: El sistema de contención ha fallado y no cumple su función (LanammeUCR).

Figura B.43. Ejemplos de deficiencias en el sistema de contención vehicular de los accesos.

B.4.3.2 Sistemas de contención vehicular del puente

Los sistemas de contención vehicular del puente, también llamados pretiles de puentes [17] son los elementos que impiden la caída de los vehículos, peatones o ciclistas que transitan por el puente. No se deben de confundir con los sistemas de contención de los accesos, los cuales se evalúan de acuerdo con el Inciso B.4.3.1 del MP-2024 Tomo I. Para que el sistema de contención cumpla su función de proteger a los usuarios, debe estar acorde con la velocidad de circulación de la ruta, así como al tipo y cantidad de vehículos que circulan por la vía. Generalmente los sistemas de contención del puente son colocados a ambos lados y, por lo tanto, las deficiencias indicadas en la inspección deben comprender la evaluación de ambos lados.

Los elementos del sistema de contención pueden ser metálicos, de concreto reforzado, concreto presforzado o mampostería, y la evaluación de la severidad se debe realizar utilizando las tablas de deficiencias por material dependiendo del material del que estén construidas. En caso de sistemas de contención construidos con dos o más materiales (por ejemplo, muro de concreto reforzado y barandas metálicas), se debe evaluar cada material por separado. Adicionalmente a la inspección de las deficiencias por material, para los sistemas de contención vehicular sobre los puentes se deben evaluar los aspectos indicados en la Tabla B.15.

Tabla B.15. Aspectos por evaluar en los sistemas de contención vehicular en los puentes.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Sistema de contención vehicular faltante	El sistema de contención vehicular del puente está completo.	Se observan varios elementos del sistema de contención dañados o el faltante en menor al 10%.	Falta entre el 10% y 25 % del sistema de contención vehicular del puente (ver Figura B.7 para estimar el porcentaje).	Falta más de 25% del sistema de contención vehicular del puente. (ver Figura B.7 para estimar el porcentaje).
Deformación	No se observan elementos deformados.	Se observa distorsión en los elementos del sistema de contención vehicular o están ligeramente desalineados.	Los elementos del sistema de contención están desalineados o tienen una deformación que requiere ser reparada.	Los elementos del sistema de contención están deformados, severamente desalineados o fracturados.

Tabla B.15. Aspectos por evaluar en los sistemas de contención vehicular en los puentes.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Conexiones y anclajes	Las conexiones y los anclajes del sistema de contención vehicular del puente están funcionando adecuadamente.	Se observan pernos flojos, pero las conexiones están en funcionamiento.	Se observan pernos faltantes en las conexiones o existen soldaduras agrietadas.	Las conexiones o los anclajes del sistema de contención vehicular han fallado o la falla es inminente.

En la Figura B.44 se muestran ejemplos del deterioro sistemas de contención faltantes.



SEVERIDAD 1: Sistema de contención vehicular completo y en buen estado de conservación (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Existen elementos faltantes del sistema de contención vehicular, pero es menor al 10% del sistema de contención del puente (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Falta entre 10% y 25% de la barrera vehicular (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Falta más del 25% de la barrera vehicular (LanammeUCR).

Figura B.44. Ejemplos de la condición para el caso de elementos del sistema de contención faltantes.

B.4.3.3 Barandas y pasarelas peatonales

Las barandas o barreras peatonales [30009] generalmente son construidas con elementos livianos y no son consideradas un sistema de contención vehicular, porque no tienen capacidad para redirigir o contener vehículos errantes. Su propósito es guiar a los peatones y evitar que crucen en zonas de mayor riesgo. Las barandas para separar flujos vehiculares y peatonales son requeridas cuando la velocidad de circulación es mayor a 70 km/h de acuerdo con el Artículo 13.4 del "*AASHTO LRFD Bridge Design Specifications"* [18]. Según el Artículo 13.8 del mismo manual, las barandas peatonales deben tener una altura mayor a 1,0 m medida desde la acera.

En los puentes donde haya barandas que separan el flujo de peatones del flujo vehicular, se deben evaluar las barandas peatonales utilizando la Tabla B.15 y la tabla de deterioros correspondiente al material en el que estén construidas. Las barandas peatonales pueden construirse de diferentes materiales: acero, concreto, madera, mampostería y otros para los materiales que no sean los mencionados.

El elemento acera o pasarela peatonal [30005] aplica cuando existe una estructura independiente del puente para el paso de peatones. Este elemento se evalúa utilizando las tablas aplicables para el material del cual esté construida la pasarela.

B.4.3.4 Señalización y demarcación

La señalización comprende la demarcación vial horizontal y la señalización vial vertical sobre el puente y en los accesos al mismo. La evaluación de la señalización en puentes se debe realizar de acuerdo con la Tabla B.16.

La evaluación de la demarcación horizontal incluye la existencia y condición de:

- líneas de borde
- línea centro
- líneas de carril
- captaluces
- otras demarcaciones (flechas, símbolos, indicaciones de velocidad máxima permitida).

En la evaluación de la señalización vertical se incluye la existencia de las señales viales y su condición. Debido a la importancia que tienen la señalización de la altura máxima [3000604] y la señalización de carga [3000603] en los puentes que se requiere, se incluyen en el formulario de inspección de la seguridad vial (IR-SV-02) como aspectos a evaluar independientes (ver Sección B.5 del MP-2024 Tomo I). El inspector debe verificar la altura máxima permitida corresponda con la indicada en ambos accesos al puente. En el caso que no

se requiera la indicación de la altura máxima (puentes sin restricción de altura) o la carga permitida, el inspector debe indicar en el formulario NA (siglas para “no aplica”). El proceso para el establecimiento de la restricción de carga se encuentra en el Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I.

Tabla B.16. Aspectos por evaluar para determinar la condición de la señalización y demarcación.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Demarcación horizontal	▪ La demarcación horizontal está en buen estado. ▪ Todos los captaluces están en buen estado.	▪ La demarcación se encuentra borrosa. ▪ Los captaluces están dañados o falta menos de la mitad de captaluces.	▪ La demarcación está en muy mal estado. ▪ Los captaluces están dañados o falta más de la mitad de los captaluces.	No hay demarcación vial y no hay captaluces
Señalización de carga	Para el puente se tiene una restricción de carga y está claramente indicada en ambos accesos. Además, existen elementos como marcos de acero o concreto reforzado, por ejemplo, que impiden el paso de vehículos pesados.	▪ La restricción de la carga está indicada pero las señales están borrosas. ▪ La restricción está indicada únicamente en un acceso.	▪ Las señales de carga máxima permitida están en mal estado y es necesario reemplazarlas. ▪ Existen obstáculos que dificultan la visibilidad de las señales.	No existe una indicación de la carga máxima permitida y se conoce que es necesaria.
Señalización de altura máxima	▪ La altura máxima está indicada en ambos accesos. ▪ Se verificó la altura máxima y coincide con la indicada.	Existe la indicación de altura máxima y coincide con la medida, pero sólo está indicada en uno de los accesos.	Existe la indicación de la altura máxima pero la altura medida en sitio es menor a la indicada. Debe actualizarse la altura indicada o implementar medidas correctivas para asegurar que la altura máxima disponible es la indicada.	▪ No existe indicación de la altura máxima permitida bajo el puente y se requiere. ▪ Se observan elementos impactados.

Tabla B.16. Aspectos por evaluar para determinar la condición de la señalización y demarcación.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Señalización vertical	Las señales colocadas cerca del puente están en buen estado (letras legibles y colores claramente definidos).	▪ Las señales verticales presentan desgaste, están dañadas, rayadas o están ligeramente deformadas. ▪ La señal vertical está borrosa. ▪ Existen obstáculos que dificultan la visibilidad de las señales. ▪ Falta la señal indicando el nombre del puente.	Las señales están en mal estado y es necesario reemplazarlas.	No hay señalización vertical en el puente y se requiere por alguna de las siguientes razones: - es un puente angosto, - existe una restricción de altura o de ancho, - es un puente de un carril o - existe una restricción de carga. - Existe diferencia en el número de carriles de la vía y del puente.

En la Figura B.45 se muestran ejemplos para evaluar la condición de la demarcación horizontal vial y en la Figura B.46 muestran ejemplos de la condición de las señales verticales viales.



SEVERIDAD 1: La demarcación está en buen estado [17].



SEVERIDAD 2: La demarcación está deteriorada [17].



SEVERIDAD 3: La demarcación está en mal estado [17].



SEVERIDAD 4: Se han perdido los captaluces y la condición de la demarcación hace que prácticamente sea inexistente (LanammeUCR).

Figura B.45. Ejemplos de condición de la demarcación vial horizontal.



SEVERIDAD 1: Señal en buen estado [17].



SEVERIDAD 2: La señal vertical está borrosa [17].



SEVERIDAD 3: La señal está en mal estado y es necesario reemplazarla [17].



SEVERIDAD 4: Ausencia de indicación de la altura máxima en un puente que existe restricción de altura (LanammeUCR).

Figura B.46. Ejemplos de condición de las señales verticales.

B.4.3.5 Aceras y pasarelas peatonales

Las aceras son necesarias para el paso seguro de los peatones sobre el puente (elemento [30005]) o bajo un paso a desnivel (elemento [30010]), cuando existe tránsito de peatones en las inmediaciones del puente. En el caso en el que la acera para el paso de los peatones está en una estructura independiente, se debe evaluar como una pasarela peatonal y se debe considerar el material del que esté construida la estructura.

La evaluación de la condición de las aceras incluida en este manual para efectos de la *Inspección rutinaria* del puente busca identificar acciones requeridas que pueden realizarse en conjunto con las acciones de conservación del puente. La información detallada de los requisitos que deben de cumplir las aceras deberá estar acorde con la normativa técnica vigente y las buenas prácticas de la ingeniería en movilidad y seguridad vial, donde se incluyen las leyes y normas aplicables para la construcción de las aceras, así como los requisitos mínimos exigidos. También se incluye la metodología para realizar una evaluación detallada de la condición de las aceras. Asimismo, en [19] se presenta una guía para realizar el inventario y evaluación de aceras.

Las aceras deben evaluarse de acuerdo con el material en el que están construidas, siendo el concreto, el acero y la madera los materiales más utilizados.

Adicionalmente a la evaluación del material, para que la condición de las aceras sea considerada buena (Severidad 1), la acera debe cumplir con las siguientes condiciones:

a. Tener un ancho mayor a 1,20 m libres (recomendable igual o mayor a 1,50 m).

b. Debe contar con accesos en los extremos que cumplen con los requisitos de la norma INTE W4:2018 [20].

c. La superficie de las aceras debe ser regular (no existen irregularidades que dificulten el paso o signifiquen un peligro para los usuarios).

d. Las aceras deben contar con drenajes adecuados para que no se acumule agua en la superficie que puede significar un riesgo para los usuarios.

Si no se cumplen las condiciones anteriores se debe asignar una severidad de 2 o superior, según corresponda.

En la Tabla B.17 se indica la condición que debe incluir el inspector en el formulario de inspección según el cumplimiento de los requisitos requeridos para las aceras y en la Figura B.47 se muestran ejemplos de la condición de las aceras.

Tabla B.17. Aspectos por evaluar para determinar la condición de las aceras de los puentes.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Condición general	▪ Existen aceras que cumplen con los requisitos del ancho recomendado, sistema de contención, accesos y condición de las superficies. ▪ Las aceras tienen losetas para no videntes.	Las aceras cumplen con los requisitos de ancho y de los accesos, pero la superficie presenta daños menores. Se consideran daños menores si no afectan el tránsito de los peatones o de las sillas de ruedas.	▪ Las condiciones de la superficie dificultan el paso de los peatones o de las sillas de ruedas. ▪ El ancho es inferior al requerido.	No existen aceras y se observa el paso constante de peatones.
Drenaje	No se observa acumulación de agua o sedimentos en la superficie que indiquen problemas de drenaje.	Se observa acumulación de agua o de sedimentos con un radio menor a 100 mm [19].	Se observan áreas con agua acumulada o de sedimentos con un diámetro entre 100 mm y 300 mm que afecta levemente la circulación de los usuarios [19].	Se observa un área con acumulación de agua o de sedimentos con un diámetro mayor a 300 mm [19].
Asentamiento [7] **y** [19]	No se observan asentamientos o escalonamiento en las aceras.	Existen asentamientos o escalonamientos menores a 25 mm.	Se observan asentamientos o escalonamientos entre 25 mm y 50 mm.	Los asentamientos o escalonamientos son mayores a 50 mm.



SEVERIDAD 1: Acera en buen estado, con el ancho requerido y un sistema de contención rígido que protege a los peatones (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Acera que cumple con los requisitos geométricos pero se observan daños leves en la superficie (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: La superficie de la acera es irregular y puede dificultar la circulación de peatones y sillas de ruedas [1].



SEVERIDAD 4: No existen aceras o paso peatonal independiente (LanammeUCR).

Figura B.47. Ejemplos de condición de aceras.

B.4.3.6 Iluminación

La iluminación mejora la visibilidad de los usuarios, para lo cual se deberá aplicar lo establecido en la normativa técnica vigente y las buenas prácticas de la ingeniería en materia de movilidad y seguridad vial.

En caso de que exista, la evaluación de la iluminación para efectos de la *Inspección rutinaria* del puente se refiere a la condición de las luminarias, así como la intensidad y si la iluminación cubre la totalidad del puente o sólo está parcialmente iluminado. Para la evaluación de la iluminación el inspector debe referirse a la Tabla B.18. Para realizar esta evaluación del funcionamiento de las luminarias se requiere realizar una inspección nocturna en caso de ser posible.

Tabla B.18. Evaluación de la iluminación en un puente.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Postes y luminarias	Existe en el puente o en los accesos iluminación y todos los postes y luminarias están en buen estado.	Se observan deterioros menores en los postes y luminarias y se recomienda acciones de mantenimiento.	▪ Se requiere reemplazar algunos postes o luminarias. ▪ La iluminación sobre el puente es deficiente.	▪ Los postes y luminarias están deteriorados y no funcionan. ▪ Se requiere el reemplazo de los postes y luminarias.

B.4.3.7 Infraestructura ciclista

La infraestructura ciclista (elemento del inventario [30004]), se refiere al conjunto de obras destinadas a favorecer la circulación en bicicleta. La norma nacional INTE W42:2019 denominada *Requisitos de infraestructura ciclista* [21] establece las características que deben cumplir estos elementos y los criterios para seleccionar el tipo de infraestructura requerida. Para determinar el tipo de infraestructura ciclista apropiada (vía compartida, ciclocarril o ciclovía), se debe analizar la velocidad de operación de los vehículos y el tránsito promedio diario (TPD por sus siglas). Los ciclocarriles y las ciclovías se diferencian entre sí en que el primero está indicado mediante demarcación vial únicamente, mientras que en las ciclovías existe una segregación física. Para más información respecto a las características de la infraestructura ciclista referirse a [21] y a la normativa técnica vigente, así como, a las buenas prácticas de la ingeniería en materia de movilidad y seguridad vial. Las ciclovías se

recomiendan en las vías con una velocidad de operación mayor de 50 km/h, y cuando la velocidad de operación es mayor de 70 km/h se requieren sistemas de contención vehicular para proteger a los ciclistas y debería existir infraestructura ciclista en la margen.

En los puentes donde exista una ciclovía o un ciclocarril que pase sobre el puente, se indicará la Severidad 1 si cumple los siguientes requisitos:

a. La ciclovía o ciclocarril tiene un ancho mínimo de 1,6 m si es unidireccional o 2,6 m si es bidireccional.

b. La ciclovía o ciclocarril tiene accesos en los extremos del puente en buen estado.

c. La superficie de ruedo es uniforme.

Si no se cumple alguno de los requisitos anteriores se debe asignar una Severidad 2 o superior.

En la Tabla B.19 se presenta una guía para la evaluación de la condición de la infraestructura ciclista de acuerdo con los requisitos presentados. En la Figura B.48 se muestran algunos ejemplos de infraestructura ciclista que pueden servir de referencia para el inspector.

Tabla B.19. Referencia para evaluar la condición de la infraestructura ciclista.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Estado de la infraestructura ciclista	La infraestructura ciclista cumple con todos los requisitos indicados: ▪ el ancho es igual o mayor al ancho recomendado, ▪ los accesos están en buen estado. ▪ la superficie de ruedo es uniforme, no existen obstáculos para los ciclistas.	Existe infraestructura ciclista, pero el ancho es inferior al recomendado o se observa deterioro leve en la superficie.	La infraestructura ciclista requiere reparación.	No existe infraestructura ciclista y existe un tráfico constante de ciclistas en la vía y la velocidad de operación de la vía es mayor a 50 km/h.



SEVERIDAD 1: Ejemplo de paso de ciclovía sobre un puente (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Ciclovía con deterioro leve en la superficie de ruedo (desgaste) (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Ciclovía deficiente debido al avanzado deterioro y falta de mantenimiento [22].



SEVERIDAD 4: No existe ciclovía o ciclocarril o estructura independiente para el tránsito de ciclistas y se observa paso constante de ciclistas y la velocidad de la vía es mayor a 50 km/h (LanammeUCR).

Figura B.48. Ejemplos de condición de infraestructura ciclista.

B.4.3.8 Bordillos y medianeras

Los bordillos deben evaluarse de acuerdo con el material del que estén construidos. En los puentes donde existan bordillos, se requiere medir la altura libre efectiva para verificar que no excede los 100 mm en carreteras con una velocidad de circulación mayor a 65 km/h. Los bordillos con alturas mayores pueden provocar que los vehículos sobrepasen el sistema de contención vehicular en caso de un accidente.

La medianera es la sección que divide los sentidos de circulación en carreteras divididas [23]. Dependiendo del material del que esté construida la medianera se presentarán diferentes deterioros, pero además se debe evaluar la limpieza. Las medianeras generalmente se construyen de concreto o se dejan con el terreno natural. En la Tabla B.20 se indican los aspectos adicionales para la evaluación de los bordillos y medianeras. En los casos en que exista una barrera en la medianera, se deberá evaluar la condición de la barrera según los requisitos del Inciso B.4.3.1 del MP-2024 Tomo I.

Tabla B.20. Deficiencias por evaluar en los bordillos y las medianeras (basado en [6])

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Altura del bordillo	Los bordillos están en buen estado y tienen una altura que no excede los 100 mm.	▪ Los bordillos presentan deterioro leve del material. ▪ La altura del bordillo es menor a 100 mm.	▪ Se requiere dar mantenimiento a los bordillos. ▪ La altura del bordillo es menor de 100 mm.	▪ Los bordillos están deteriorados. ▪ Los bordillos tienen una altura mayor a 100 mm y la carretera tiene una velocidad de circulación mayor a 65 km/h
Limpieza	▪ La medianera se encuentra libre de desechos y maleza. ▪ En caso de que existan drenajes, están en buen estado y funcionando.	▪ Se observa acumulación de desechos en la medianera. ▪ Se requiere dar mantenimiento a los drenajes.	▪ Se observa maleza o desechos en la medianera. ▪ Existe acumulación de agua en la medianera.	▪ Los drenajes están obstruidos. ▪ Se requiere limpieza inmediata.

B.4.4 Accesos

Los accesos de aproximación corresponden a las secciones de la carretera a ambos lados del puente; para la *Inspección rutinaria* se incluye en la evaluación de los accesos: los rellenos de aproximación, las protecciones de los rellenos de aproximación, las losas de aproximación si existen y la superficie de desgaste sobre los accesos. También se debe evaluar el sistema de drenaje de los accesos. Además, se evalúa el alineamiento del puente respecto a la carretera. Se debe llenar un formulario de inspección por cada acceso (ver Sección B.5 del MP-2024 Tomo I).

La evaluación de la condición de los elementos de seguridad vial en el acceso debe realizarse de acuerdo con el Apartado B.4.3 del MP-2024 Tomo I y se incluye en el formulario IR-SV-01 (ver Sección B.5 del MP-2024 Tomo I).

B.4.4.1 Alineamiento del acceso

La evaluación del alineamiento del acceso respecto al puente para efectos de la *Inspección rutinaria* de puentes utiliza los criterios indicados en la Tabla B.21 y es una evaluación cualitativa. La evaluación cuantitativa de la consistencia geométrica, curvas y medidas para mejorar las propiedades geométricas de una vía se deberá realizar conforme a la normativa técnica vigente y a las buenas prácticas de la ingeniería en materia de movilidad y seguridad vial.

La evaluación de la relación entre el alineamiento general de la carretera y el alineamiento del puente se basa en la valoración de la reducción de la velocidad que deben realizar los conductores, pero se debe considerar solo la reducción de la velocidad por el alineamiento, no las reducciones debidas a la reducción del ancho del puente. El inspector debe también observar si existen en el pavimento marcas de frenado o derrape en el acceso, ya que en curvas en las cuales existe estas marcas son evidencia de accidentes o que la operación del tráfico no es el correcto.

Tabla B.21. Evaluación del alineamiento del acceso respecto al puente.

Aspecto por evaluar	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Alineamiento del acceso respecto al puente	Los usuarios no requieren disminuir la velocidad para utilizar el puente. La velocidad de operación es igual a la del tramo de carretera.	Los conductores reducen levemente la velocidad para ingresar al puente.	Los conductores deben reducir significativamente la velocidad para ingresar al puente.	▪ Se debe valorar un cambio de alineamiento en los accesos. ▪ Existe evidencia que el alineamiento ha sido la causa de

Tabla B.21. Evaluación del alineamiento del acceso respecto al puente.

Aspecto por evaluar	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
				accidentes.

B.4.4.2 Rellenos de aproximación

Para la evaluación de la condición de los rellenos de aproximación se debe utilizar la Tabla B.22. Los aspectos por evaluar en los rellenos de aproximación son la condición de los rellenos, en términos de la pérdida del relleno o asentamiento de éste, y si existen diferencias de elevación entre el acceso y el puente. La diferencia de elevación entre el acceso y el puente afecta el tránsito porque los vehículos deben reducir la velocidad y puede ser riesgoso para los usuarios. La pérdida del relleno se debe evaluar porque puede ocasionar la pérdida del acceso al puente. La Figura B.49 muestra ejemplos de diferencia de elevación entre el acceso y el puente.

Tabla B.22. Deficiencias por evaluar en los rellenos de aproximación (basado en [9] y [6])

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Asentamiento o pérdida de relleno en los accesos	No se observa asentamiento del relleno.	Pérdida leve del relleno o asentamiento leve.	Existe una pérdida significativa del relleno o se observa asentamiento del relleno.	Pérdida del relleno o asentamiento severos. Puede ser un riesgo para el tráfico.
Transición entre acceso y puente	La transición entre el acceso y el puente es suave.	La diferencia de elevación entre el nivel de la superficie de ruedo en el acceso y el puente está entre 10 mm y 20 mm.	▪ La diferencia de elevación entre el nivel de la superficie de ruedo en el acceso y el puente está entre 20 mm y 30 mm. ▪ Al paso de vehículos se escucha un sonido de impacto leve de las llantas.	▪ La diferencia de elevación entre el nivel de la superficie de ruedo del acceso y el puente es mayor a 30 mm. ▪ Al paso de vehículos se escucha un sonido de impacto fuerte de las llantas.



SEVERIDAD 1: Ejemplo de una transición suave entre el acceso y la cubierta del puente (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Leve diferencia de elevación entre el acceso y el puente (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Ejemplo de desnivel entre el acceso y el puente [6].



SEVERIDAD 4: La diferencia de elevación entre el acceso y el puente es apreciable (LanammeUCR).

Figura B.49. Ejemplos de la condición de los rellenos de aproximación según la condición de la transición entre el acceso y el puente.

B.4.4.3 Sistema de drenaje de los accesos

La evaluación del sistema de drenaje de los accesos debe realizarse de acuerdo con la Tabla B.23. La ausencia o falla del sistema de drenaje puede ocasionar la pérdida parcial o total de los accesos y consecuentemente la interrupción de la vía.

Tabla B.23. Deficiencias por evaluar el sistema de drenaje de los accesos (basado en [7])

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Erosión	No se observa erosión en los accesos.	Se observa erosión menor ocasionada por deficiencias en el sistema de drenaje de los accesos.	Las deficiencias en el sistema de drenaje han provocado erosión significativa de los taludes.	La falla del sistema de drenaje ha producido erosión severa de los taludes.
Estancamiento de agua	No se observa estancamiento del agua.	Se observa estancamiento moderado de agua en los accesos.	Se observa estancamiento significativo de agua en los accesos.	El estancamiento de agua existente puede significar un peligro para los usuarios porque se puede producir hidroplaneo.
Condición y funcionamiento del sistema de drenaje	El sistema de drenaje está en buena condición y funciona de la forma prevista.	El sistema de drenaje presenta algunos deterioros menores, pero funciona adecuadamente.	▪ El sistema de drenaje presenta daños moderados o no está funcionando adecuadamente. ▪ El sistema de drenaje está obstruido. ▪ Los problemas de drenaje han favorecido el deterioro del puente.	▪ El sistema de drenaje presenta daños severos y requiere ser reparado. ▪ La falla del sistema de drenaje ha producido daños importantes en los elementos del puente. ▪ No hay sistema de drenaje y es necesario.

En la Figura B.50 se muestran algunos ejemplos de la condición de los drenajes en los accesos a los puentes.



SEVERIDAD 1: Ejemplo de drenajes en los accesos en funcionamiento (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Sistema de drenaje que requiere mantenimiento (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Sistema de drenaje inadecuado que descarga directamente sobre el aletón y requiere intervención (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Acumulación de agua y sedimentos debido a la ausencia de drenajes en los accesos (LanammeUCR).

Figura B.50. Ejemplos de condición de drenajes en los accesos.

B.4.4.4 Obras de retención no integrales

Las obras de retención no integrales son los elementos que confinan el relleno de los accesos y generalmente consistirán en muros de retención. La evaluación de los muros de retención no integrales se debe hacer según el material del que están construidos utilizando las tablas de deterioros por material. Adicionalmente, se debe evaluar si existe volcamiento de los muros de retención de acuerdo con lo establecido en la Tabla B.24. Los límites tolerables para el volcamiento deben ser establecidos por el responsable de la gestión de los puentes.

En la Tabla B.24 se incluye además la evaluación de los muros de gaviones, los cuales son un sistema de muros de retención no integrales ampliamente utilizado en Costa Rica.

Tabla B.24. Deficiencias por evaluar en muros de retención no integrales.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Asentamiento o volcamiento de muros de retención no integrales	No se observa asentamiento o volcamiento.	Se observa asentamiento o volcamiento leve dentro de los límites aceptables.	El asentamiento o volcamiento excede los límites tolerables.	La estabilidad o el funcionamiento de los muros de retención han sido afectados por el asentamiento o volcamiento.
Estado de los gaviones [24]	Los gaviones no presentan deficiencias.	Los gaviones presentan una pérdida pequeña de rocas o pocos alambres fracturados.	Los gaviones están distorsionados, se observan algunos alambres fracturados o corroídos y la pérdida del material de relleno de los gaviones es moderada.	Se observa una pérdida sustancial del material de relleno, los alambres presentan corrosión o hay muchos alambres fracturados.

B.4.4.5 Losas de aproximación

Las losas de aproximación pueden estar construidas de concreto reforzado o concreto presforzado y deben evaluarse por material y de acuerdo con la Tabla B.25. Para su evaluación se deben considerar los deterioros por material de las secciones B.3.2 y B.3.3 cuando las losas de aproximación no estén cubiertas por una superficie de desgaste. En los casos en los que las losas de aproximación están cubiertas por una superficie de desgaste, la evaluación de la condición se realiza según el Inciso B.4.4.6 del MP-2024 Tomo I.

Tabla B.25. Deficiencias por evaluar en las losas de aproximación (basado en [7]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Reparaciones	No se observan reparaciones.	Se observan reparaciones permanentes en buen estado.	Se observan reparaciones temporales o reparaciones deterioradas.	Existen reparaciones inadecuadas o que no están funcionando.
Asentamiento o pérdida de soporte	No se observa asentamiento o pérdida de soporte de lo losa.	Existe asentamiento o pérdida de soporte leve de la losa.	Se observa asentamiento o pérdida de soporte significativo de la losa, de forma que el paso de los vehículos producirá impacto sobre el puente.	Existe una pérdida de soporte o asentamiento severo y puede significar un peligro para el tráfico.

B.4.4.6 Superficies de desgaste de los accesos

La superficie de desgaste o ruedo de los accesos es la capa de desgaste colocada sobre las losas de aproximación o sobre el relleno de aproximación. Se utilizan diferentes materiales en las superficies de ruedo de los accesos, siendo el concreto asfáltico y el concreto hidráulico los materiales más utilizados.

Los defectos indicados en la Tabla B.26 están asociados a superficies de ruedo de concreto asfáltico o flexible. Se debe utilizar la Tabla B.5 para superficies de ruedo de concreto. En el caso de superficies de ruedo de grava se debe utilizar la Tabla B.27.

Para más información, incluyendo fotografías de referencia, respecto a los deterioros en pavimentos, se recomienda consultar el *Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica_MAV-2016* [25].

Tabla B.26. Deficiencias por evaluar en la superficie de desgaste (ruedo) de los accesos de concreto asfáltico (basado en [26], [25] y [6]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4

Tabla B.26. Deficiencias por evaluar en la superficie de desgaste (ruedo) de los accesos de concreto asfáltico (basado en [26], [25] y [6]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Ondulaciones	No se observan ondulaciones.	La profundidad de las ondulaciones es mayor a 20 mm y menor a 40 mm.	La profundidad de la ondulación es mayor a 40 mm.	Es necesario detener el vehículo para esquivar la ondulación.
Surcos	No se observan surcos.	La profundidad de los surcos es mayor a 20 mm y menor a 40 mm.	La profundidad de los surcos es mayor a 40 mm.	Es necesario detener el vehículo para esquivar los surcos.
Abultamientos y hundimientos	No hay evidencia a simple vista de abultamientos o hundimientos.	Se observa una deformación vertical entre 3 mm y 50 mm.	Se observa una deformación vertical entre 50 mm y 100 mm.	Existe una deformación vertical mayor a 100 mm.
Grietas	No se observan grietas.	El ancho de la grieta está entre 6 mm y 20 mm.	Se observan grietas en red.	Se observan grietas en red y desprendimientos de material.
Baches	No se observan baches.	La profundidad del bache es mayor a 20 mm y menor a 50 mm.	▪ La profundidad del bache es mayor a 50 mm. ▪ El bache está moderadamente deteriorado y afecta la calidad de ruedo.	Es necesario detener el vehículo para esquivar el bache.
Huecos	No se observan huecos en la superficie de ruedo.	▪ El diámetro promedio del hueco es mayor a 100 mm, pero menor a 450 mm. ▪ La profundidad es menor a 50 mm.	▪ El diámetro promedio del hueco es mayor que 100 mm, pero menor a 750 mm. ▪ La profundidad es mayor a 50 mm.	El hueco tiene una profundidad mayor a 50 mm y un diámetro mayor a 750 mm.

Tabla B.26. Deficiencias por evaluar en la superficie de desgaste (ruedo) de los accesos de concreto asfáltico (basado en [26], [25] y [6]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Sobrecapas	No se observan sobrecapas de concreto asfáltico.	▪ Se observa una sobrecapa de concreto asfáltico adicional a la de diseño. ▪ La sobrecapa adicional tiene un espesor menor a 50 mm.	Se observa una sobrecapa de concreto asfáltico adicional a la de diseño con un espesor mayor de 50 mm pero tiene un espesor menor a 100 mm.	Se observa una sobrecapa adicional a la de diseño con un espesor mayor a 100 mm.

En la Figura B.51 se muestran algunos ejemplos de deterioros en la superficie de ruedo sobre los accesos.



SEVERIDAD 1: Ejemplo de superficie de ruedo en buen estado en los accesos (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Huecos en la superficie de ruedo en el acceso con un diámetro menor a 450 mm (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Hueco con un diámetro entre 100 mm y 750 mm (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Ejemplo de sobrecapas mayor de 100 mm (LanammeUCR),

Figura B.51. Ejemplos de deficiencias en superficie de ruedo de concreto asfáltico.

Tabla B.27. Deficiencias por evaluar en la superficie de ruedo de los accesos de grava (basado en [7]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Estado de la superficie de grava	La superficie de grava se observa uniforme y bien graduada.	▪ Se observan surcos en la carretera. ▪ La superficie está erosionada. ▪ Se observa acumulación de agua.	▪ La superficie es irregular. ▪ La superficie presenta surcos profundos. ▪ Se requiere reparar la superficie de ruedo porque se ha perdido el nivel de rasante en la transición del acceso y el puente.	La superficie de grava está muy deteriorada y puede significar un peligro para el tránsito.

En la Figura B.52 se presentan ejemplos de la condición para superficies de grava en el puente y en los accesos.



SEVERIDAD 1: Superficie de grava uniforme tanto en el acceso como sobre el puente [7].



SEVERIDAD 2: La superfice está erosionada y se observa acumulación de agua sobre el puente y en el acceso [7].



SEVERIDAD 3: Se ha perdido el nivel de rasante en la transición entre el acceso y el puente (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: La superficie está muy deteriorada y requiere intervención [7].

Figura B.52. Ejemplos de condición para superficie de ruedo de grava.

B.4.5 Accesorios

En el componente accesorios se incluye los elementos que no cumplen una función estructural pero que son necesarios para un adecuado desempeño operacional, y pueden incidir directamente en el comportamiento global y la durabilidad de la estructura. Dentro de los elementos que se evalúan en el componente accesorios se incluye: la superficie de ruedo sobre el puente, las juntas de expansión y los drenajes del puente.

B.4.5.1 Superficie de ruedo sobre el puente (Superficie de desgaste)

La superficie de ruedo sobre el puente puede ser de diferentes materiales, siendo las más comunes: superficie de concreto asfáltico, superficie de concreto hidráulico y superficie de grava.

Para la evaluación de la superficie de ruedo de concreto asfáltico se debe utilizar la Tabla B.26.

Se debe utilizar la Tabla B.5 para superficie de ruedo de concreto y en el caso de superficies de ruedo de grava se debe utilizar la Tabla B.27.

Para las superficies de ruedo de acero se debe referir al Apartado B.3.1 y para las superficies de madera al Apartado B.3.4, del MP-2024 Tomo I.

B.4.5.2 Juntas de expansión

Las juntas de expansión se construyen o instalan para permitir los movimientos relativos por expansión o contracción térmica de los elementos estructurales de la superestructura, sin que se produzca agrietamiento de los elementos.

Las deficiencias que se pueden presentar en las juntas de expansión dependen del tipo de junta construida o instalada, pero en todas es importante verificar si están obstruidas y si hay filtraciones de agua a través de éstas. Las obstrucciones impiden el funcionamiento adecuado de las juntas de expansión porque pueden llegar a limitar su movimiento, mientras que las filtraciones favorecen el deterioro de los elementos de la superestructura y principalmente de los apoyos y subestructura que se encuentran ubicados debajo de ellas. También se debe verificar si la junta interrumpe el tránsito o afecta la calidad del ruedo sobre la vía. Los aspectos por evaluar en las juntas de expansión se indican en la Tabla B.28.

El inspector debe reportar y medir si existe desalineamiento vertical u horizontal de las juntas, si presentan aberturas importantes o si están cerradas ajustadamente. Este tipo de deficiencias pueden ser indicativos de problemas estructurales importantes como movimientos de los elementos de la subestructura. En caso de observarse alguno de estas deficiencias,

debe indicarse en la sección de observaciones de la inspección (ver Sección B.5 del MP-2024 Tomo I).

Tabla B.28. Deficiencias por evaluar en juntas de expansión (basado en [1] y [26]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Filtración de agua	No hay filtración de agua a través de las juntas de expansión.	Se observan filtraciones de agua en pocos elementos de la subestructura (menos del 15% de los elementos).	Se observan filtraciones en más del 15% y en menos del 50% de los elementos ubicados bajo la junta o de la longitud del bastión o pila.	Se observan filtraciones en más del 50% los elementos bajo la junta o de la longitud del bastión o pila.
Faltante o deformación	La junta está en funcionamiento y no hay deformación de la junta.	Se observan pequeñas deformaciones en la junta.	Se han perdido algunas secciones de la junta.	Los vehículos deben reducir la velocidad para pasar sobre la junta de expansión.
Movimiento vertical	No se observan movimientos de la junta de expansión al paso de vehículos.	Algunas partes de la junta presentan movimientos y se detectan sonidos al paso de los vehículos.	Algunas secciones presentan movimiento considerable y se presentan sonidos fuertes al paso de los vehículos.	Los vehículos deben reducir la velocidad para pasar por la junta de expansión debido al movimiento vertical de la junta o de algún componente.
Obstrucción	Las juntas de expansión no están obstruidas.	La junta está parcialmente obstruida pero aún está en funcionamiento.	Las juntas de expansión están obstruidas.	La junta de expansión está cubierta con sobrecapas de asfalto.
Condición de los componentes de la junta	Todos los componentes de la junta están en funcionamiento y los materiales de todos los	▪ La junta está en funcionamiento, pero se observan deterioros leves en los componentes de	▪ Se observan elementos deformados o fracturados que requieren	▪ Hay componentes deformados o que presentan deterioro avanzado del

Tabla B.28. Deficiencias por evaluar en juntas de expansión (basado en [1] y [26]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
	componentes están en buena condición.	la junta. ▪ No hay signos de deformación o fractura de los componentes.	reemplazo. ▪ El material de los componentes presenta un deterioro moderado.	material. ▪ Se requiere sustituir algún componente. ▪ Se ha perdido algún componente.
Condición del sello	No hay deterioro en el sello o las grietas son apenas visibles.	▪ Se observa agrietamiento superficial en el sello. ▪ El sello está desprendido en algunas partes y se producen filtraciones. ▪ Se recomienda reemplazar el sello.	▪ Falta el sello en varias secciones o está agrietado. ▪ Se requiere reemplazar el sello.	▪ El sello está muy deteriorado y se observan filtraciones a través de la junta. ▪ Se debe reemplazar el sello.

En la Figura B.53 se muestran algunos ejemplos de deterioros en las juntas de expansión.

En la Figura B.54 se presentan ejemplos de condición de la junta según el grado de obstrucción que presenta.

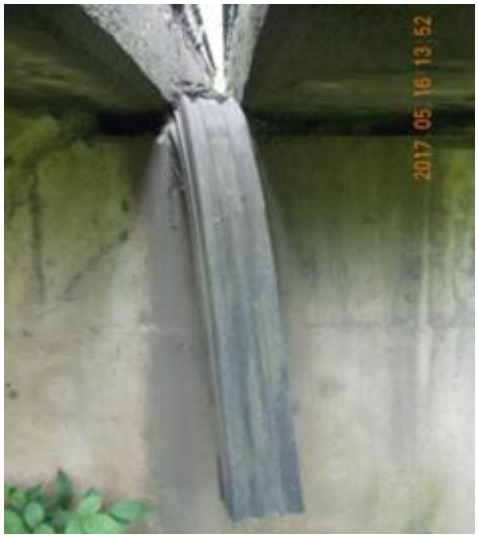
En la Figura B.55 se muestran ejemplos de daños en juntas modulares y en la Figura B.56 se presentan ejemplos para las juntas abiertas.



SEVERIDAD 1: La junta de expansión funciona adecuadamente y no está obstruida (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Se recomienda reemplazar el sello porque está desprendido en algunas partes (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Se requiere reemplazar el sello de la junta de expansión (LanammeUCR).

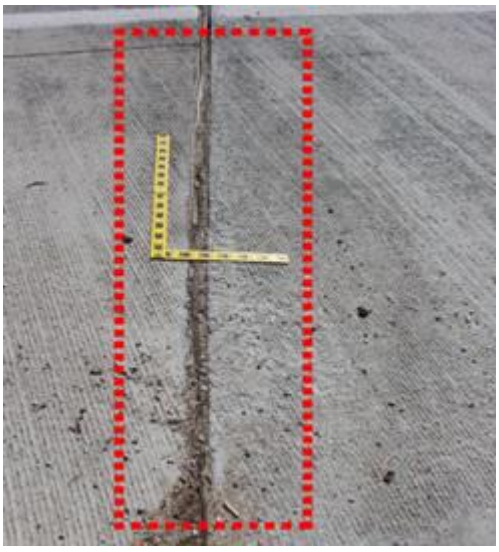


SEVERIDAD 4: Se requiere reemplazar la junta de expansión (LanammeUCR).

Figura B.53. Ejemplos de deficiencias en las juntas de expansión.



SEVERIDAD 1: La junta de expansión no está obstruida (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Junta de expansión parcialmente bloqueada por sedimentos [1].



SEVERIDAD 3: Reparación inadecuada de una junta de expansión y obstrucción de la misma (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: La junta de expansión esta completamente obstruida y no tiene movilidad (LanammeUCR).

Figura B.54. Ejemplos de obstrucción en las juntas de expansión.



SEVERIDAD 1: Junta de expansión con deterioros leves [7].



SEVERIDAD 2: Se observan pequeñas filtraciones y corrosión superficial debajo de la junta modular [7].



SEVERIDAD 3: Se observan elementos deformados que requieren ser reemplazados (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Se ha perdido el soporte de la junta y el sello está desprendido [7].

Figura B.55. Ejemplos de deficiencias en juntas modulares.



SEVERIDAD 1: Junta de expansión en buen estado [24].



SEVERIDAD 2: Se observa que el concreto se ha desprendido en la junta pero el desprendimiento es puntual [7].



SEVERIDAD 3: Existe desprendimiento de concreto en la junta abierta, pero no afecta el funcionamiento ni es un riesgo para los usuarios [7].



SEVERIDAD 4: La junta se ha cerrado y existe desplazamiento lateral [7].

Figura B.56. Ejemplos de deficiencias para juntas abiertas.

B.4.5.3 Sistema de drenajes del puente

Los puentes deben contar con drenajes apropiados para evitar la acumulación de agua sobre el tablero y éste consiste en el sistema de drenaje de entrada [10002] y de salida [10003]. La condición de los drenajes del puente debe evaluarse de acuerdo con la Tabla B.29.

Tabla B.29. Deficiencias por evaluar para determinar la condición de los drenajes de los puentes (basado en [6]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Obstrucciones /acumulación de agua (entrada)	No se observa acumulación de agua, sedimentos u otra obstrucción de los drenajes.	Los drenajes están parcialmente obstruidos, pero no se observa agua estancada.	Se observa estancamiento del agua debido a la obstrucción de los drenajes o porque no existen drenajes.	Existe agua estancada en los carriles de circulación o los drenajes están completamente obstruidos.
Condición del sistema de drenaje del tablero (salida)	▪ El puente cuenta con bajantes en buen estado que cumplen con los requisitos de diseño. ▪ Los bajantes están en funcionamiento y descargan el agua sin afectar los elementos del puente o a los usuarios de la vía.	▪ Los bajantes tienen una extensión menor de 100 mm por debajo de los elementos de la superestructura. ▪ El material de los bajantes presenta únicamente deterioros leves.	▪ Los bajantes vierten el agua directamente sobre elementos del puente provocando su deterioro. El deterioro existente es moderado. ▪ Se observa elementos del sistema de drenaje que han perdido sección transversal pero no se observa filtración de agua.	▪ Los bajantes vierten el agua directamente sobre elementos del puente provocando un deterioro significativo de los elementos del puente. El deterioro significativo es que las deficiencias en el elemento son de severidad 3 o 4. ▪ No hay bajantes. o si hay bajantes tienen pérdida de sección, filtraciones o se ha producido la falla del sistema.

Tabla B.29. Deficiencias por evaluar para determinar la condición de los drenajes de los puentes (basado en [6]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Condición del sistema de drenaje del tablero (entrada)	No se observan daños.	Las rejillas están en funcionamiento o tienen problemas menores.	▪ Alguna de las rejillas está rota pero no representa un peligro para el tráfico vehicular o de peatones. ▪ Las rejillas están parcialmente obstruidas.	▪ Falta alguna rejilla o está rota y puede representar una amenaza para el tráfico vehicular o de peatones. ▪ Las rejillas están completamente obstruidas. ▪ No hay rejillas.

En el caso de puentes que carezcan de sistema de drenaje se debe indicar 100% en Severidad 4 en la condición del sistema de drenaje de (salida y entrada).

En la Figura B.57 y Figura B.58 se muestran ejemplos de deterioros en los sistemas de drenaje del puente.



SEVERIDAD 1: Los drenajes se extienden por debajo de la cara inferior de los elementos de la superestructura y están en funcionamiento (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Los bajantes tienen una longitud menor a la recomendada (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Los drenajes tienen una longitud insuficiente y vierten el agua directamente sobre elementos del puente (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: La ausencia de bajantes hace que el agua descargue directamente sobre los elementos del puente y ha provocado deficiencias significativas (LanammeUCR).

Figura B.57. Ejemplos de condición de los drenajes del tablero del puente (salida).



SEVERIDAD 1: No se observan daños en las rejillas [26].



SEVERIDAD 2: Obstrucción parcial en las rejillas pero están en funcionamiento [16].



SEVERIDAD 3: Rejillas parcialmente obstruidas [11].



SEVERIDAD 4: Rejillas completamente obstruidas (LanammeUCR).

Figura B.58. Ejemplos de condición de los drenajes del tablero del puente (entrada).

B.4.6 Superestructura

Los elementos de las superestructuras deben evaluarse de acuerdo con el material con el que están construidos. Según se indica en la Sección B.3 del MP-2024 Tomo I y recapitulando para referencia del inspector, para los elementos de acero se debe consultar el Apartado B.3.1, para los elementos de concreto reforzado el Apartado B.3.2, para los de concreto presforzado el Apartado B.3.3, las superestructuras de madera deben evaluarse de acuerdo con el Apartado B.3.4, y finalmente las de mampostería según el Apartado B.3.5, del MP-2024 Tomo I.

Se incluyen en esta sección aspectos adicionales que se deben evaluar para los cables de las superestructuras suspendidas (cables principales de puentes atirantados [4120101] y cables para puentes colgantes [4110101] y tirantes [4110102]).

B.4.6.1 Cables de superestructuras suspendidas

Todos los cables principales (elemento [4110101] para colgantes y [4120101] para atirantados) y los tirantes (elemento [4110102]) de las superestructuras suspendidas (puentes colgantes y puentes atirantados) deben evaluarse de acuerdo con la Tabla B.30. Se debe indicar en el formulario de inspección (ver Sección B.5 del MP-2024 Tomo I), la condición correspondiente a los cables que se encuentran en peor condición. Si en la evaluación de los cables se obtiene una calificación de 3 o 4 en los aspectos indicados en la Tabla B.30. es un hallazgo crítico y debe ser reportado inmediatamente siguiendo el procedimiento establecido en la Sección 3.4 del MP-2024 Tomo I.

Tabla B.30. Deficiencias por evaluar en cables principales y tirantes de acero (basado en [7]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Corrosión	No se observa corrosión en los cables.	Se observa corrosión superficial en los cables.	Se observa corrosión localizada y pérdida de sección en los cables.	Se observa una pérdida de sección mayor al 5% de la sección del cable.
Sistemas de sujeción de cables	Los sistemas de sujeción de los cables están intactos.	Los sistemas de sujeción de los cables están flojos.	Los sistemas de sujeción de los cables no funcionan.	No hay sistema de sujeción.

Tabla B.30. Deficiencias por evaluar en cables principales y tirantes de acero (basado en [7]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Vibración	No hay vibración en el cable o la vibración es leve.	Existe vibración ligera o ha sido mitigada.	Se observa vibración moderada.	Existe vibración importante.
Cables dañados (deshilachados, desgastados)	No hay cables dañados.	▪ Se observa desgaste o abrasión de los cables. ▪ Existe una separación leve en los cables o alambres.	▪ Existe abrasión y desgaste activo en los puntos de contacto. ▪ Se observan cables individuales deshilachados. ▪ Existe separación importante entre los cables o alambres.	▪ Existe abrasión o desgaste severo. ▪ Se observan varios alambres deshilachados, cortados o sueltos.
Anclajes de los cables	Se observa deterioro menor en los anclajes.	Se observan daños moderados (no hay evidencia de peligro).	▪ Deterioro significativo. ▪ Hay evidencia de pérdida del anclaje de los cables o deslizamiento de los cables.	▪ Deterioro significativo del anclaje. ▪ Falla del anclaje. ▪ Existe deslizamiento significativo de los cables.

En la Figura B.59 se presentan algunos ejemplos de deficiencias en cables de acero.



SEVERIDAD 1: No se observa daño en los cables [7].



SEVERIDAD 2: Se observa desgaste o abrasión de los cables [7].



SEVERIDAD 3: Se observa corrosión localizada (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Falla del cable debido a la fractura de la placa de anclaje [7].

Figura B.59. Ejemplos de condición de los cables.

B.4.7 Subestructura

Todos los elementos de la subestructura deben evaluarse conforme a los deterioros del material del cual están hechos. Para los elementos de acero se debe consultar el Apartado B.3.1 del MP-2024 Tomo I. Para los elementos de concreto reforzado el Apartado B.3.2 y para los de concreto presforzado el Apartado B.3.3, del MP-2024 Tomo I. Las subestructuras de madera deben evaluarse de acuerdo con el Apartado B.3.4 y las de mampostería según el Apartado B.3.5, del MP-2024 Tomo I.

Los elementos de la subestructura que requieren criterios adicionales para su evaluación son las torres, los apoyos, los elementos que pueden sufrir asentamientos y los aletones.

En el caso de los puentes colgantes y atirantados en los cuales existan torres [50008] se debe realizar la evaluación según el material del cual estén construidas. La información se debe registrar utilizando el formulario IR-SB-02 en la sección de cuerpo de pilas.

Se detallan a continuación las consideraciones especiales para la evaluación de apoyos, los elementos que pueden sufrir asentamientos y los aletones.

B.4.7.1 Apoyos

Se debe evaluar cada uno de los apoyos localizados sobre las pilas y los bastiones. La calificación indicada en el formulario de inspección corresponde a la condición del apoyo o los apoyos que estén en peor condición.

Los apoyos elastoméricos (tipo [5000701]) se evalúan de acuerdo con la Tabla B.31 y en la Figura B.60 se muestran ejemplos de deficiencias en apoyos elastoméricos.

Los apoyos expansivos (rodillos [5000702], balancines [5000703], placas deslizantes [5000708] y aisladores deslizantes [5000713]) se evalúan de acuerdo con la Tabla B.32, y en la Figura B.61 se muestran ejemplos de deficiencias en este tipo de apoyos. Los apoyos clasificados como aisladores elastoméricos [5000712] se evalúan también de acuerdo con la con la Tabla B.32.

Los apoyos fijos de acero ([5000704]) se deben evaluar utilizando la Tabla B.33. En la Figura B.62 se muestran algunos ejemplos de deficiencias en apoyos fijos.

Los apoyos fijos de concreto (tipo [5000705]) y la unión integral a bastión o pila ([5000710]), se evalúan considerando las deficiencias para el concreto del Apartado B.3.2 del MP-2024 Tomo I.

Los apoyos esféricos ([5000709]), de disco ([5000707]) y los apoyos confinados (*“pot bearing”* [5000706]) se deben evaluar según la Tabla B.34, y en la Figura B.63 se muestran algunos ejemplos de deficiencias en este tipo de apoyos.

Los apoyos tipo lámina asfáltica [5000711] y cuando los elementos de la superestructura se apoyan directamente sobre la subestructura se evalúan considerando los aspectos de movimiento, elementos principales y pérdida de soporte incluidos en la Tabla B.32 y se debe agregar un comentario en el formulario IR-CM-01.

Tabla B.31. Deficiencias por evaluar en los apoyos elastoméricos (basado en [7]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Movimiento	No existe limitación al movimiento de los apoyos.	Existe una restricción menor de movimiento.	Los apoyos tienen una restricción de movimiento, pero no se requiere una evaluación estructural.	▪ Se requiere recolocar, reparar o reemplazar los apoyos. ▪ Se requiere una evaluación estructural.
Alineamiento	No se observa desalineamiento de los apoyos.	Se observa desalineamiento ligero de los apoyos.	La deformación de los apoyos se aproxima al límite de diseño (25% de la altura de la almohadilla).	La deformación de los apoyos excede el límite de diseño (25% de la altura de la almohadilla).
Corrosión	No se observa corrosión.	Se observa el inicio de la corrosión (puntos de corrosión).	Existe corrosión localizada.	La pérdida de sección por corrosión afecta el funcionamiento y la capacidad de los apoyos.
Pérdida del área de soporte	No hay pérdida del área de soporte.	Se ha perdido menos del 10% del área de soporte.	Se ha perdido entre un 10% y un 25% del área de soporte.	Se ha perdido más del 25% del área de soporte.
Posición de la almohadilla	La almohadilla está en la posición adecuada.	Se observa que la almohadilla está desplazada, pero el desplazamiento es menor a 10 mm.	El desplazamiento de la almohadilla está entre 10 mm y 50 mm, por lo que se recomienda reacomodar las almohadillas.	Se requiere reacomodar las almohadillas porque están desplazadas más de 50 mm.

Tabla B.31. Deficiencias por evaluar en los apoyos elastoméricos (basado en [7]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Deformación lateral	No se observa deformación lateral.	La deformación lateral es menor a un 15% del espesor del apoyo elastomérico.	La deformación lateral es mayor a un 15% del espesor del apoyo elastomérico.	La deformación de las almohadillas elastoméricas afecta el funcionamiento y la capacidad de los apoyos.
Grietas o desgarre de la almohadilla	No se observan deterioros en la almohadilla elastomérica.	Se observan los bordes de las almohadillas ligeramente deformados.	▪ Existe agrietamiento o desgarre de los apoyos. ▪ Las láminas de acero internas están expuestas. ▪ Existe deformación en los bordes de las almohadillas.	El agrietamiento o deterioro de las almohadillas elastoméricas afecta el funcionamiento y la capacidad de los apoyos.
Condición de las placas, pernos de anclaje, topes *(restraints)*	Las placas, pernos de anclaje y restricciones están colocadas adecuadamente, en funcionamiento y no presentan deterioros.	▪ Los pernos de anclaje están flojos o faltan algunos pernos. ▪ Las placas están ligeramente desalineadas. ▪ Los topes están en funcionamiento.	▪ Los pernos de anclaje están flojos o deformados. ▪ Las placas están desalineadas. ▪ Se observan soldaduras fracturadas. ▪ Los topes no están en funcionamiento.	▪ El anclaje ha fallado y afecta el funcionamiento de los apoyos. ▪ Faltan pernos de anclaje. ▪ Las placas están significativamente desalineadas.



SEVERIDAD 1: Ejemplo de apoyo elastomérico en buen estado [27].



SEVERIDAD 2: Almohadilla deformada ligeramente en la parte inferior y desalineada con respecto a las placas [5].



SEVERIDAD 3: Corrosión de las placas internas de acero y agrietamiento de la almohadilla [5].



SEVERIDAD 4: Pérdida del área de soporte en más de un 25 % [5].

Figura B.60. Ejemplos de deterioros en apoyos elastoméricos.

Tabla B.32. Deficiencias por evaluar en los apoyos expansivos (basado en [7]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Movimiento	No existe limitación al movimiento de los apoyos.	Existe una restricción menor de movimiento. Se requiere limpiar y lubricar los apoyos.	▪ Los apoyos tienen una restricción de movimiento, pero no se requiere una evaluación estructural. ▪ Se requiere la limpieza y lubricación de los apoyos. ▪ Se requiere el acomodo o reparación de los apoyos.	▪ Se requiere recolocar, reparar o reemplazar los apoyos. ▪ Se requiere una evaluación estructural.
Alineamiento	No se observa desalineamiento de los apoyos.	Se observa desalineamiento ligero de los apoyos.	El alineamiento de los apoyos es cercano a los límites de expansión.	El alineamiento ha excedido los límites de expansión de los apoyos.
Condición de los elementos principales de los apoyos	Los elementos principales de los apoyos están en buena condición y en la posición requerida.	Los elementos principales de los apoyos están desgastados o ligeramente desalineados.	Los elementos principales están desgastados, dañados o desalineados.	Los elementos principales de los apoyos están severamente desalineados, atascados o desconectados.
Corrosión	No se observa corrosión.	Se observa el inicio de la corrosión (puntos de corrosión).	Existe corrosión localizada.	La pérdida de sección por corrosión afecta el funcionamiento y la capacidad de los apoyos.

Tabla B.32. Deficiencias por evaluar en los apoyos expansivos (basado en [7]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Placas, pernos de anclaje, topes y guías laterales	Las placas, pernos de anclaje y restricciones están colocadas adecuadamente, en funcionamiento y no presentan deterioros.	▪ Los pernos de anclaje están flojos o faltan algunos pernos. ▪ Las placas están ligeramente desalineadas. ▪ Los topes están en funcionamiento y están levemente deteriorados.	▪ Los pernos de anclaje están flojos o deformados. ▪ El sistema de guía lateral está ligeramente desalineado y desgastado. ▪ El sistema de restricción vertical presenta un deterioro moderado, pero funciona correctamente.	▪ El anclaje ha fallado y afecta el funcionamiento de los apoyos. ▪ El sistema de guía lateral ha fallado y afecta el funcionamiento de los apoyos. ▪ El sistema de restricción vertical ha fallado.
Pérdida del área de soporte	No hay pérdida del área de soporte.	Se ha perdido menos del 10% del área de soporte.	Se ha perdido entre un 10% y un 25% del área de soporte.	Se ha perdido más del 25% del área de soporte.



SEVERIDAD 1: Ejemplo de apoyo expansivo en buen estado [28].



SEVERIDAD 2: Corrosión en la superficie de un apoyo tipo balancín [7].



SEVERIDAD 3: Se observa pérdida de sección por corrosión (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Los apoyos tienen un desplazamiento mayor a su límite de funcionamiento (LanammeUCR).

Figura B.61. Ejemplos de deterioros en apoyos expansivos.

Tabla B.33. Deficiencias por evaluar en los apoyos fijos (basado en [7]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Movimiento	El apoyo está funcionando de la forma prevista; no hay movimiento, pero no se restringe la rotación.	Existe una restricción menor para la rotación. Se necesita limpiar y lubricar los apoyos.	▪ Los apoyos tienen una restricción de la rotación, pero no se requiere una evaluación estructural. ▪ Se requiere la limpieza y lubricación de los apoyos. ▪ Se necesita la reparación de los apoyos.	▪ Se requiere recolocar, reparar o reemplazar los apoyos. ▪ Se requiere una evaluación estructural porque existe una restricción severa a la rotación.
Condición de los elementos principales de los apoyos	Todos los elementos principales de los apoyos están en buena condición y en la posición requerida.	Los elementos principales de los apoyos están desgastados o ligeramente desalineados.	Los elementos principales están desgastados o desalineados.	▪ Los elementos principales de los apoyos están severamente desalineados o deteriorados. ▪ Los apoyos han fallado.
Corrosión	No se observa corrosión.	Se observa el inicio de la corrosión (puntos de corrosión).	Existe corrosión localizada.	La pérdida de sección por corrosión afecta el funcionamiento y la capacidad de los apoyos.

Tabla B.33. Deficiencias por evaluar en los apoyos fijos (basado en [7]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Conexiones	Las conexiones están en el sitio previsto y están funcionando.	Se observan algunos pasadores flojos pero las conexiones funcionan de la forma prevista.	Existen pasadores (pernos, remaches) faltantes o se observan soldaduras fracturadas.	La falla de la conexión afecta severamente el funcionamiento o la capacidad del apoyo.
Pernos de anclaje o sistemas de restricción vertical	Los pernos de anclaje y las restricciones verticales están colocadas adecuadamente, en funcionamiento y no presentan deterioros.	▪ Algunos de los pernos están flojos o faltan algunos pernos. ▪ Las restricciones verticales están levemente deterioradas.	▪ Los pernos de anclaje están flojos o deformados. ▪ El sistema de restricción vertical presenta un deterioro moderado, pero funciona correctamente.	▪ Los pernos de anclaje han fallado y afecta el funcionamiento de los apoyos. ▪ El sistema de restricción vertical ha fallado.
Pérdida del área de soporte	No hay pérdida del área de soporte.	Se ha perdido menos del 10% del área de soporte.	Se ha perdido entre un 10% y un 25% del área de soporte.	Se ha perdido más del 25% del área de soporte.



SEVERIDAD 1: Ejemplo de apoyo fijo en buen estado [28].



SEVERIDAD 2: Elementos principales de los apoyos deteriorados ligeramente (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Se observa pérdida de sección por corrosión (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Falla de los pernos de anclaje de un apoyo fijo [2].

Figura B.62. Ejemplos de deterioros en apoyos fijos.

Tabla B.34. Deficiencias por evaluar en los apoyos de disco y confinados (“pot bearing”), (basado en [7]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Movimiento	El apoyo está funcionando de la forma prevista; no hay restricción al movimiento.	Existe una restricción menor para la rotación. Se necesita limpiar y lubricar los apoyos.	▪ Los apoyos tienen una restricción de la rotación, pero no se requiere una evaluación estructural. ▪ Se requiere la limpieza y lubricación de los apoyos. ▪ Se recomienda reacomodar o reparar los apoyos.	▪ Se requiere recolocar, reparar o reemplazar los apoyos. ▪ Se requiere una evaluación estructural porque existe una restricción severa a la rotación.
Alineamiento	No se observa desalineamiento de los apoyos.	Se observa desalineamiento ligero de los apoyos.	El alineamiento de los apoyos es cercano a los límites de expansión.	El alineamiento ha excedido los límites de expansión de los apoyos.
Condición de los elementos principales de los apoyos	Todos los elementos principales de los apoyos están en buena condición y en la posición requerida.	Los elementos principales de los apoyos están desgastados o ligeramente desalineados.	Los elementos principales están desgastados o desalineados.	Los elementos principales de los apoyos están severamente desalineados o deteriorados. Los apoyos han fallado.
Corrosión	No se observa corrosión.	Se observa el inicio de la corrosión (puntos de corrosión).	Existe corrosión localizada.	La pérdida de sección por corrosión afecta el funcionamiento y la capacidad de los apoyos.

Tabla B.34. Deficiencias por evaluar en los apoyos de disco y confinados (“pot bearing”), (basado en [7]).

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Conexiones	Las conexiones están en el sitio previsto y están funcionando.	Se observan algunos pasadores flojos pero las conexiones funcionan de la forma prevista.	Existen pasadores (pernos, remaches) faltantes o se observan soldaduras fracturadas.	La falla de la conexión afecta severamente el funcionamiento o la capacidad del apoyo.
Pernos de anclaje o sistemas de restricción vertical, guías laterales	Los pernos de anclaje, las guías y las restricciones verticales están colocadas adecuadamente, en funcionamiento y no presentan deterioros.	▪ Algunos de los pernos están flojos o faltan algunos pernos. ▪ Las restricciones verticales están levemente deterioradas.	▪ Los pernos de anclaje están flojos o deformados. ▪ El sistema de restricción vertical presenta un deterioro moderado, pero funciona correctamente.	El anclaje, las guías laterales o el sistema de restricción lateral ha fallado y afecta el funcionamiento de los apoyos.
Pérdida del área de soporte	No hay pérdida del área de soporte.	Se ha perdido menos del 10% del área de soporte.	Se ha perdido entre un 10% y un 25% del área de soporte.	Se ha perdido más del 25% del área de soporte.



SEVERIDAD 1: Ejemplo de apoyo confinado *("pot bearing")* en buen estado [29].



SEVERIDAD 2: Corrosión superficial en un apoyo confinado ("*pot bearing*") [7].



SEVERIDAD 3: Corrosión localizada en un apoyo confinado ("*pot bearing*") [7].



SEVERIDAD 4: Apoyo confinado ("*pot bearing*") que requiere ser reemplazado debido a la falla completa del elastómero (LanammeUCR).

Figura B.63. Ejemplos de deterioros en apoyos confinados ("pot bearing").

B.4.7.2 Elementos expuestos a asentamientos

Adicionalmente a la inspección de los materiales, se debe inspeccionar si se han producido asentamientos en los siguientes elementos:

- Rellenos de aproximación [20003]
- Aletones [50007]
- Pilas y bastiones de: acero, concreto reforzado, concreto presforzado, madera y mampostería.
- Obras de retención no integrales [20004]
- Superficie de ruedo [20002]
- Losas de aproximación [20001]
- Aceras del puente [30005] y aceras inferiores de pasos a desnivel [30010]

Para determinar si existen asentamientos, se debe prestar especial atención a los apoyos, ya que los daños en los apoyos pueden indicar la existencia de asentamientos [7].

Los límites tolerables para los asentamientos los debe definir el diseñador o el responsable del puente [6].

En la Tabla B.35 se indican los aspectos a evaluar para los elementos de la subestructura que pueden presentar asentamientos. Para los siguientes elementos la evaluación de los asentamientos ya se incluyó en la tabla particular para el elemento:

- La evaluación de los rellenos de aproximación se debe hacer según los requisitos de la Tabla B.22.
- La evaluación de los asentamientos en los muros de retención no integrales se realiza de acuerdo con la Tabla B.24.
- Para la evaluación del asentamiento en aceras, se debe utilizar la Tabla B.17.
- La evaluación de los asentamientos en las losas de aproximación se incluye en la Tabla B.25.

Tabla B.35. Deficiencias por evaluar en elementos por asentamientos o erosión de los elementos de la subestructura.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4

Tabla B.35. Deficiencias por evaluar en elementos por asentamientos o erosión de los elementos de la subestructura.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Asentamiento de los elementos de la subestructura	No se observa daño.	El asentamiento se encuentra dentro de los límites tolerables o ha sido detenido, no se observa daño estructural.	El asentamiento excede los límites tolerables.	La estabilidad del elemento está comprometida.
Movimiento o rotación de elementos de la subestructura [7]	Se observan movimientos o rotación menor.	Movimiento o rotación moderado (no afecta la integridad estructural del puente).	Se observa movimiento o rotación significativa. Si no se estabiliza puede comprometer la estabilidad de la estructura.	Se observa rotación o movimiento significativo. Se requiere un análisis estructural.
Erosión y asentamiento de taludes y de las protecciones de los taludes [7]	No se observa daño.	Erosión o asentamiento moderado de los taludes.	Erosión o asentamiento significativo de los taludes o de la protección de los taludes.	Erosión o asentamiento severo de los taludes o de las protecciones de los taludes.

En la Figura B.64 se muestran ejemplos de asentamientos en diferentes elementos y en la Figura B.65 ejemplos de deterioros en las protecciones de los taludes.



SEVERIDAD 1: Ejemplo de transición entre el acceso y el puente en buen estado (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Separación del aletón debido a asentamiento [7].



SEVERIDAD 3: Asentamiento en el relleno de aproximación [7].



SEVERIDAD 4: Asentamiento severo en la superficie de ruedo [7]

Figura B.64. Ejemplos de asentamientos en diferentes elementos.



SEVERIDAD 1: Protección del talud en buen estado (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Protección del talud que requiere medidas de conservación (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Erosión del terreno bajo la protección y falla de la misma [5].



SEVERIDAD 4: Pérdida del relleno bajo la protección (LanammeUCR).

Figura B.65. Ejemplos de deficiencias en el sistema de protección de los taludes.

B.4.7.3 Aletones

Adicionalmente a la inspección de los aletones considerando el material del cual están construidos, se deben evaluar los aspectos incluidos en la Tabla B.36.

Tabla B.36. Deficiencias por evaluar en los aletones adicionalmente a la evaluación del material.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Condición de las uniones de los aletones	La conexión de los aletones no presenta deterioros.	Se observa agrietamiento leve en la unión de los aletones con el cuerpo del bastión, pero el relleno no ha sido afectado.	Se observa agrietamiento en las uniones y la contención del relleno no es efectiva (se observan hundimientos).	Los aletones están separadas de los bastiones.
Movimiento o rotación	No se observa movimiento (lateral, vertical), rotación o separación de los aletones.	Se observa movimiento o rotación moderado (hasta 10 mm).	Se observa movimiento o rotación moderado en los aletones (hasta 40 mm).	Se observa rotación o movimiento significativos (mayores de 40 mm).
Erosión y filtraciones en el relleno	No se observa erosión o filtraciones en los rellenos.	Se observan filtraciones moderadas en el relleno.	Existe filtración generalizada en los rellenos y pérdida del material de relleno detrás de los aletones, pero no se afecta la funcionalidad del puente.	Se observa erosión significativa en los rellenos detrás de los aletones.

B.4.8 Sistemas de protección contra amenazas naturales

Para efectos de este manual, se clasifica como sistemas de protección contra las amenazas naturales los sistemas de protección sísmica y la evaluación de las condiciones hidráulicas.

B.4.8.1 Condiciones de la sección hidráulica

Los aspectos hidráulicos que debe evaluar el inspector de puentes durante la *Inspección rutinaria* son los siguientes:

- Existencia de socavación
- Estado de los elementos de protección contra la socavación cuando existen
- Potencial de bloqueo del cauce
- Ocurrencia del desbordamiento del río y sobrepaso del puente

La socavación es la causa más común de colapso de los puentes [7], por lo que se debe evaluar en todos los puentes que pasen sobre cuerpos de agua. Su evaluación en la *Inspección rutinaria* consiste en la constatación visual de si existen problemas de socavación que no han sido atendidos. Si existen problemas de socavación se recomienda realizar una *Inspección detallada* según se indica en el Capítulo 7 (ver Apartado 7.5.2 del MP-2024 Tomo I). Los puentes que pueden ser afectados por socavación son únicamente los que cruzan sobre cuerpos de agua y la afectación se presenta en los elementos de la subestructura. En la Tabla B.37 se describen los criterios para evaluar los elementos de la subestructura y los sistemas de protección que se hayan instalado para contrarrestar la socavación. Los límites tolerables y críticos para el daño por socavación deben ser establecidos por la *Organización*.

Cuando no se conoce con certeza el tipo de cimentación y no es posible determinarla en sitio sin requerir equipo especial se indicará como cimentación superficial y se colocará una nota en el formulario destinado a los comentarios de la inspección (IR-CM-01). En los puentes en los que no hay sistema de protección contra la socavación y se observa socavación debe indicarse en Severidad 4 100%.

El potencial de bloqueo se evalúa observando la acumulación de desechos que puedan reducir la sección hidráulica bajo el puente.

Para la evaluación del aspecto de ocurrencia de desbordamiento del río, el inspector puede basar la evaluación en la información proporcionada por los vecinos del lugar en caso de que no existan reportes específicos del desbordamiento del puente. La severidad se determina considerando el número de ocurrencias de desbordamientos desde la construcción del puente.

Tabla B.37. Deficiencias por evaluar en elementos de protección hidráulica (basado en [7] y [6])

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Potencial de bloqueo del cauce [6]	La sección hidráulica parece ser suficiente.	Existe un riesgo moderado de bloqueo del cauce en la sección del puente.	Existe un riesgo significativo de bloqueo del cauce con materiales y desechos.	En la sección del puente existe un bloqueo por la acumulación de materiales.
Ocurrencia de desbordamiento	Nunca ha ocurrido.	El desbordamiento ha ocurrido una vez.	Ha ocurrido el desbordamiento entre 2 y 5 veces.	Ha ocurrido el desbordamiento en más de 5 ocasiones.
Sistemas de protección contra la socavación [7]	Los sistemas o medidas para contrarrestar la socavación están en buena condición y funcionan de la forma prevista.	Los sistemas o medidas contra la socavación presentan daño moderado, pero siguen en funcionamiento.	Los sistemas o medidas contra la socavación presentan daño o deterioro significativo.	▪ Las medidas de protección contra la socavación fallaron. ▪ No hay sistema de protección y se observa socavación.
Socavación cimentaciones superficiales	No se observa socavación en la cimentación superficial.	▪ Se observa socavación dentro de los límites tolerables establecidos por la *Organización*. ▪ La placa de cimentación está expuesta en menos de 0,3 m medidos verticalmente. ▪ Se observa evidencia de que existió socavación, pero ya han sido implementadas medidas correctivas.	▪ La socavación observada excede los límites tolerables, pero es menor que los límites críticos establecidos por la *Organización*. ▪ La placa de cimentación está expuesta más de 0,3 m, medidos verticalmente. ▪ La fundación no ha perdido contacto con el terreno.	▪ La socavación existente excede los límites críticos definidos por la *Organización*. ▪ La socavación es significativa y se requiere un análisis de la estructura porque se perdió el contacto con el terreno.
Socavación cimentaciones	No se observa socavación en la cimentación	▪ Se observa socavación dentro de los	▪ La socavación observada excede los	▪ La socavación existente excede los límites

Tabla B.37. Deficiencias por evaluar en elementos de protección hidráulica (basado en [7] y [6])

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
profundas	profunda.	límites tolerables establecidos por la *Organización*. ▪ Hay exposición de la placa de los pilotes, pero no se observan los pilotes.	límites tolerables, pero es menor que los límites críticos establecidos por la *Organización.* ▪ Se observan los pilotes y la longitud expuesta corresponde a menos del 10% de la longitud total de los pilotes. (Utilizar como referencia 0,5 m en caso de que no haya planos [6]).	críticos establecidos por la *Organización*. ▪ Los pilotes están expuestos y la longitud expuesta corresponde a más del 10% de la longitud total de los pilotes (o mayor a 0,5 m en caso de que no se disponga de los planos) ▪ La socavación es significativa y se requiere un análisis de la estructura [6].

En la Figura B.66 se muestran algunos ejemplos de deficiencias relacionadas con la socavación.



SEVERIDAD 1: Ejemplo del uso de riprap para proteger el talud frente a los bastiones de la socavación [30].



SEVERIDAD 2: Socavación en el bastión, pero no están expuestos los elementos de la fundación [7].



SEVERIDAD 3: Fundación de la pila expuesta debido a la socavación (LanammeUCR).



SEVERIDAD 4: Pilotes expuestos en más de 0,5 m (LanammeUCR).

Figura B.66. Ejemplos de deficiencias por socavación en puentes.

B.4.8.2 Sistemas de protección sísmica

Los sistemas de protección sísmica pueden ser de diferentes tipos. La evaluación se

enfocará en evaluar si se requiere dar mantenimiento, reparar o reemplazar el sistema de protección.

La evaluación de los sistemas de protección sísmica se debe realizar según la Tabla B.38. En la Figura B.67 se muestran algunos ejemplos de deterioros en los sistemas de protección sísmica.

Se debe verificar que la longitud de asiento disponible es mayor que la longitud de asiento mínima establecida en los *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes* [31]. Para evitar que los elementos de la superestructura pierdan soporte, se debe garantizar que existe la longitud de soporte necesaria en las dos direcciones ortogonales: longitudinal y transversal del puente.

Tabla B.38. Deficiencias por evaluar en elementos de protección sísmica.

ASPECTO POR EVALUAR	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
Longitud de asiento	La longitud de asiento medida es igual o mayor al valor establecido en los *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes* [32].	▪ La longitud de asiento es menor a la establecida en la normativa, pero no es menor que el 50% del valor mínimo requerido. ▪ Existen restricciones que impiden la pérdida de soporte de los elementos de la superestructura.	La longitud de asiento es menor del 50% del valor requerido en alguno de los elementos y se debe corregir esta deficiencia.	La longitud de asiento es insuficiente en todos los apoyos. Se requiere ampliar la longitud de asiento.
Llaves de corte	Existen llaves de corte en todas las vigas y están en buen estado.	Se observan deficiencias menores en las llaves de cortante.	Algunas de las llaves de corte requieren ser reparadas.	No existen llaves de corte o están en mal estado y deben ser reemplazadas.
Condición de otros sistemas de protección sísmica	Existen otros sistemas de protección sísmica y están en funcionamiento.	Los sistemas de protección sísmica requieren conservación.	Los sistemas de protección sísmica están deteriorados	Los sistemas de protección sísmica no están funcionando y requieren ser reemplazados.



SEVERIDAD 1: Llave de corte en buen estado (LanammeUCR).



SEVERIDAD 2: Sistema de protección sísmica que requiere mantenimiento (LanammeUCR).



SEVERIDAD 3: Llave de corte fracturada que requiere reemplazo [7].



SEVERIDAD 4: Ejemplo de longitud de asiento insuficiente en puente con sesgo y ausencia de llaves de corte (LanammeUCR).

Figura B.67. Ejemplos de deficiencias en sistemas de protección sísmica.

B.5 Descripción de los formularios de inspección rutinaria

En esta sección se describen cada uno de los formularios que deben utilizar los inspectores

para recopilar la información correspondiente a la *Inspección rutinaria*. Los formularios de *Inspección rutinaria* se agrupan en diez categorías: i. Inspección de los accesos (AP), ii. Inspección de la seguridad vial (SV), iii. Inspección de los accesorios (AC), iv. Inspección de la superestructura (SP), v. Inspección de la subestructura (SB), vi. Inspección de los sistemas contra amenazas naturales (AN) y vii. Inspección de puentes temporales (PT). Además, se incluyen tres formularios para incluir los viii. Comentarios (CM), ix. Fotografías (FT) y x. Esquemas (ED).

En esta sección de incluye cada uno de los formularios y se explica la forma en la que se deben llenar. Se presenta una imagen del formulario y de seguido se incluye una tabla en la que se resume la información que debe recopilarse en el sitio y la forma en que deben realizarse las mediciones.

i. Inspección de los accesos (AP)

IR-AP-01. Evaluación de los accesos

ii. Inspección de la seguridad vial (SV)

IR-SV-01. Evaluación de la seguridad vial: sistemas de contención vehicular, pasarelas peatonales, bordillos y medianeras

IR-SV-02. Evaluación de la seguridad vial: demarcación, señalización, iluminación, aceras e infraestructura ciclista.

iii. Inspección de los accesorios (AC)

IR-AC-01. Evaluación de los accesorios: juntas de expansión

IR-AC-02. Evaluación de los accesorios: superficie de desgaste del puente y sistema de drenaje del tablero

iv. Inspección de la superestructura (SP)

IR-SP-01. Evaluación de superestructura: Tablero

IR-SP-02. Evaluación de superestructura tipo vigas de concreto reforzado/concreto presforzado

IR-SP-03. Evaluación de superestructura tipo vigas de acero

IR-SP-04. Evaluación de la superestructura tipo vigas de madera

IR-SP-05. Evaluación de la superestructura tipo cerchas

IR-SP-06. Evaluación de la superestructura tipo colgante

IR-SP-07. Evaluación de la superestructura tipo atirantado

IR-SP-08. Evaluación de la superestructura tipo arco de madera / acero / concreto

IR-SP-09. Evaluación de la superestructura tipo arco de mampostería

v. Inspección de la subestructura (SB)

IR-SB-01. Evaluación de los elementos de la subestructura: Bastiones

IR-SB-02. Evaluación de los elementos de la subestructura: Pilas

IR-SB-03. Evaluación de los apoyos

vi. Inspección de los sistemas de protección contra amenazas naturales (AN)

IR-AN-01. Evaluación de elementos de protección contra amenazas naturales (sísmicas e hidráulicas)

vii. Puentes temporales (PT)

IR-PT-01. Evaluación de puentes temporales

viii. Comentarios

IR-CM-01. Comentarios de la inspección rutinaria

ix. Fotografías

IR-FT-01. Fotografías de la inspección rutinaria

x. Esquemas

IR-ED-01. Esquemas de deficiencias

Debe notarse que los formularios se nombraron de forma semejante a los formularios de la *Inspección de inventario* (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I), para facilitar a los inspectores relacionarlos, pero indicando al inicio las iniciales IR para la identificación de la *Inspección rutinaria*. Sin embargo, para el caso de la evaluación de las deficiencias se agrupó varios tipos de superestructura en algunos formularios, por lo que la numeración no coincide en todos los casos. Para facilitar la identificación de la correspondencia de los formularios de *Inspección rutinaria* que equivalen a los formularios de inventario, se presenta la Tabla B.39.

Tabla B.39. Correspondencia entre los formularios de inventario y de *Inspección rutinaria*.

Formularios de inventario	Formularios de inspección rutinaria
IN-IB-01. Información básica	IR-AP-01. Evaluación de los accesos IR-SV-01. Evaluación de la seguridad vial: sistemas de contención vehicular, pasarelas peatonales, bordillos y medianeras IR-SV-02. Evaluación de la seguridad vial: demarcación, señalización, iluminación, aceras e infraestructura. IR-AC-01. Evaluación de los accesorios: juntas de expansión IR-AC-02. Evaluación de los accesorios: superficie de desgaste del puente y sistema de drenaje del tablero (IR-AC-02)
IN-SP-01. Superestructura tipo vigas de concreto reforzado	IR-SP-01. Evaluación de superestructura: Tablero IR-SP-02. Evaluación de superestructura tipo vigas de concreto reforzado/concreto presforzado
IN-SP-02. Superestructura tipo vigas de concreto presforzado	IR-SP-02. Evaluación de superestructura tipo vigas de concreto reforzado/concreto presforzado
IN-SP-03. Superestructura tipo vigas I de acero	IR-SP-01. Evaluación de superestructura: Tablero IR-SP-03. Evaluación de superestructura tipo vigas de acero
IN-SP-04. Superestructura tipo vigas de madera	IR-SP-01. Evaluación de superestructura: Tablero IR-SP-04. Evaluación de superestructura tipo vigas de madera
IN-SP-05. Superestructura tipo losa (concreto reforzado, concreto presforzado y madera)	IR-SP-01. Evaluación de superestructura: Tablero IR-SP-02. Evaluación de superestructura tipo vigas de concreto reforzado/concreto presforzado
IN-SP-06. Superestructura tipo arco (concreto reforzado, concreto presforzado, acero y madera)	IR-SP-08. Evaluación de superestructura tipo arco de madera / acero / concreto
IN-SP-07. Superestructura tipo arco de mampostería	IR-SP-09. Evaluación de superestructura tipo arco de mampostería
IN-SP-08. Superestructura tipo arco prefabricado	IR-SP-08. Evaluación de superestructura tipo arco de madera / acero / concreto
IN-SP-09. Superestructura tipo viga cajón (concreto presforzado, acero y madera)	IR-SP-02. Evaluación de superestructura tipo vigas de concreto reforzado/concreto presforzado IR-SP-03. Evaluación de superestructura tipo vigas de acero IR-SP-04. Evaluación de superestructura tipo vigas de madera
IN-SP-10. Superestructura tipo cercha (acero y	IR-SP-05. Evaluación de superestructura tipo

Tabla B.39. Correspondencia entre los formularios de inventario y de *Inspección rutinaria*.

Formularios de inventario	Formularios de inspección rutinaria
madera)	cercha
IN-SP-11. Superestructura tipo colgante	IR-SP-06. Evaluación de superestructura tipo colgante
IN-SP-12. Superestructura tipo atirantada	IR-SP-07. Evaluación de superestructura tipo atirantada
IN-SP-13. Superestructura con detallado informal	No se incluye formulario
IN-SB-01. Detalle de la subestructura	IR-SB-01. Evaluación de los elementos de la subestructura: Bastiones IR-SB-02. Evaluación de los elementos de la subestructura: Pilas IR-SB-03. Evaluación de los apoyos
IN-PT-01. Puente temporal	IR-PT-01. Evaluación de puentes temporales
IN-CM-01. Comentarios	IR-CM-01. Comentarios de la inspección rutinaria
IN-FT-01. Fotografías	IR-FT-01. Fotografías de la inspección rutinaria
IN-EG-01. Esquemas generales	IR-ED-01. Esquemas de deficiencias

Para toda *Inspección rutinaria* se deberá llenar un formulario por cada componente del puente evaluado: seguridad vial, accesos, accesorios, subestructura y sistemas de protección contra amenazas naturales. En el caso del componente superestructura, se debe completar un formulario de *Inspección rutinaria* por cada tramo de las superestructuras, utilizando los diferentes tipos de formularios correspondientes a los distintos tipos de superestructuras posibles. A continuación, se explican cada uno de los formularios de *Inspección rutinaria* y la información específica que se debe recopilar en cada uno de éstos. Todas las referencias a capítulos y apéndices corresponden a los del MP-2024 Tomo I.

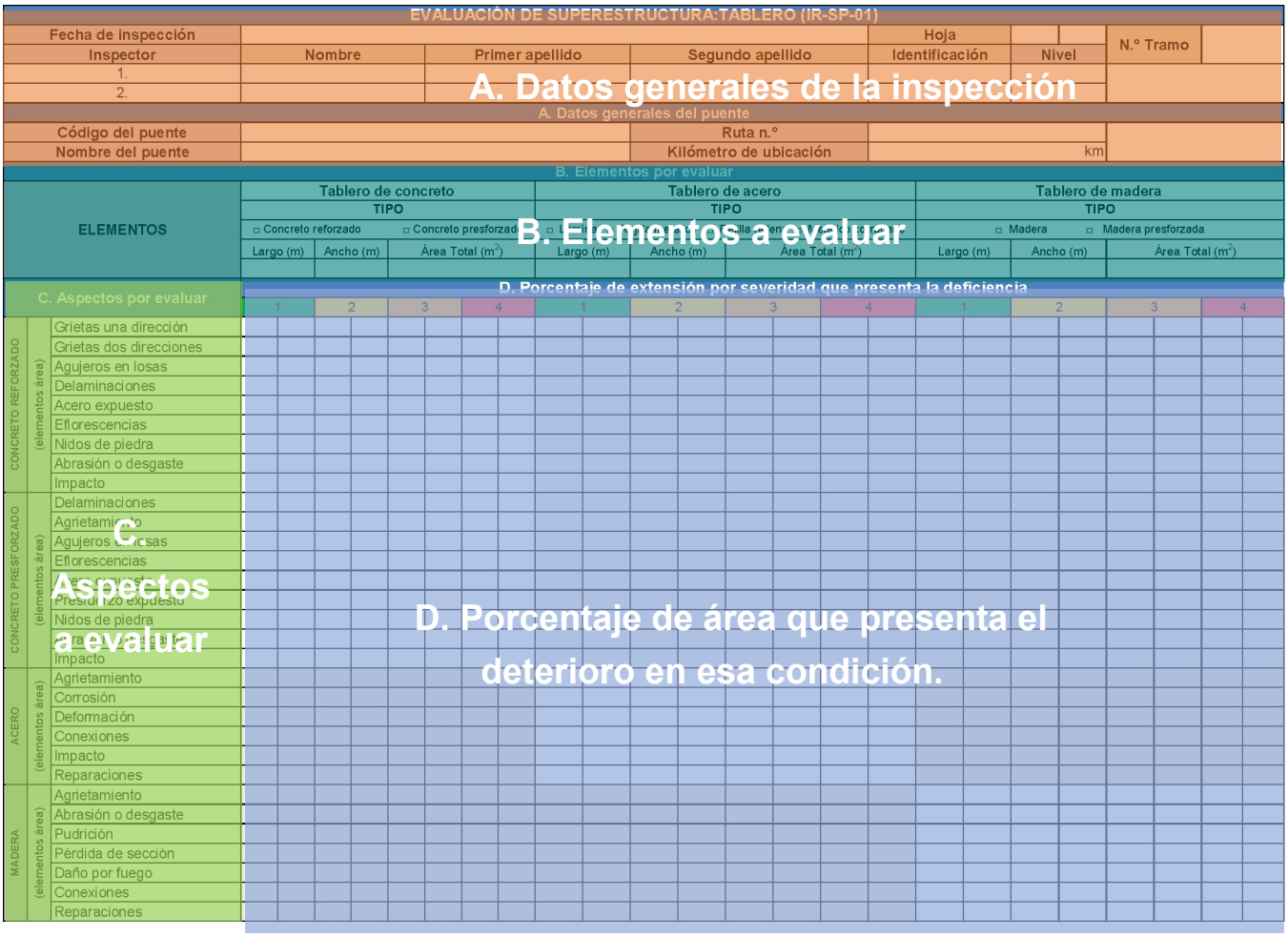
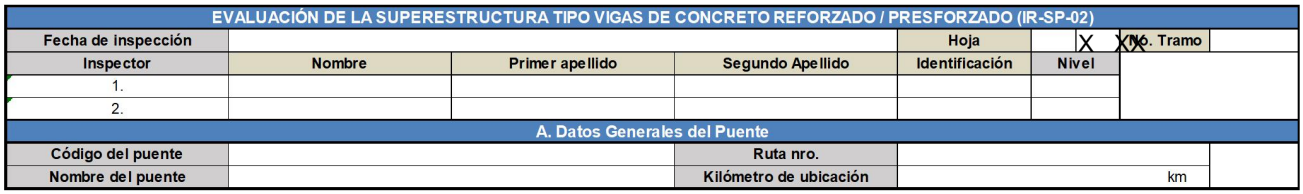


Figura B.68. Secciones generales de todos los formularios. Se utiliza como ejemplo el formulario de los tableros.

Todos los formularios de *Inspección rutinaria* constan de cuatro secciones, identificadas como A, B, C y D en la Figura B.68.

En la parte superior de cada formulario (sección A), se deben llenar los datos generales del puente y de la inspección realizada. La Figura B.69 muestra este encabezado y la Tabla B.40 explica cómo registrar la información solicitada en el mismo para cada ítem específico. Debido a que los encabezados de todos los formularios son idénticos, se incluye la explicación una única vez.



EVALUACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS DE CONCRETO REFORZADO / PRESFORZADO (IR-SP-02)						
Fecha de inspección				Hoja	X XX	No. Tramo
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo Apellido	Identificación	Nivel	
1.						
2.						
A. Datos Generales del Puente						
Código del puente			Ruta nro.			
Nombre del puente			Kilómetro de ubicación	km		

Figura B.69. Encabezado de todos los formularios en donde se registran los datos generales de la Inspección rutinaria y del puente.

Tabla B.40. Explicación de la Sección A. Datos generales del puente.

Ítem	Descripción
1. Fecha de inspección	Se refiere a la fecha en que se ejecutó la *Inspección rutinaria*. Se debe registrar la fecha en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601: 2018 [33], es decir, año-mes-día. Ejemplo: 2020-07-23
2. Número de hoja	En este campo se anota el número de hoja “X” correspondiente a cada formulario y el número total de hojas “XX” que conforman la *Inspección rutinaria*.
3. Número de tramo	Se incluye el número de tramo, porque se debe llenar un formulario por cada tramo de la superestructura. El número de tramo indicado corresponde con el número indicado en el esquema general del puente (Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I).
4. Nombre (inspector)	Se registra el nombre completo de los inspectores responsables que ejecutaron la *Inspección rutinaria*. Este dato se debe registrar en el siguiente orden: nombre, primer y segundo apellido.
5. Identificación	Se registra la identificación (cédula de identidad o residencia según corresponda) de los inspectores responsables que ejecutaron la *Inspección rutinaria.*
6.Nivel (inspector)	Se registra el nivel de los inspectores responsables que ejecutaron la *Inspección rutinaria*. Los niveles de inspector se definen en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I. Toda inspección debe contar con la participación de al menos un inspector nivel III.
7. Código del puente	El código con el cual se identifica al puente en el inventario.
8. Ruta N.º	Se refiere al número de ruta en donde se encuentra ubicado el puente según se indica en el inventario.
9.Nombre del puente	Nombre con el que está registrado el puente en el inventario.

Tabla B.40. Explicación de la Sección A. Datos generales del puente.

Ítem	Descripción
10. Kilómetro de ubicación	Se refiere al kilómetro en el cual está ubicado el inicio del puente en el inventario.

En la sección B se indican los elementos que se evalúan en el componente. Para cada elemento se debe indicar la cantidad en la unidad de referencia indicada que corresponda. Se necesita tener un dato de la cantidad total por elemento, porque la estimación de los daños se indica como porcentajes de cada condición, según se explica más adelante en la descripción de la sección D de la Figura B.68. Este valor de cantidad permite estimar el área dañada. Ya que esta sección es diferente en cada formulario, la información que se debe incluir se detalla en la explicación de cada uno.

En la sección C se indican los aspectos a evaluar de acuerdo con los materiales de los que está fabricado el componente, según la Sección B.3 del MP-2024 Tomo I. También se incluyen los aspectos específicos que se evalúan según se explicó en la Sección B.4 del MP-2024 Tomo I. Al igual que en la sección B de la Figura B.68, la información incluida en esta sección varía en cada formulario y por ello se explicará en la descripción de cada formulario.

El inspector deberá indicar en la sección D, el porcentaje de extensión del elemento que presenta cada deterioro correspondiente a cada nivel de severidad. La severidad se obtiene de las tablas de evaluación de la condición de la Sección B.3 y Sección B.4 del MP-2024 Tomo I.

En todos los formularios, las casillas en color gris claro indican que ese aspecto no aplica para los elementos específicos.

La referencia a las secciones en la primera columna de las tablas que se muestran a continuación en los siguientes apartados, son correspondientes además con el esquema de la Figura B.68.

B.5.1 Descripción del formulario de inspección de los accesos

El formulario de inspección de los accesos se muestra en la Figura B.70 y la información que se incluye en cada sección se explica en la Tabla B.41. Se debe llenar un formulario por cada acceso al puente. En la esquina superior derecha del formulario se debe indicar el número del acceso conforme a la numeración indicada en el esquema general del puente (Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I).

EVALUACIÓN DE LOS ACCESOS (IR-AP-01)							
Fecha de inspección					Hoja		Acceso n.°
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido		Identificació	Nivel	
1.							
2.							

A. Datos generales del puente			
Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Elementos por evaluar																												
ELEMENTOS	RELLENO APROXIMACIÓN												SUPERFICIE DE RUEDO												DRENAJES			
	Losa aproximación				Rellenos de aproximación				Obras retención no integrales				Asfalto				Concreto				Grava				Sistema drenaje			
	Área (m^2)				Ancho (m)				Largo (m)				Área (m^2)				Área (m^2)				Área (m^2)				Cantidad			
C. Aspectos por evaluar	D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ASFÁLTICA																												
Ondulaciones																												
Surcos																												
Abultamientos																												
Grietas																												
Baches																												
Huecos																												
Sobrecapas																												
CONCRETO																												
Grietas en una dirección																												
Grietas en dos direcciones																												
Agujeros en losas																												
Delaminación																												
Abrasión																												
Acero expuesto																												
Eflorescencias																												
Nidos de piedra																												
Abrasión o desgaste																												
Impacto																												
ESPECIALES																												
Superficie de grava																												
Asentamiento																												
Reparaciones																												
Transición																												
Estado de gaviones																												
Erosión																												
Estacamiento agua																												
Funcionamiento																												

Figura B. 70. Formulario de evaluación de los accesos (IR-AP-01).

Tabla B.41. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-AP-01.

Sección	Ítem	Descripción
B. Elementos por evaluar	*1. Losa de aproximación*	La cantidad que se debe indicar para la losa de aproximación es el área expuesta en metros cuadrados (m^2). En el caso que no se observe la losa de aproximación se debe indicar: No visible.
	2. Rellenos de aproximación	Para los rellenos de aproximación, se debe medir el ancho del acceso en metros (m). Se recomienda considerar el ancho como la distancia entre extremos de aletones. En el caso en que no se observan los aletones o no se dispone de planos se debe considerar el ancho de la vía de acceso.
	3.Obras de retención no integrales	Para las obras de retención se debe indicar el largo en metros (m) de la obra de retención en el acceso. Debido a que el formulario se llena por acceso, la longitud que se indica corresponde a la suma de la longitud de las obras de retención en el acceso. En el caso en que no existan obras de retención no integrales se debe indicar: No presenta.
	4.Superficie de ruedo asfáltica	Se debe indicar el área que presenta la superficie de ruedo asfáltica en metros cuadrados (m^2). La longitud que se considera para el cálculo del área de la superficie de ruedo corresponde a la longitud del acceso. El ancho que se considera para el cálculo del área de la superficie de acceso corresponde al ancho de la vía.
	5.Superficie de ruedo de concreto	Se debe indicar el área que presenta la superficie de ruedo de concreto en metros cuadrados (m^2) en el acceso. La longitud que se considera para el cálculo del área de la superficie de ruedo corresponde a la longitud del acceso. El ancho que se considera para el cálculo del área de la superficie de acceso corresponde al ancho de la vía.

Tabla B.41. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-AP-01.

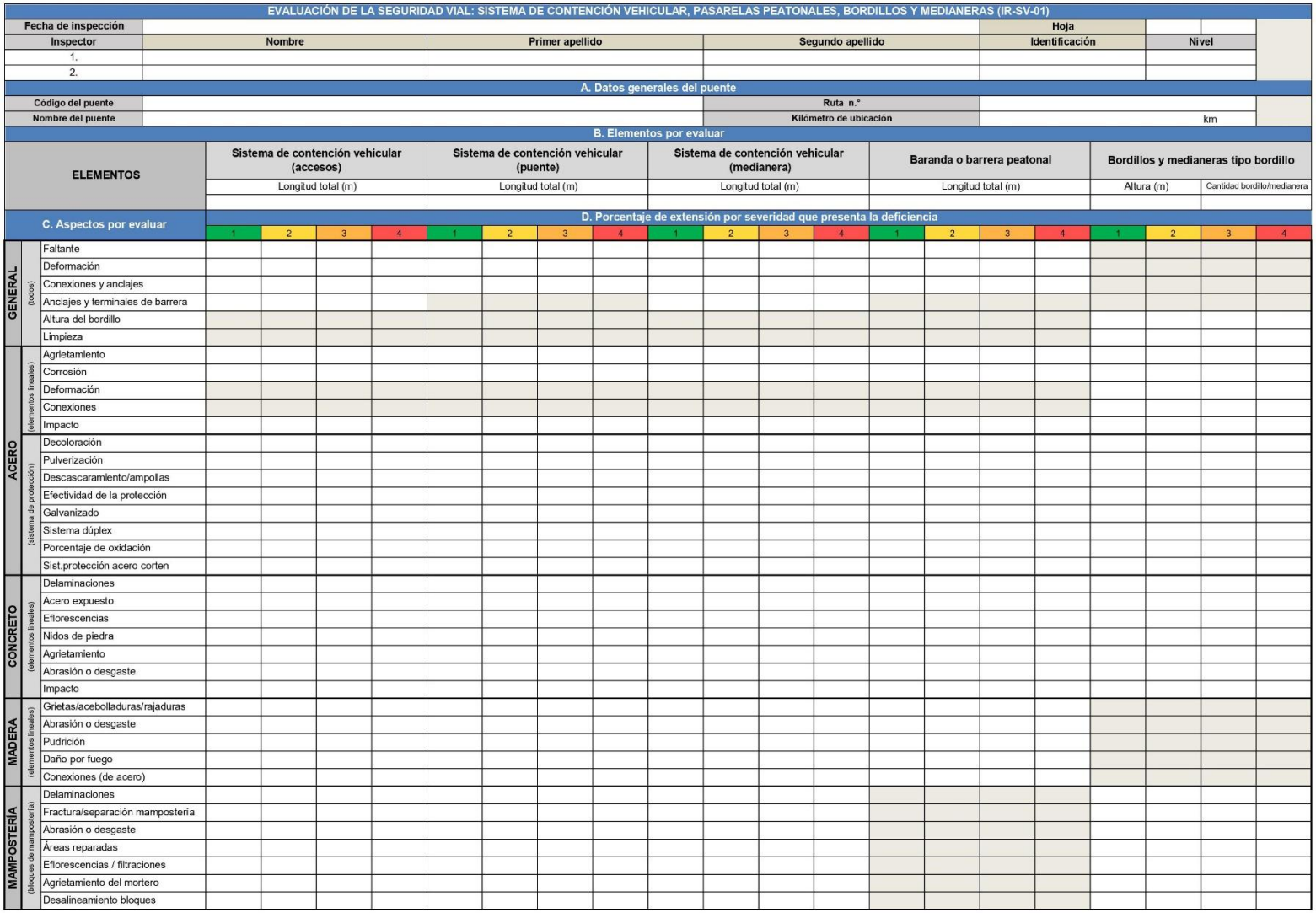
Sección	Ítem	Descripción
	6.Superficie de ruedo de grava	Se debe indicar el área que presenta la superficie de ruedo de grava en (m^2) en el acceso. La longitud que se considera para el cálculo del área de la superficie de ruedo corresponde a la longitud del acceso. El ancho que se considera para el cálculo del área de la superficie de acceso corresponde al ancho de la vía.
	7. Sistema de drenaje (accesos)	Se debe indicar el número de elementos que forman el sistema de drenaje de los accesos.
C. Aspectos por evaluar	*8. Asfáltica*	Se debe indicar el porcentaje de la superficie de ruedo asfáltica en cada una de las severidades de acuerdo con la información de la Tabla B.26.
	9. Concreto	Se debe indicar el porcentaje de la superficie de ruedo de concreto en cada una de las severidades de acuerdo con la información de la Tabla B.5.
C. Aspectos por evaluar	*10. Requisitos especiales*	Se incluyen los requisitos particulares que se deben evaluar para las losas de aproximación, rellenos de aproximación, obras de retención, superficie de ruedo de grava y drenajes de los accesos. La condición de la superficie de grava se debe evaluar de acuerdo con la Tabla B.27. Para evaluar el asentamiento de la losa de aproximación se debe revisar la Tabla B.25. El asentamiento en las obras de retención se evalúa de acuerdo con las disposiciones de la Tabla B.24. La evaluación de la condición de los drenajes en los accesos se realiza según la Tabla B.23. La condición de la transición entre el relleno y el puente y la valoración de los asentamientos del relleno se determina de acuerdo con la Tabla B.22.

B.5.2 Descripción de los formularios de inspección de la seguridad vial

Para la evaluación de la seguridad vial se utilizan dos formularios: un formulario donde se evalúan el sistema de contención vehicular, pasarelas peatonales, bordillos y medianera (IR-SV-01) y otro formulario con la información de la demarcación, señalización, iluminación, aceras e infraestructura ciclista (IR-SV-02).

En la Figura B.71 se muestra el formulario IR-SV-01 y en la Tabla B.42 se describe la información incluida en el formulario.

En la Figura B.72 se muestra el formulario IR-SV-02 y en la Tabla B.43 se describe la información incluida en el formulario.



EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL: SISTEMA DE CONTENCIÓN VEHICULAR, PASARELAS PEATONALES, BORDILLOS Y MEDIANERAS (IR-SV-01)						
Fecha de inspección					Hoja	
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel	
1.						
2.						

A. Datos generales del puente			
Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	Sistema de contención vehicular (accesos)	Sistema de contención vehicular (puente)	Sistema de contención vehicular (medianera)	Baranda o barrera peatonal	Bordillos y medianeras tipo bordillo	
	Longitud total (m)	Longitud total (m)	Longitud total (m)	Longitud total (m)	Altura (m)	Cantidad bordillo/medianera

C. Aspectos por evaluar		D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
GENERAL	(todos)	Faltante																			
		Deformación																			
		Conexiones y anclajes																			
		Anclajes y terminales de barrera																			
		Altura del bordillo																			
		Limpieza																			
ACERO	(elementos lineales)	Agrietamiento																			
		Corrosión																			
		Deformación																			
		Conexiones																			
		Impacto																			
	(sistema de protección)	Decoloración																			
		Pulverización																			
		Descascaramiento/ampollas																			
		Efectividad de la protección																			
		Galvanizado																			
		Sistema dúplex																			
		Porcentaje de oxidación																			
		Sist.protección acero corten																			
CONCRETO	(elementos lineales)	Delaminaciones																			
		Acero expuesto																			
		Eflorescencias																			
		Nidos de piedra																			
		Agrietamiento																			
		Abrasión o desgaste																			
		Impacto																			
MADERA	(elementos lineales)	Grietas/acebolladuras/rajaduras																			
		Abrasión o desgaste																			
		Pudrición																			
		Daño por fuego																			
		Conexiones (de acero)																			
MAMPOSTERÍA	(bloques de mampostería)	Delaminaciones																			
		Fractura/separación mampostería																			
		Abrasión o desgaste																			
		Áreas reparadas																			
		Eflorescencias / filtraciones																			
		Agrietamiento del mortero																			
		Desalineamiento bloques																			

Figura B.71.Formulario de evaluación de la seguridad vial: sistema de contención vehicular, pasarelas peatonales, bordillos y medianeras (IR-SV-01).

Tabla B.42. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SV-01.

Sección	Ítem	Descripción
B. Elementos a evaluar	*1.Sistema de contención vehicular (accesos)*	La cantidad que debe indicarse es la suma de la longitud en metros (m) de las barreras o sistemas de contención vehicular en el acceso 1 y en el acceso 2.
	2. Sistema de contención vehicular (puente)	La cantidad que debe indicarse es la suma de la longitud en metros (m) de los sistemas de contención del puente. La cantidad que debería existir es la longitud del puente multiplicada por dos. Si existieran elementos faltantes, el porcentaje faltante se calcula considerando la longitud medida y la que debería estar.
	3. Sistema de contención vehicular (medianera)	La cantidad que debe indicarse es la suma de la longitud en metros (m) de los sistemas de contención ubicados en la medianera del puente.
	4. Baranda o barrera peatonales	La cantidad que debe indicarse es la suma de la longitud de las barandas peatonales en metros (m).
	5.Bordillos y medianeras	Se debe indicar la altura de los bordillos en metros (m) y la cantidad de bordillos o medianeras.
C. Aspectos por evaluar	*6.General*	Para los sistemas de contención de los accesos, sistemas de contención del puente y barandas peatonales, se deben evaluar los aspectos incluidos en la Tabla B.14 e indicar en la sección D, el porcentaje de los elementos que se encuentra en cada condición.
	7. Acero	Para los sistemas de contención de los accesos, sistemas de contención del puente y barandas peatonales que sean de acero, se deben evaluar los aspectos incluidos en la Tabla B.2, Tabla B.11 y Tabla B.12 e indicar en la sección D, el porcentaje de los elementos que se encuentra en cada condición.
	8. Concreto	Para los sistemas de contención de los accesos, sistemas de contención del puente y barandas peatonales que sean de concreto, se deben evaluar los

Tabla B.42. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SV-01.

Sección	Ítem	Descripción
		aspectos incluidos en la Tabla B.4 e indicar en la sección D, el porcentaje de los elementos que se encuentra en cada condición.
	9. Madera	Para los sistemas de contención de los accesos, sistemas de contención del puente y barandas peatonales que sean de madera, se deben evaluar los aspectos incluidos en la Tabla B.8 e indicar en la sección D, el porcentaje de los elementos que se encuentra en cada condición.
	10. Mampostería	Para los sistemas de contención del puente que sean de mampostería, se debe evaluar los aspectos incluidos en la Tabla B.10 e indicar en la sección D, el porcentaje de los elementos que se encuentra en cada condición.

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL: DEMARCACIÓN, SEÑALIZACIÓN, ILUMINACIÓN, ACERAS E INFRAESTRUCTURA CICLISTA (IR-SV-02)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel	
1.						
2.						

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación		km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTO	Demarcación horizontal	Señalización vertical	Señalización de altura	Señalización de carga	Estructura de señales	Infraestructura ciclista		Iluminación	Acera o pasarela peatonal		Acera inferior (paso a desnivel)	
	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Longitud (m)	Ancho (m)	Cantidad luminarias	Longitud (m)	Ancho (m)	Longitud (m)	Ancho (m)

C. Aspectos por evaluar		D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																													
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
GENERAL (todos)	Requisitos particulares																																				
	Condición de la superficie																																				
	Drenaje																																				
	Asentamientos																																				
CONCRETO REFORZADO (elementos área)	Grietas una dirección																																				
	Grietas dos direcciones																																				
	Agujeros en losas																																				
	Delaminaciones																																				
	Acero expuesto																																				
	Eflorescencias																																				
	Nidos de piedra																																				
	Abrasión o desgaste																																				
	Impacto																																				
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área)	Delaminaciones																																				
	Agrietamiento																																				
	Agujeros en losas																																				
	Eflorescencias																																				
	Acero expuesto																																				
	Presfuerzo expuesto																																				
	Nidos de piedra																																				
	Abrasión o desgaste																																				
	Impacto																																				
ACERO (elementos área)	Agrietamiento																																				
	Corrosión																																				
	Deformación																																				
	Conexiones																																				
	Impacto																																				
	Reparaciones																																				
MADERA (elementos área)	Agrietamiento																																				
	Abrasión o desgaste																																				
	Pudrición																																				
	Pérdida de sección																																				
	Daño por fuego																																				
	Conexiones																																				
	Reparaciones																																				

Figura B. 72. Formulario de *Inspección rutinaria* de la seguridad vial: señalización, iluminación, aceras e infraestructura ciclista (IR-SV-02).

Tabla B.43. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SV-02.

Ítem	Descripción
1.Demarcación horizontal	La cantidad que se debe indicar es el número de señales o marcas que existen. Se debe hacer el conteo de los elementos de la demarcación horizontal por tipo de demarcación: líneas de borde, línea centro y letras. Cada línea incluye sus captaluces. La demarcación mínima que debería estar se estima como número de carriles +1. La evaluación de la demarcación horizontal debe realizarse conforme a los criterios de la Tabla B.16.
2.Señalización vertical	La cantidad que se debe indicar es el número de señales que existen. La evaluación de la señalización vertical debe realizarse conforme a los criterios de la Tabla B.16.
3. Señalización de altura	La cantidad que se debe indicar es el número de señales de rotulación de altura máxima que existen en el puente. La evaluación de la altura máxima debe realizarse conforme a los criterios de la Tabla B.16. Cuando no existe restricción de altura para el puente se debe indicar NA por las siglas para no aplica.
4. Señalización de carga	La cantidad que se debe indicar es el número de señales de rotulación de carga que existen en el puente si es aplicable. La evaluación de la restricción de carga debe realizarse conforme a los criterios de la Tabla B.16. Cuando no existe restricción de carga para el puente se debe indicar NA por las siglas para no aplica.
5. Infraestructura ciclista	Para la infraestructura ciclista se debe indicar el ancho en metros (m) sumando los carriles y la longitud de ciclovías que hay sobre el puente. La evaluación de la infraestructura ciclista se realiza según los criterios indicados en la Tabla B.19. Cuando no aplica para el puente se debe indicar NA por las siglas para no aplica.
6. Iluminación	La cantidad que se indica para la iluminación es el número de luminarias que hay en el puente. Para la evaluación de la condición se debe utilizar la Tabla B.18. Cuando no hay iluminación se debe indicar NA por las siglas para no aplica.
7. Acera o pasarela peatonal	Las cantidades que deben indicarse son la suma de la longitud en metros (m) de las aceras o pasarelas peatonales del puente y su ancho respectivo. Las aceras se deben evaluar conforme al material del que estén construidas. Para concreto reforzado referirse a la Tabla B.5, para concreto

Tabla B.43. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SV-02.

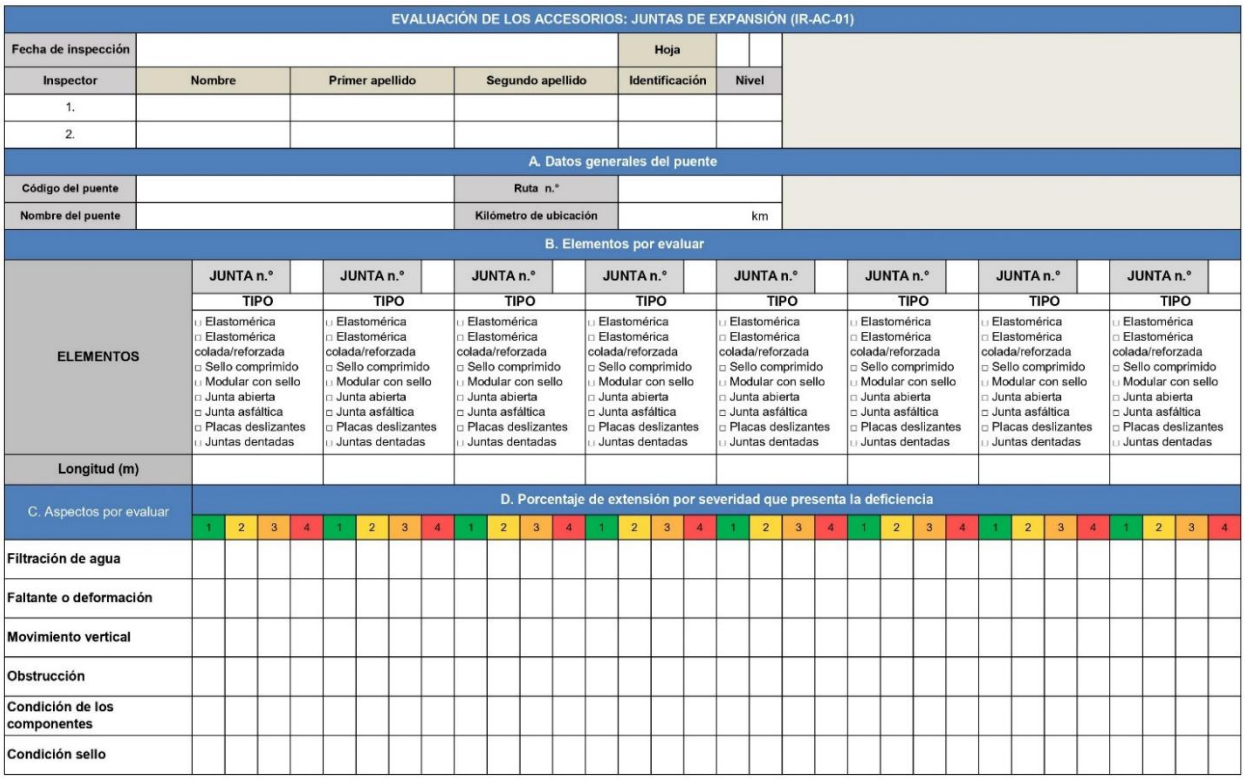
Ítem	Descripción
	presforzado a la Tabla B.7, acero la Tabla B.2 y madera la Tabla B.9. Para la evaluación de la condición de la superficie, drenaje y asentamientos referirse a la Tabla B.17.
8. Acera inferior (paso a desnivel)	Las cantidades que deben indicarse son la suma de la longitud en metros (m) de las aceras inferiores del puente en caso de ser un paso a desnivel y su ancho respectivo. Las aceras se deben evaluar conforme al material del que estén construidas. Para concreto reforzado referirse a la Tabla B.5, para concreto presforzado a la Tabla B.7, acero la Tabla B.2 y madera la Tabla B.9. Para la evaluación de la condición de la superficie, drenaje y asentamientos referirse a la Tabla B.17.

B.5.3 Descripción de los formularios de inspección de los accesorios

Para la inspección de los accesorios se utilizan dos formularios: uno para la evaluación de las juntas de expansión (IR-AC-01) y otro formulario para la superficie de ruedo sobre el puente y el sistema de drenaje del puente (IR-AC-02).

En la Figura B.73 se muestra el formulario IR-AC-01 y en la Tabla B.44 se describe la información incluida en el formulario. Se debe evaluar cada una de las juntas de expansión. Para identificar claramente cuál junta de expansión se está evaluando, se debe indicar el número de junta correspondiente de acuerdo con el esquema general del puente según se define en la *Inspección de inventario* del puente (ver Sección A.8 del MP-2024 Tomo I).

En la Figura B.74 se muestra el formulario IR-AC-02 y en la Tabla B.44 se describe la información incluida en el formulario.



EVALUACIÓN DE LOS ACCESORIOS: JUNTAS DE EXPANSIÓN (IR-AC-01)																																			
Fecha de inspección													Hoja																							
Inspector	Nombre				Primer apellido				Segundo apellido				Identificación				Nivel																			
1.																																			
2.																																			
A. Datos generales del puente																																			
Código del puente									Ruta n.°																										
Nombre del puente									Kilómetro de ubicación							km																			
B. Elementos por evaluar																																			
ELEMENTOS	JUNTA n.°				JUNTA n.°				JUNTA n.°				JUNTA n.°				JUNTA n.°				JUNTA n.°				JUNTA n.°				JUNTA n.°				
	TIPO				TIPO				TIPO				TIPO				TIPO				TIPO				TIPO				TIPO				
	( ) Elastomérica ( ) Elastomérica colada/reforzada ( ) Sello comprimido ( ) Modular con sello ( ) Junta abierta ( ) Junta asfáltica ( ) Placas deslizantes ( ) Juntas dentadas				( ) Elastomérica ( ) Elastomérica colada/reforzada ( ) Sello comprimido ( ) Modular con sello ( ) Junta abierta ( ) Junta asfáltica ( ) Placas deslizantes ( ) Juntas dentadas				( ) Elastomérica ( ) Elastomérica colada/reforzada ( ) Sello comprimido ( ) Modular con sello ( ) Junta abierta ( ) Junta asfáltica ( ) Placas deslizantes ( ) Juntas dentadas				( ) Elastomérica ( ) Elastomérica colada/reforzada ( ) Sello comprimido ( ) Modular con sello ( ) Junta abierta ( ) Junta asfáltica ( ) Placas deslizantes ( ) Juntas dentadas				( ) Elastomérica ( ) Elastomérica colada/reforzada ( ) Sello comprimido ( ) Modular con sello ( ) Junta abierta ( ) Junta asfáltica ( ) Placas deslizantes ( ) Juntas dentadas				( ) Elastomérica ( ) Elastomérica colada/reforzada ( ) Sello comprimido ( ) Modular con sello ( ) Junta abierta ( ) Junta asfáltica ( ) Placas deslizantes ( ) Juntas dentadas				( ) Elastomérica ( ) Elastomérica colada/reforzada ( ) Sello comprimido ( ) Modular con sello ( ) Junta abierta ( ) Junta asfáltica ( ) Placas deslizantes ( ) Juntas dentadas			
Longitud (m)																																			
C. Aspectos por evaluar	D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																																		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Filtración de agua																																			
Faltante o deformación																																			
Movimiento vertical																																			
Obstrucción																																			
Condición de los componentes																																			
Condición sello																																			

Figura B.73. Formulario de Inspección rutinaria de accesorios: juntas de expansión (IR-AC-01).

Tabla B.44. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-AC-01.

Ítem	Descripción
1. Junta elastomérica	La cantidad que se debe indicar es la longitud de la junta en metros lineales (m). Para identificar cual junta de expansión se está evaluando, se debe indicar el número indicado en el esquema general del puente. Se debe evaluar la condición de cada junta de expansión de acuerdo con la Tabla B.28.
2. Junta elastomérica colada/reforzada	
3. Junta de sello comprimido	
4. Junta modular con sello	
5.Junta abierta	La cantidad que se debe indicar es la longitud de la junta en metros lineales (m). Para identificar cual junta de expansión se está
6. Junta asfáltica	

Tabla B.44. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-AC-01.

Ítem	Descripción
7. Junta de placas deslizantes	evaluando, se debe indicar el número indicado en el esquema general del puente. Se debe evaluar la condición de cada junta de acuerdo con la Tabla B.28 excepto la condición del sello, ya que no aplica para estos tipos de juntas.
8. Junta dentada	

EVALUACIÓN DE LOS ACCESORIOS: SUPERFICIE DE DESGASTE DEL PUENTE Y SISTEMA DE DRENAJE DEL TABLERO (IR-AC-02)																				
Fecha de inspección												Hoja			N.° Tramo				
Inspector	Nombre				Primer apellido				Segundo apellido				Identificación			Nivel				
1.																N.° Super.				
2.																				
A. Datos generales del puente																				
Código del puente									Ruta n.°											
Nombre del puente									Kilómetro de ubicación				km							
B. Elementos por evaluar																				
ELEMENTOS	SISTEMA DE DRENAJE								SUPERFICIE DE DESGASTE											
	Sistema de entrada				Sistema de salida				Asfalto				Concreto				Grava			
	Unidades				Unidades				Área (m^2)				Área (m^2)				Área (m^2)			
C. Aspectos por evaluar	D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
DRENAJES																				
Obstrucciones en sistema de drenaje																				
Condición de los bajantes																				
Condición de las rejillas																				
ASFÁLTICA																				
Ondulaciones																				
Surcos																				
Abultamientos y hundimientos																				
Grietas																				
Baches																				
Huecos																				
Sobrecapas																				
CONCRETO Y GRAVA																				
Estado superficie grava																				
Grietas una dirección																				
Grietas dos direcciones																				
Agujeros en losas																				
Delaminaciones																				
Acero expuesto																				
Eflorescencias																				
Nidos de piedra																				
Abrasión o desgaste																				

Figura B.74. Formularios de *Inspección rutinaria* de los accesorios: superficie de desgaste del puente y sistema de drenaje (IR-AC-02.).

Tabla B.45. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-AC-02.

Ítem	Descripción
1. Sistema de drenaje (entrada)	Se debe contar la cantidad de rejillas que hay en la superestructura y se debe evaluar su condición según la Tabla B.29.
2. Sistema de drenaje (salida)	Se debe contar la cantidad de bajantes que hay en la superestructura y se debe evaluar su condición según la Tabla B.29.
3. Superficie de desgaste asfáltica	La cantidad que se debe indicar para la superficie de ruedo asfáltica es el área de calzada (largo total del puente x ancho de calzada) y reportarla en metros cuadrados (m^2). La evaluación de la condición de la superficie de desgaste asfáltica se realiza según la Tabla B.26.
4. Superficie de desgaste de concreto	La cantidad que se debe indicar para la superficie de ruedo de concreto es el área de calzada (largo total del puente x ancho de calzada) y reportarla en metros cuadrados (m^2). La evaluación de la condición de la superficie de desgaste de concretos se realiza según la Tabla B.5.
5. Superficie de desgaste de grava	La cantidad que se debe indicar para la superficie de ruedo de grava es el área de calzada (largo total del puente x ancho de calzada) y reportarla en metros cuadrados (m^2). La evaluación de la condición de la superficie de desgaste de grava se realiza según la Tabla B.27.

B.5.4 Descripción de los formularios de inspección de la superestructura

Para la evaluación de la superestructura hay nueve formularios diferentes, los cuales se diferencian por el tipo de superestructura evaluada y por los materiales de sus elementos. Estos se explican con detalle a continuación.

B.5.4.1 Formulario de inspección rutinaria de tableros (IR-SP-01)

En la Figura B.75 se muestra el formulario IR-SP-01 y en la Tabla B.46 se describe la información incluida en el formulario. En este formulario se incluyen los tableros de concreto, acero y madera.

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA:TABLERO (IR-SP-01)																															
Fecha de inspección																Hoja				N.° Tramo											
Inspector	Nombre				Primer apellido				Segundo apellido							Identificación		Nivel														
1.																				N.° Super.											
2.																															
A. Datos generales del puente																															
Código del puente													Ruta n.°																		
Nombre del puente													Kilómetro de ubicación						km												
B. Elementos por evaluar																															
ELEMENTOS	Tablero de concreto								Tablero de acero								Tablero de madera														
	TIPO								TIPO								TIPO														
	□ Concreto reforzado □ Concreto presforzado								□ Lámina □ Rejilla metálica □ Rejilla rellena □ Metálico corrugado								□ Madera □ Madera presforzada														
	Largo (m)		Ancho (m)		Área Total (m^2)				Largo (m)		Ancho (m)		Área Total (m^2)				Largo (m)		Ancho (m)		Área Total (m^2)										
C. Aspectos por evaluar	D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																														
	1		2		3		4		1		2		3		4		1		2		3		4								
CONCRETO REFORZADO (elementos área)																															
Grietas una dirección																															
Grietas dos direcciones																															
Agujeros en losas																															
Delaminaciones																															
Acero expuesto																															
Eflorescencias																															
Nidos de piedra																															
Abrasión o desgaste																															
Impacto																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área)																															
Delaminaciones																															
Agrietamiento																															
Agujeros en losas																															
Eflorescencias																															
Acero expuesto																															
Presfuerzo expuesto																															
Nidos de piedra																															
Abrasión o desgaste																															
Impacto																															
ACERO (elementos área)																															
Agrietamiento																															
Corrosión																															
Deformación																															
Conexiones																															
Impacto																															
Reparaciones																															
MADERA (elementos área)																															
Agrietamiento																															
Abrasión o desgaste																															
Pudrición																															
Pérdida de sección																															
Daño por fuego																															
Conexiones																															
Reparaciones																															

Figura B.75. Formulario de Inspección rutinaria de los tableros (IR-SP-01).

Tabla B.46. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-01.

Ítem	Descripción
1. Tablero de concreto	Para los tableros de concreto se debe medir el largo en metros (m) y ancho en metros (m) para estimar el área de éste en metros cuadrados (m^2). Se debe seleccionar el tipo de concreto (reforzado o presforzado) y la condición que se debe reportar se determina utilizando la Tabla B.5 para concreto reforzado y la Tabla B.7 para concreto presforzado.
2. Tablero de acero	Para los tableros de acero se debe medir el largo en metros (m) y el ancho en metros (m) para estimar el área en metros cuadrados (m^2). Se debe seleccionar el tipo de tablero. La condición que se debe reportar se determina utilizando la Tabla B.2 para los tableros de lámina y metálicos, y la Tabla B.3 para los tableros de rejilla.
3.Tablero de madera	Para los tableros de madera se debe medir el largo en metros (m) y el ancho en metros (m) para estimar el área en metros cuadrados (m^2). Se debe seleccionar el tipo de tablero entre madera y madera presforzada. La condición que se debe reportar se determina utilizando la Tabla B.9.

B.5.4.1 Formulario de inspección rutinaria de superestructura tipo vigas de concreto reforzado/concreto presforzado (IR-SP-02)

En la Figura B.76 se muestra el formulario IR-SP-02 y en la Tabla B.47 se describe la información incluida en el formulario. Se incluye en este formulario la evaluación de las superestructuras en las que los elementos principales son losas, vigas o vigas cajón de concreto reforzado o presforzado.

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS DE CONCRETO REFORZADO / PRESFORZADO (IR-SP-02)																															
Fecha de inspección																		Hoja				N.° Tramo									
Inspector	Nombre				Primer apellido				Segundo apellido									Identificación		Nivel												
1.																						N.° Super.									
2.																															
A. Datos generales del puente																															
Código del puente																		Ruta n.°													
Nombre del puente																		Kilómetro de ubicación			km										
B. Elementos por evaluar																															
ELEMENTOS	ELEMENTOS PRINCIPALES																								ELEMENTOS SECUNDARIOS						
	Superestructura tipo losa				Viga cajón concreto reforzado				Viga cajón concreto presforzado				Vigas concreto reforzado				Vigas concreto presforzado				Diafragmas										
	Largo (m)	Ancho (m)	Área total (m^2)		Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Ancho (m)	N.° diafrag	Longitud total (m)								
C. Aspectos por evaluar	D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																														
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4							
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Delaminaciones																															
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Acero expuesto																															
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Eflorescencias																															
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Nidos de piedra																															
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Agrietamiento																															
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Abrasión o desgaste																															
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Impacto																															
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Grietas una dirección																															
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Grietas dos direcciones																															
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Agujeros en losas																															
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Delaminaciones																															
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Acero expuesto																															
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Eflorescencias																															
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Nidos de piedra																															
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Abrasión o desgaste																															
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Impacto																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Delaminaciones																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Agrietamiento																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Eflorescencias																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Nidos de piedra																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Acero expuesto																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Presfuerzo expuesto																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Abrasión o desgaste																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Impacto																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Delaminaciones																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Agrietamiento																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Agujeros en losas																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Eflorescencias																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Acero expuesto																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Presfuerzo expuesto																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Nidos de piedra																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Abrasión o desgaste																															
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Impacto																															

Figura B.76. Formulario de *Inspección rutinaria* de la superestructura tipo vigas de concreto reforzado/concreto presforzado (IR-SP-02).

Tabla B.47. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-02.

Ítem	Descripción
1. Superestructura tipo losa	Para las superestructuras tipo losa de concreto se debe medir el largo en metros (m) y el ancho en metros (m) para estimar el área en metros cuadrados (m^2). Se debe evaluar la condición utilizando la Tabla B.5 para concreto reforzado y la Tabla B.7 para concreto presforzado.
2. Viga cajón de concreto reforzado	Se debe medir el largo en metros (m) de las vigas cajón e indicar el número de vigas. La longitud total se calcula multiplicando el largo medido por el número de vigas. La evaluación de las vigas cajón de concreto reforzado se realiza utilizando la Tabla B.5.
3. Vigas cajón de concreto presforzado	Se debe medir el largo en metros (m) de las vigas cajón e indicar el número de vigas. La longitud total se calcula multiplicando el largo por el número de vigas. La evaluación de las vigas cajón de concreto presforzado se realiza utilizando la Tabla B.7.
4. Vigas de concreto reforzado	Se debe medir el largo de las vigas en metros (m) y la cantidad de vigas para calcular la longitud total. La evaluación de las vigas de concreto reforzado se realiza utilizando la Tabla B.4 la cual se utiliza para elementos lineales.
5. Vigas de concreto presforzado	Se debe medir el largo de las vigas en metros (m) y la cantidad de vigas para calcular la longitud total. La evaluación de las vigas de concreto presforzado se realiza utilizando la Tabla B.6 la cual se utiliza para elementos lineales.
6. Diafragmas	Para los diafragmas de concreto se debe medir el ancho total de superestructura o tramo en metros (m) (medición en la dirección perpendicular al sentido de la vía) y se debe reportar el número de líneas de diafragmas. Los diafragmas se consideran elementos lineales por lo que deben evaluarse según la Tabla B.4.

B.5.4.2 Formulario de inspección rutinaria de superestructura tipo vigas de acero (IR-SP-03)

En la Figura B.77 se muestra el formulario IR-SP-03 y en la Tabla B.48 se describe la información incluida en el formulario.

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS DE ACERO (IR-SP-03)																															
Fecha de inspección																Hoja			N.° Tramo												
Inspector			Nombre				Primer apellido				Segundo apellido				Identificación			Nivel													
1.																			N.° Super.												
2.																															
A. Datos generales del puente																															
Código del puente																Ruta n.°															
Nombre del puente																Kilómetro de ubicación			km												
B. Elementos por evaluar																															
ELEMENTOS			ELEMENTOS PRINCIPALES																		ELEMENTOS SECUNDARIOS										
			Viga cajón				Vigas principales				Vigas transversales				Vigas de piso				Diafragmas				Sistema de arriostramiento								
			Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Ancho (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Ancho (m)	N.° diafrag	Longitud total (m)		Transversales (m)			Longitudinales (m)					
C. Aspectos por evaluar			D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																												
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
ACERO	(elementos lineales)	Agrietamiento																													
		Corrosión																													
		Deformación																													
		Conexiones																													
		Impacto																													
	(elementos de área)	Agrietamiento																													
		Corrosión																													
		Conexiones y alineamiento																													
		Impacto																													
		Reparaciones																													
SISTEMA DE PROTECCIÓN DEL ACERO	ELEMENTOS PRINCIPALES	Decoloración																													
		Pulverización																													
		Descascaramiento/ampollas																													
		Efectividad de la protección																													
		Galvanizado																													
		Sistema dúplex																													
		Porcentaje de oxidación																													
		Protec. acero autopatinable																													
	ELEMENT. SECUNDARIOS	Pulverización																													
		Descascaramiento/ampollas																													
		Efectividad de la protección																													
		Galvanizado																													
		Sistema dúplex																													
		Porcentaje de oxidación																													
		Protec. acero autopatinable																													

Figura B.77. Formulario de *Inspección rutinaria* de la superestructura tipo vigas de acero (IR-SP-03).

Tabla B.48. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-03.

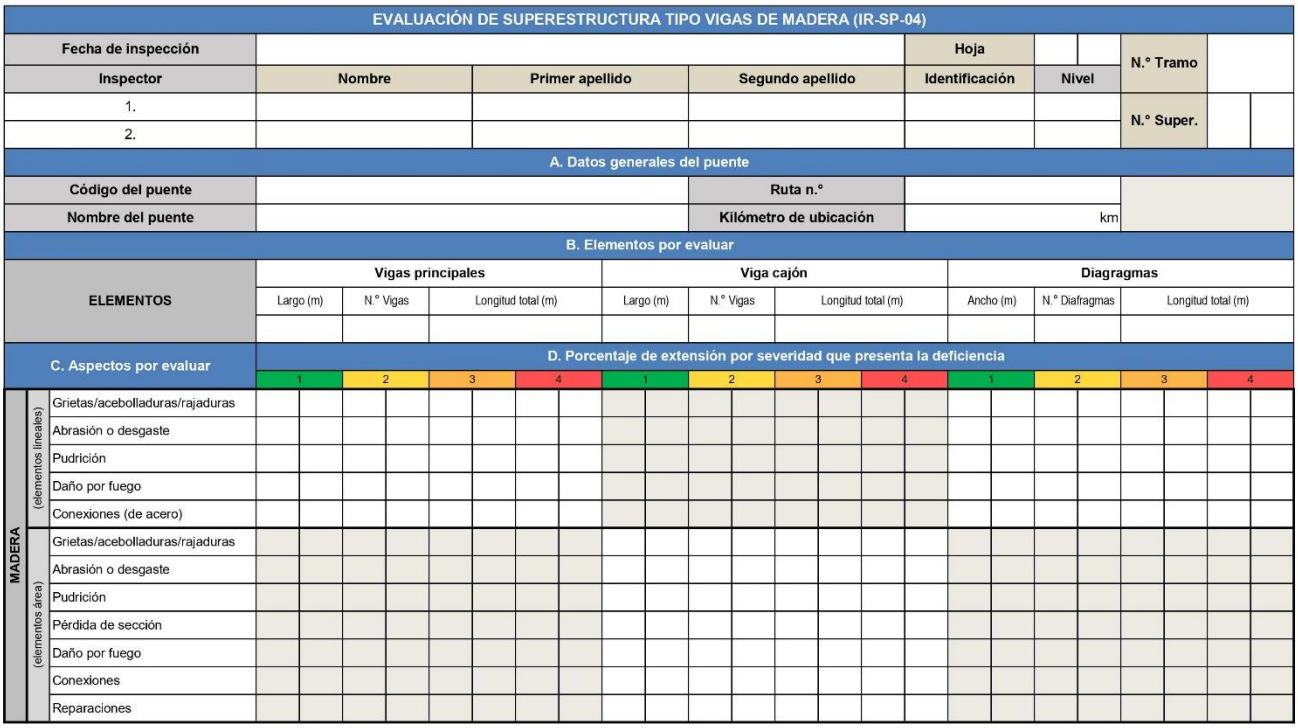
Ítem	Descripción
1. Vigas cajón de acero	Se debe medir el largo en metros (m) de las vigas cajón e indicar el número de vigas. La longitud total se calcula multiplicando el largo por el número de vigas. La evaluación de las vigas cajón de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección.
2. Vigas principales	Se debe medir el largo en metros (m) de las vigas e indicar el número de vigas. La longitud total se calcula multiplicando el largo por el número de vigas. La evaluación de las vigas de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección.
3.Vigas transversales	Se debe medir el ancho total de la superestructura o tramo en metros (m) y el número de líneas de vigas transversales. La longitud total se calcula multiplicando el ancho por el número de vigas transversales. La evaluación de las vigas transversales de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección. se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección.
4. Vigas de piso	Se debe medir el largo en metros (m) de las vigas e indicar el número de vigas de piso. La longitud total se calcula multiplicando el largo por el número de vigas. La evaluación de las vigas de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección.
5. Diafragmas	Se debe medir el ancho total de superestructura o tramo en metros (m) e indicar el número de líneas de diafragmas. La longitud total considerada para los diafragmas corresponde al ancho de la superestructura por el número de diafragmas. La evaluación de los diafragmas de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección.
6. Sistema de arriostramiento	El sistema de arriostramiento puede ser transversal o longitudinal. Si los arriostres son transversales se debe indicar el producto del ancho total de la superestructura o tramo por el número de líneas de arriostres. Si los arriostres son longitudinales se debe indicar el producto del largo total de superestructura o tramo por el número de líneas de arriostres. La evaluación del sistema de arriostramiento de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Se debe utilizar la

Tabla B.48. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-03.

Ítem	Descripción
	Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección.

B.5.4.3 Formulario de inspección rutinaria de superestructura tipo vigas de madera (IR-SP-04)

En la Figura B.78 se muestra el formulario IR-SP-04 el cual corresponde a la inspección de vigas de madera y en la Tabla B.49 se describe la información incluida en el formulario.



EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS DE MADERA (IR-SP-04)

Fecha de inspección				Hoja		N.° Tramo	
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel		
1.						N.° Super.	
2.							

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km	

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	Vigas principales			Viga cajón			Diagragmas		
	Largo (m)	N.° Vigas	Longitud total (m)	Largo (m)	N.° Vigas	Longitud total (m)	Ancho (m)	N.° Diafragmas	Longitud total (m)

C. Aspectos por evaluar		D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia															
		1		2		3		4		1		2		3		4	
MADERA	(elementos lineales) Grietas/acebolladuras/rajaduras																
	(elementos lineales) Abrasión o desgaste																
	(elementos lineales) Pudrición																
	(elementos lineales) Daño por fuego																
	(elementos lineales) Conexiones (de acero)																
	(elementos área) Grietas/acebolladuras/rajaduras																
	(elementos área) Abrasión o desgaste																
	(elementos área) Pudrición																
	(elementos área) Pérdida de sección																
	(elementos área) Daño por fuego																
	(elementos área) Conexiones																
	(elementos área) Reparaciones																

Figura B.78. Formulario de Inspección rutinaria de superestructuras tipo vigas de madera (IR-SP-04).

Tabla B.49. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-04.

Ítem	Descripción
1. Vigas principales	Se debe medir el largo en metros (m) de las vigas e indicar el número de vigas. La longitud total se calcula multiplicando el largo por el número de vigas. La evaluación de las vigas de madera se realiza utilizando la Tabla B.8
2. Vigas cajón	Se debe medir el largo en metros (m) de las vigas cajón e indicar el número de vigas. La longitud total se calcula multiplicando el largo por el número de vigas. La evaluación de las vigas cajón de madera se realiza utilizando la Tabla B.9.

Tabla B.49. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-04.

Ítem	Descripción
3. Diafragmas	Se debe medir el ancho total de superestructura o tramo en metros (m) e indicar el número de líneas de diafragmas. La longitud total corresponde al ancho de la superestructura por el número de diafragmas. La evaluación de los diafragmas de madera se realiza utilizando la Tabla B.8.

B.5.4.4 Formulario de inspección rutinaria de superestructura tipo cerchas (IR-SP-05)

En la Figura B.79 se muestra el formulario IR-SP-05 el cual corresponde a la inspección de cerchas de madera y de acero. En la Tabla B.50 se describe la información incluida en el formulario.

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO CERCHAS (IR-SP-05)

Fecha de inspección					Hoja		N.° Tramo	
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel			
1.						N.° Super.		
2.								

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km	

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	ELEMENTOS PRINCIPALES																ELEMENTOS SECUNDARIOS							
	Cerchas de acero				Cerchas de madera				Vigas transversales				Vigas de piso				Sist. arriostramiento acero				Sist. arriostramiento madera			
	Largo (m)	N.° cerchas	Longitud total (m)		Largo (m)	N.° cerchas	Longitud total (m)		Ancho (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Transversales (m)	Longitudinales (m)			Transversales (m)	Longitudinales (m)		
C. Aspectos por evaluar	D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACERO (elementos lineales) Agrietamiento																								
ACERO (elementos lineales) Corrosión																								
ACERO (elementos lineales) Deformación																								
ACERO (elementos lineales) Conexiones																								
ACERO (elementos lineales) Impacto																								
ACERO (Sistema de protección) Decoloración																								
ACERO (Sistema de protección) Pulverización																								
ACERO (Sistema de protección) Descascaramiento/ampollas																								
ACERO (Sistema de protección) Efectividad de la protección																								
ACERO (Sistema de protección) Galvanizado																								
ACERO (Sistema de protección) Sistema dúplex																								
ACERO (Sistema de protección) Porcentaje de oxidación																								
ACERO (Sistema de protección) Sist.protección acero corten																								
MADERA (elementos lineales) Grietas/acebolladuras/rajaduras																								
MADERA (elementos lineales) Abrasión o desgaste																								
MADERA (elementos lineales) Pudrición																								
MADERA (elementos lineales) Daño por fuego																								
MADERA (elementos lineales) Conexiones (de acero)																								

Figura B. 79. Formulario de *Inspección rutinaria* de la superestructura tipo cerchas (IR-SP-05).

Tabla B.50. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-05.

Ítem	Descripción

Tabla B.50. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-05.

Ítem	Descripción
1.Cerchas de acero	Se debe medir el largo en metros (m) de la superestructura e indicar el número de cerchas que hay. La longitud total se calcula multiplicando el largo medido de la superestructura por el número de cerchas. La evaluación de las cerchas de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten los elementos de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección.
2. Cerchas de madera	Se debe medir el largo en metros (m) de la superestructura e indicar el número de cerchas. La longitud total se calcula multiplicando el largo por el número de cerchas. La evaluación de las cerchas de madera se realiza utilizando la Tabla B.8.
3. Vigas transversales	Se debe medir el ancho total de la superestructura o tramo en metros (m) y el número de líneas de vigas transversales. La longitud total se calcula multiplicando el ancho por el número de vigas transversales. La evaluación de las vigas transversales de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten las vigas de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si las vigas transversales son de madera se debe utilizar la Tabla B.8.
4. Vigas de piso	Se debe medir el largo en metros (m) de las vigas e indicar el número de vigas de piso. La longitud total se calcula multiplicando el largo por el número de vigas. La evaluación de las vigas de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten las vigas de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si las vigas de piso son de madera se debe utilizar la Tabla B.8.
5. Sistema de arriostramiento de acero	El sistema de arriostramiento puede ser transversal o longitudinal. Si los arriostres son transversales, se debe indicar el producto del ancho total de la superestructura o tramo en metros (m) por el número de líneas de arriostres. Si los arriostres son longitudinales, se debe indicar el producto del largo total de superestructura o tramo en metros (m) por el número de

Tabla B.50. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-05.

Ítem	Descripción
	líneas de arriostres. La evaluación del sistema de arriostramiento de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten las vigas de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección.
6. Sistema de arriostramiento de madera	El sistema de arriostramiento puede ser transversal o longitudinal. Si los arriostres son transversales, se debe indicar el producto del ancho total de la superestructura o tramo en metros (m) por el número de líneas de arriostres. Si los arriostres son longitudinales, se debe indicar el producto del largo total de superestructura o tramo en metros (m) por el número de líneas de arriostres. La evaluación del sistema de arriostramiento de acero se realiza utilizando la Tabla B.8.

B.5.4.5 Formulario de inspección rutinaria de superestructura tipo colgante (IR-SP-06)

En la Figura B.80 se muestra el formulario IR-SP-06 el cual corresponde a la inspección de las superestructuras tipo colgante. En la Tabla B.51 se describe la información incluida en el formulario.

Tabla B.51. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-06.

Ítem	Descripción
1.Cables principales	La cantidad que se debe reportar es el número de cables principales y la condición se evalúa de acuerdo con la Tabla B.30.
2. Tirantes	La cantidad que se debe reportar es el número de tirantes y la condición se evalúa de acuerdo con la Tabla B.30.
3. Vigas transversales	Se debe medir el ancho total de la superestructura o tramo en metros (m) y el número de vigas transversales. La longitud total se calcula multiplicando el ancho por el número de vigas transversales. La evaluación de las vigas transversales de acero se realiza utilizando la Tabla B.2.

Tabla B.51. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-06.

Ítem	Descripción
	Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten las vigas de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección.
4. Vigas de piso	Se debe medir el largo en metros (m) de las vigas e indicar el número de vigas de piso. La longitud total se calcula multiplicando el largo por el número de vigas. La evaluación de las vigas de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten las vigas de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección.
5. Cerchas rigidizadoras	Se debe medir el largo en metros (m) de la superestructura e indicar el número de cerchas. La longitud total se calcula multiplicando el largo por el número de cerchas. La evaluación de las cerchas de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten las vigas de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección.
6.Sistema de arriostramiento	El sistema de arriostramiento puede ser transversal o longitudinal. Si los arriostres son transversales, se debe indicar el producto del ancho total de la superestructura o tramo en metros (m) por el número de líneas de arriostres. Si los arriostres son longitudinales, se debe indicar el producto del largo total de superestructura o tramo en metros (m) por el número de líneas de arriostres. La evaluación del sistema de arriostramiento de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten las vigas de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección.

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO COLGANTE (IR-SP-06)																													
Fecha de inspección																Hoja			N.° Tramo									
Inspector		Nombre				Primer apellido				Segundo apellido				Identificación			Nivel												
1.																			N.° Super.									
2.																													
A. Datos generales del puente																													
Código del puente														Ruta n.°															
Nombre del puente														Kilómetro de ubicación				km											
B. Elementos por evaluar																													
ELEMENTOS			ELEMENTOS PRINCIPALES																ELEMENTOS SECUNDARIOS										
			Cables principales			Tirantes			Vigas transversales			Vigas de piso				Cerchas rigidizadoras			Sistema arrisotramiento										
			N.°Líneas	N.°cables	Cantidad	N.°Líneas	N.°cables	Cantidad	Ancho (m)	N.°vigas	Longitud total (m)	Largo (m)	N.°vigas	Longitud total (m)		Ancho (m)	N.°cerchas	Longitud total (m)	Transversales (m)		Longitudinales (m)									
C. Aspectos por evaluar			D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																										
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACERO	(elementos lineales)	Agrietamiento																											
		Corrosión																											
		Deformación																											
		Conexiones																											
		Impacto																											
	(cables)	Cables dañados																											
		Sistema sujeción cables																											
		Vibración																											
		Anclajes																											
SISTEMA DE PROTECCIÓN DEL ACERO	ELEMENTOS PRINCIPALES	Decoloración																											
		Pulverización																											
		Descascaramiento/ampollas																											
		Efectividad de la protección																											
		Galvanizado																											
		Sistema dúplex																											
		Porcentaje de oxidación																											
		Protec. acero autopatinable																											
	ELEMENTOS SECUNDARIOS	Pulverización																											
		Descascaramiento/ampollas																											
		Efectividad de la protección																											
		Galvanizado																											
		Sistema dúplex																											
		Porcentaje de oxidación																											
		Protec. acero autopatinable																											

Figura B.80. Formulario de *Inspección rutinaria* de la superestructura tipo colgante (IR-SP-06).

B.5.4.6 Formulario de inspección rutinaria de superestructura tipo atirantado (IR-SP-07)

En la Figura B.81 se muestra el formulario IR-SP-07 el cual corresponde a la inspección de las superestructuras tipo atirantado. En la Tabla B.52 se describe la información incluida en el formulario.

Tabla B.52. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-07.

Ítem	Descripción
1.Cables principales	La cantidad que se debe reportar es el número de cables principales y la condición se evalúa de acuerdo con la Tabla B.30.
3. Vigas principales	Se debe medir el largo en metros (m) de las vigas e indicar el número de vigas. La longitud total se calcula multiplicando el largo por el número de vigas. La evaluación de las vigas de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten las vigas de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si las vigas son de concreto reforzado, se debe utilizar la Tabla B.4 y si son de concreto presforzado la Tabla B.6.
4. Vigas transversales	Se debe medir el ancho total de la superestructura o tramo en metros (m) y el número de líneas de vigas transversales. La longitud total se calcula multiplicando el ancho por el número de vigas transversales. La evaluación de las vigas transversales de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten las vigas de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si las vigas transversales son de concreto reforzado, se debe utilizar la Tabla B.4 y si son de concreto presforzado la Tabla B.6.
5. Diafragmas	Se debe medir el ancho total de superestructura o tramo en metros (m) e indicar el número de líneas de diafragmas. La longitud total corresponde al ancho de la superestructura por el número de diafragmas. La evaluación de los diafragmas de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten los diafragmas de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si los diafragmas son de concreto reforzado, se debe utilizar la Tabla B.4 y si son de concreto presforzado la Tabla B.6.

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO ATIRANTADO (IR-SP-07)																	
Fecha de inspección										Hoja			N.° Tramo				
Inspector	Nombre		Primer apellido		Segundo apellido			Identificación		Nivel							
1.													N.° Super.				
2.																	
A. Datos generales del puente																	
Código del puente							Ruta n.°										
Nombre del puente							Kilómetro de ubicación			km							
B. Elementos por evaluar																	
ELEMENTOS	ELEMENTOS PRINCIPALES												SECUNDARIOS				
	Cables principales				Vigas principales				Vigas transversales				Diafragmas				
	Largo (m)	N.° cerchas	Longitud total (m)		Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Ancho (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Ancho (m)	N.° diafrag	Longitud total (m)		
C. Aspectos por evaluar	D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales)	Delaminaciones																
	Acero expuesto																
	Eflorescencias																
	Nidos de piedra																
	Agrietamiento																
	Abrasión o desgaste																
	Impacto																
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales)	Delaminaciones																
	Agrietamiento																
	Eflorescencias																
	Nidos de piedra																
	Acero expuesto																
	Presfuerzo expuesto																
	Abrasión o desgaste																
	Impacto																
ACERO (elementos lineales)	Agrietamiento																
	Corrosión																
	Deformación																
	Conexiones																
	Impacto																
(cables)	Cables dañados																
	Sistema sujeción cables																
	Vibración																
	Anclajes																
Sistema de protección	Decoloración																
	Pulverización																
	Descascaramiento/ampollas																
	Efectividad de la protección																
	Galvanizado																
	Sistema dúplex																
	Porcentaje de oxidación																
	Protección acero autopatinable																

Figura B.81. Formulario de *Inspección rutinaria* de la superestructura tipo atirantado (IR-SP-07).

B.5.4.7 Formulario de inspección rutinaria de superestructura tipo arco de madera, acero o concreto (IR-SP-08)

En la Figura B.82 se muestra el formulario IR-SP-08 el cual corresponde a la inspección de las superestructuras tipo arco de concreto, acero o madera. En la Tabla B.53 se describe la información incluida en el formulario.

Tabla B.53. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-08.

Ítem	Descripción
1.Arco	Para los arcos se debe medir la longitud de la cuerda del arco en metros (m) e indicar el número de arcos de cada superestructura o tramo. La evaluación de los arcos de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten los arcos de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si los arcos son de concreto reforzado, se debe utilizar la Tabla B.4 y si son de concreto presforzado la Tabla B.6. En el caso de los arcos de madera se debe utilizar la Tabla B.8.
2. Soporte del tablero	Para el soporte del tablero se debe reportar el ancho total de superestructura o tramo en metros (m) y el número de líneas de soportes. Si el soporte del tablero es de acero se debe evaluar la condición utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuente el soporte de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si el soporte es de concreto reforzado, se debe utilizar la Tabla B.4 y si es de concreto presforzado la Tabla B.6. En el caso que el soporte del tablero sea de madera se debe utilizar la Tabla B.8.
3. Vigas de piso	Se debe medir el largo en metros (m) de las vigas e indicar el número de vigas de piso. La longitud total se calcula multiplicando el largo por el número de vigas. La evaluación de las vigas de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten las vigas de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si las vigas son de concreto reforzado, se debe utilizar la Tabla B.4 y si son de concreto presforzado la Tabla B.6. Si las vigas de piso son de madera se debe utilizar la Tabla B.8.
4.Muro de retención lateral	La cantidad que se debe reportar es la suma de los largos en metros (m) de cada muro de retención lateral. La evaluación del muro dependerá del material del que esté construido. Si es de concreto reforzado, se debe utilizar la Tabla B.5 y si es concreto presforzado la Tabla B.7.
5. Vigas de arriostramiento	Se debe medir el ancho total de superestructura o tramo en metros (m) y reportar el número de líneas de vigas de arriostramiento. La longitud total

Tabla B.53. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-08.

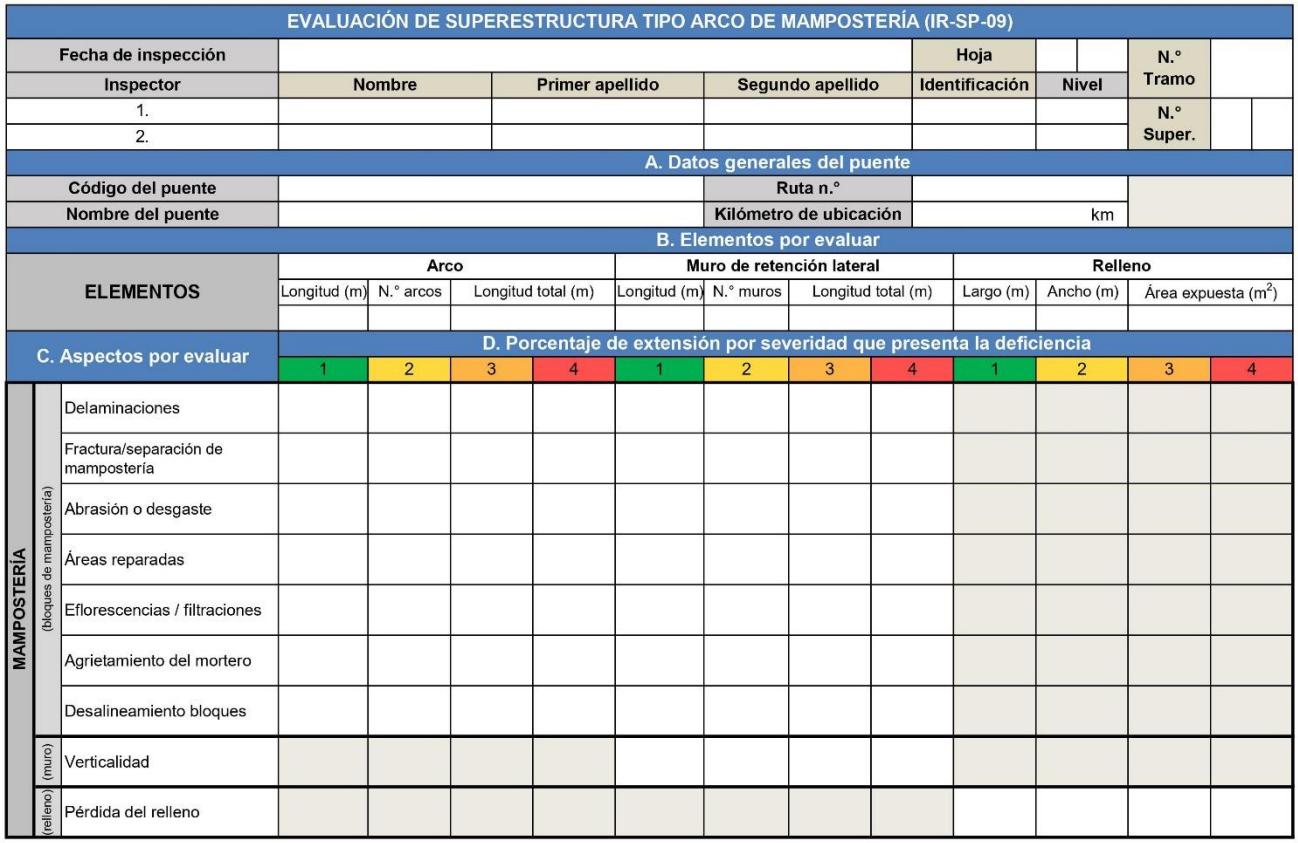
Ítem	Descripción
	corresponde al ancho de la superestructura por el número de líneas de viga de arriostramiento. La evaluación de las vigas de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten las vigas de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si las vigas son de concreto reforzado, se debe utilizar la Tabla B.4 y si son de concreto presforzado la Tabla B.6. Si las vigas son de madera se debe utilizar la Tabla B.8.

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO ARCO DE MADERA / ACERO / CONCRETO (IR-SP-08)																													
Fecha de inspección														Hoja			N.° Tramo												
Inspector		Nombre				Primer apellido				Segundo apellido				Identificación			Nivel												
1.																													
2.																													
A. Datos generales del puente																													
Código del puente													Ruta n.°																
Nombre del puente													Kilómetro de ubicación				km												
B. Elementos por evaluar																													
ELEMENTOS		ELEMENTOS PRINCIPALES																						SECUNDARIOS					
		Arco				Soporte del tablero				Vigas transversales				Vigas de piso				Muro de retención lateral				Vigas de arriostramiento					
		L (m)	N.°	L total (m)		A (m)	N.°	Total (m)		A (m)	N.°	Total (m)		L (m)	N.°	L total (m)		L (m)	N.°	L total (m)		A (m)	N.°	Total (m)			
C. Aspectos por evaluar		D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
CONCRETO REFORZADO	(elementos lineales)	Delaminaciones																											
		Acero expuesto																											
		Eflorescencias																											
		Nidos de piedra																											
		Agrietamiento																											
		Abrasión o desgaste																											
		Impacto																											
CONCRETO PRESFORZADO	(elementos lineales)	Delaminaciones																											
		Agrietamiento																											
		Eflorescencias																											
		Nidos de piedra																											
		Acero expuesto																											
		Presfuerzo expuesto																											
		Abrasión o desgaste																											
		Impacto																											
ACERO	(elementos lineales)	Agrietamiento																											
		Corrosión																											
		Deformación																											
		Conexiones																											
		Impacto																											
	(sistema de protección)	Decoloración																											
		Pulverización																											
		Descascaramiento/ampollas																											
		Efectividad de la protección																											
		Galvanizado																											
		Sistema dúplex																											
		Porcentaje de oxidación																											
		Protección acero autopatinable																											
MADERA	(elementos lineales)	Grietas/acebolladuras/rajaduras																											
		Abrasión o desgaste																											
		Pudrición																											
		Daño por fuego																											
		Conexiones (de acero)																											

Figura B.82. Formulario de *Inspección rutinaria* de las superestructuras tipo arco de madera, acero o concreto (IR-SP-08).

B.5.4.8 Formulario de inspección rutinaria de superestructura tipo arco de mampostería (IR-SP-09)

En la Figura B.83 se muestra el formulario IR-SP-09 el cual corresponde a la inspección de las superestructuras tipo arco de mampostería. En la Tabla B.54 se describe la información incluida en el formulario.



EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO ARCO DE MAMPOSTERÍA (IR-SP-09)													
Fecha de inspección						Hoja			N.° Tramo				
Inspector	Nombre		Primer apellido		Segundo apellido	Identificación		Nivel					
1.									N.° Super.				
2.													
A. Datos generales del puente													
Código del puente					Ruta n.°								
Nombre del puente					Kilómetro de ubicación			km					
B. Elementos por evaluar													
ELEMENTOS	Arco			Muro de retención lateral			Relleno						
	Longitud (m)	N.° arcos	Longitud total (m)	Longitud (m)	N.° muros	Longitud total (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Área expuesta (m^2)				
C. Aspectos por evaluar	D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia												
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
MAMPOSTERÍA (bloques de mampostería) Delaminaciones													
Fractura/separación de mampostería													
Abrasión o desgaste													
Áreas reparadas													
Eflorescencias / filtraciones													
Agrietamiento del mortero													
Desalineamiento bloques													
(muro) Verticalidad													
(relleno) Pérdida del relleno													

Figura B.83. Formulario de *Inspección rutinaria* de la superestructura tipo arco de mampostería (IR-SP-09).

Tabla B.54. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-09.

Ítem	Descripción
1.Arco	Se debe reportar la longitud de la cuerda del arco en metros (m) y el número de arcos de cada superestructura o tramo. Para la evaluación de la condición de un arco de mampostería se debe utilizar la Tabla B.10.
2. Muro de retención lateral	Para los muros de retención lateral de los arcos se debe indicar la suma de los largos de cada muro de retención lateral en metros (m). Para la evaluación de la condición de los muros de un arco de mampostería

Tabla B.54. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SP-09.

Ítem	Descripción
	se debe utilizar la Tabla B.10.
3. Relleno	Se debe medir el largo en metros (m) y el ancho en metros (m) del área expuesta. Estas mediciones se utilizan para estimar el área de relleno que está expuesta. Para la evaluación de la pérdida de relleno en un arco de mampostería se debe utilizar la Tabla B.10.

B.5.5 Descripción de los formularios de inspección de la subestructura

La evaluación rutinaria de los elementos de la subestructura está dividida en un formulario para la evaluación de bastiones (IR-SB-01), otor para la evaluación de las pilas (IR-SB-02) y otro formulario para la evaluación de los apoyos (IR-SB-03).

B.5.5.1 Formulario de inspección rutinaria de los elementos de la subestructura (IR-SB-01) Bastiones

En la Figura B.84 se muestra el formulario IR-SB-01 el cual corresponde a la inspección de los bastiones de cualquier material. En la Tabla B.55 se describe la información incluida en el formulario.

EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA SUBESTRUCTURA (IR-SB-01): BASTIONES

Fecha de inspección					Hoja	
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos generales del puente

Código del puente		**Ruta n.°**	
Nombre del puente		**Kilómetro de ubicación**	km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	**Cabezal de bastión n.° 1**	**Cuerpo de bastión n.° 1**	**Aletones bastión n.° 1**	**Cabezal de bastión n.° 2**	**Cuerpo de bastión n.° 2**	**Aletones bastión n.° 2**
	MATERIAL	**MATERIAL**	**MATERIAL**	**MATERIAL**	**MATERIAL**	**MATERIAL**
	□ Madera □ Acero □ Mampostería □ Concreto presf. □ Concreto reforz.	□ Madera □ Acero □ Mampostería □ Concreto presf. □ Concreto reforz.	□ Madera □ Acero □ Mampostería □ Concreto presf. □ Concreto reforz.	□ Madera □ Acero □ Mampostería □ Concreto presf. □ Concreto reforz.	□ Madera □ Acero □ Mampostería □ Concreto presf. □ Concreto reforz.	□ Madera □ Acero □ Mampostería □ Concreto presf. □ Concreto reforz.
	Ancho (m)	L (m)	L (m)	Ancho (m)	L (m)	L (m)

C. Aspectos por evaluar		**D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia**																							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
–	(lodos)	Asentamiento																							
		Condición de la unión de los aletones																							
		Movimiento o rotación																							
		Erosión y filtraciones en el relleno																							
ACERO	(elementos lineales)	Agrietamiento																							
		Corrosión																							
		Deformación																							
		Conexiones																							
		Impacto																							
	(sistema de protección)	Decoloración																							
		Pulverización																							
		Descascaramiento/ampollas																							
		Efectividad de la protección																							
		Galvanizado																							
		Sistema dúplex																							
		Porcentaje de oxidación																							
		Protección acero autopatinable																							
CONCRETO	(elementos lineales)	Delaminaciones																							
		Acero expuesto																							
		Eflorescencias																							
		Nidos de piedra																							
		Agrietamiento																							
		Abrasión o desgaste																							
		Impacto																							
MADERA	(elementos lineales)	Grietas/acebolladuras/rajaduras																							
		Abrasión o desgaste																							
		Pudrición																							
		Daño por fuego																							
		Conexiones (de acero)																							
MAMPOSTERÍA	(bloques de mampostería)	Delaminaciones																							
		Fractura / separación mampostería																							
		Abrasión o desgaste																							
		Áreas reparadas																							
		Eflorescencias / filtraciones																							
		Agrietamiento del mortero																							
		Desalineamiento bloques																							

NOTA: Si la cimentación de los bastiones está expuesta se debe evaluar en el cuerpo del bastión y especificarlo en los comentarios

Figura B.84. Formulario de *Inspección rutinaria* de los elementos de la subestructura (IR-SB-01).

Tabla B.55. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SB-01.

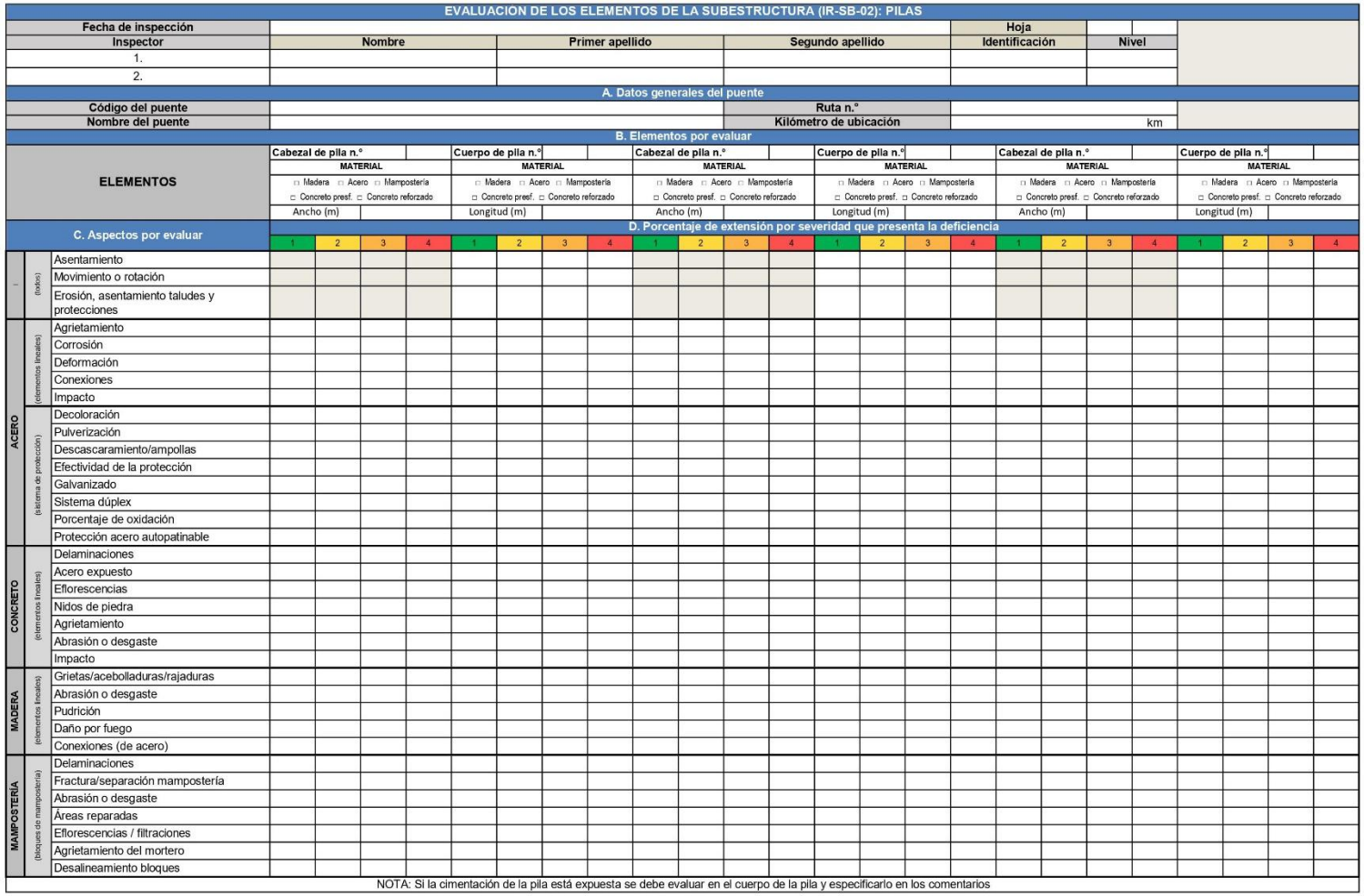
Ítem	Descripción
1.Cabezal del bastión n.°1 y n.°2	Para los cabezales de los bastiones se debe medir el ancho del cabezal en metros (m). El ancho del cabezal se mide en la dirección transversal a la dirección de la vía. Los aspectos por evaluar en el cabezal están determinados por el material del cual está construido. La evaluación de elementos de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si los elementos son concreto reforzado, se debe utilizar la Tabla B.4 y si son de concreto presforzado la Tabla B.6. En el caso de elementos de madera se debe utilizar la Tabla B.8. Para la evaluación de la mampostería se debe utilizar la Tabla B.10. En el caso de bastiones de tipo cabezal sobre pilotes sólo debe llenar el elemento cabezal.
2. Cuerpo del bastión n.°1 y n.°2	La longitud que se debe reportar del cuerpo del bastión depende del tipo de bastión. Las siguientes son las longitudes que se deben de reportar para los tipos de bastiones considerados: ▪ Gravedad: ancho de muro (m) ▪ Voladizo: ancho del muro (m) ▪ Marco: suma de la altura de cada columna (m) ▪ Muro con contrafuertes: ancho del muro (m) ▪ Tierra armada: ancho del muro (m) ▪ Cabezal sobre pilotes: ancho del cabezal (m)

Tabla B.55. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SB-01.

Ítem	Descripción
2. Cuerpo del bastión n.°1 y n.°2	El ancho se refiere a la medición en la dirección transversal a la dirección de la vía. Los aspectos por evaluar en el cuerpo del bastión están determinados por el material del cual está construido. La evaluación de elementos de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten los elementos de acero, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si los elementos son de concreto reforzado, se debe utilizar la Tabla B.4 y si son de concreto presforzado la Tabla B.6. En el caso de elementos de madera se debe utilizar la Tabla B.8. Para la evaluación de la mampostería se debe utilizar la Tabla B.10. En la Tabla B.35 se indican los aspectos a evaluar para los elementos de la subestructura que pueden presentar asentamientos, ya que los bastiones son de los elementos que deben ser evaluados.
3. Aletones bastión n.°1 y n.°2	Para los aletones se debe medir la longitud en metros (m). La longitud que se debe reportar corresponde a la suma de la longitud del aletón aguas arriba y aguas abajo para cada acceso. Los aletones se deben evaluar según el material del cual están construidos y según los requisitos especiales indicados en la Tabla B.36. La evaluación de elementos de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si los elementos son de concreto reforzado, se debe utilizar la Tabla B.4 y si es concreto presforzado la Tabla B.6. En el caso de elementos de madera se debe utilizar la Tabla B.8. Para la evaluación de la mampostería se debe utilizar la Tabla B.10.

B.5.5.2 Formulario de inspección rutinaria de los elementos de la subestructura (IR-SB-02): Pilas

En la Figura B.85 se muestra el formulario IR-SB-02 el cual corresponde a la inspección de las pilas de cualquier material. En la Tabla B.56 se describe la información incluida en el formulario.



EVALUACION DE LOS ELEMENTOS DE LA SUBESTRUCTURA (IR-SB-02): PILAS

Fecha de inspección				Hoja	
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel
1.					
2.					

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	Cabezal de pila n.°	Cuerpo de pila n.°	Cabezal de pila n.°	Cuerpo de pila n.°	Cabezal de pila n.°	Cuerpo de pila n.°
	MATERIAL: □ Madera □ Acero □ Mampostería □ Concreto presf. □ Concreto reforzado	MATERIAL: □ Madera □ Acero □ Mampostería □ Concreto presf. □ Concreto reforzado	MATERIAL: □ Madera □ Acero □ Mampostería □ Concreto presf. □ Concreto reforzado	MATERIAL: □ Madera □ Acero □ Mampostería □ Concreto presf. □ Concreto reforzado	MATERIAL: □ Madera □ Acero □ Mampostería □ Concreto presf. □ Concreto reforzado	MATERIAL: □ Madera □ Acero □ Mampostería □ Concreto presf. □ Concreto reforzado
	Ancho (m)	Longitud (m)	Ancho (m)	Longitud (m)	Ancho (m)	Longitud (m)

C. Aspectos por evaluar		D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																					
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
- (todos)	Asentamiento																								
	Movimiento o rotación																								
	Erosión, asentamiento taludes y protecciones																								
ACERO (elementos lineales)	Agrietamiento																								
	Corrosión																								
	Deformación																								
	Conexiones																								
	Impacto																								
ACERO (sistema de protección)	Decoloración																								
	Pulverización																								
	Descascaramiento/ampollas																								
	Efectividad de la protección																								
	Galvanizado																								
	Sistema dúplex																								
	Porcentaje de oxidación																								
	Protección acero autopatinable																								
CONCRETO (elementos lineales)	Delaminaciones																								
	Acero expuesto																								
	Eflorescencias																								
	Nidos de piedra																								
	Agrietamiento																								
	Abrasión o desgaste																								
	Impacto																								
MADERA (elementos lineales)	Grietas/acebolladuras/rajaduras																								
	Abrasión o desgaste																								
	Pudrición																								
	Daño por fuego																								
	Conexiones (de acero)																								
MAMPOSTERÍA (bloques de mampostería)	Delaminaciones																								
	Fractura/separación mampostería																								
	Abrasión o desgaste																								
	Áreas reparadas																								
	Eflorescencias / filtraciones																								
	Agrietamiento del mortero																								
	Desalineamiento bloques																								

NOTA: Si la cimentación de la pila está expuesta se debe evaluar en el cuerpo de la pila y especificarlo en los comentarios

Figura B.85. Formulario de *Inspección rutinaria* de los elementos de la subestructura (IR-SB-02).

Tabla B.56. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SB-02.

Ítem	Descripción
1. Cabezal de pila	Para los cabezales de las pilas se debe medir el ancho del cabezal en metros (m). Para identificar cuál pila se está evaluando se debe indicar el número de pila según se indicó en el esquema del puente definido en el inventario (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I). La evaluación de elementos de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si los elementos son de concreto reforzado, se debe utilizar la Tabla B.4 y si es concreto presforzado la Tabla B.6. En el caso de elementos de madera se debe utilizar la Tabla B.8. Para la evaluación de la mampostería se debe utilizar la Tabla B.10.
2. Cuerpo de pila	La longitud que se debe reportar en el cuerpo de las pilas depende del tipo de pila que se esté evaluando: ▪ Muro: ancho del muro (m) ▪ Columna sencilla: altura de la columna (m) ▪ Columna doble: suma de la altura de cada columna (m) ▪ Columna múltiple: suma de la altura de cada columna (m) ▪ Cabezal sobre pilotes: ancho del cabezal (m) La evaluación de elementos de acero se realiza utilizando la Tabla B.2. Dependiendo del sistema de protección con el que cuenten, se debe utilizar la Tabla B.11 si es pintura y la Tabla B.12 si es otro sistema de protección. Si los elementos son de concreto reforzado, se debe utilizar la Tabla B.4 y si es concreto presforzado la Tabla B.6. En el caso de elementos de madera se debe utilizar la Tabla B.8. Para la evaluación de la mampostería se debe utilizar la Tabla B.10. En la Tabla B.35 se indican los aspectos a evaluar para los elementos de la subestructura que pueden presentar asentamientos.

B.5.5.3 Formulario de inspección rutinaria de los apoyos (IR-SB-03)

En la Figura B.85 se muestra el formulario IR-SB-03 el cual corresponde a la inspección de los apoyos. En la Tabla B.54 se describe la información incluida en el formulario. Es importante indicar que la numeración de los bastiones y pilas corresponde a la asignada en el esquema del puente definido en el inventario del puente (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I).

EVALUACIÓN DE LOS APOYOS (IR-SB-03)																												
Fecha de inspección																	**Hoja**											
Inspector	**Nombre**				**Primer apellido**				**Segundo apellido**								**Identificación**				**Nivel**							
1.																												
2.																												
A. Datos generales del puente																												
Código del puente													**Ruta n.°**															
Nombre del puente													**Kilómetro de ubicación**				km											
B. Elementos por evaluar																												
ELEMENTOS	**Bastión n.º 1**				**Bastión n.º 2**				**Pila n.°**				**Pila n.°**				**Pila n.°**				**Pila n.°**							
	TIPO				**TIPO**				**TIPO**				**TIPO**				**TIPO**				**TIPO**							
	□ Elastomérico □ Expansivo □ Fijo				□ Elastomérico □ Expansivo □ Fijo				□ Elastomérico □ Expansivo □ Fijo				□ Elastomérico □ Expansivo □ Fijo				□ Elastomérico □ Expansivo □ Fijo				□ Elastomérico □ Expansivo □ Fijo							
	□ Disco □ Confinados (tipo pot) □ Otros				□ Disco □ Confinados (tipo pot) □ Otros				□ Disco □ Confinados (tipo pot) □ Otros				□ Disco □ Confinados (tipo pot) □ Otros				□ Disco □ Confinados (tipo pot) □ Otros				□ Disco □ Confinados (tipo pot) □ Otros							
	Cantidad				Cantidad				Cantidad				Cantidad				Cantidad				Cantidad							
C. Aspectos por evaluar	**D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia**																											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TIPOS DE APOYOS – ELASTOMÉRICOS – Movimiento																												
ELASTOMÉRICOS – Alineamiento																												
ELASTOMÉRICOS – Corrosión																												
ELASTOMÉRICOS – Pérdida del área de soporte																												
ELASTOMÉRICOS – Posición de la almohadilla																												
ELASTOMÉRICOS – Deformación lateral																												
ELASTOMÉRICOS – Grietas/desgarre de almohadilla																												
ELASTOMÉRICOS – Placas, pernos de anclaje,topes																												
EXPANSIVOS – Movimiento																												
EXPANSIVOS – Alineamiento																												
EXPANSIVOS – Elementos principales																												
EXPANSIVOS – Corrosión																												
EXPANSIVOS – Placas, pernos de anclaje,topes, guías laterales																												
EXPANSIVOS – Pérdida del área de soporte																												
FIJOS – Movimiento																												
FIJOS – Elementos principales																												
FIJOS – Corrosión																												
FIJOS – Conexiones																												
FIJOS – Sistema de restricción vertical																												
FIJOS – Pérdida del área de soporte																												
DISCO / POT – Movimiento																												
DISCO / POT – Elementos principales																												
DISCO / POT – Corrosión																												
DISCO / POT – Conexiones																												
DISCO / POT – Restricción vertical/guías laterales																												
DISCO / POT – Pérdida del área de soporte																												

Figura B.85. Formulario de *Inspección rutinaria* de los apoyos (IR-SB-03).

Tabla B.56. Explicación de las secciones B, C y D del formulario IR-SB-03.

Ítem	Descripción
1.Bastión n.°1	Se debe reportar el número de apoyos en el bastión *n.°1*. Además, se debe seleccionar el tipo de apoyo: elastomérico, expansivo, fijo y tipo disco o confinado *("pot bearing")*. Para la evaluación de los apoyos se deben utilizar las siguientes tablas: ▪ Apoyos elastoméricos: Tabla B.31 ▪ Apoyos expansivos: Tabla B.32 ▪ Apoyos fijos: Tabla B.33 ▪ Apoyos tipo esféricos, disco o confinado *("pot bearing")*: Tabla B.34
2. Bastión n.°2	Se debe reportar el número de apoyos en el bastión *n.°2*. Además, se debe seleccionar el tipo de apoyo: elastomérico, expansivo, fijo y tipo disco o confinado *("pot bearing")*: Para la evaluación de los apoyos se deben utilizar las siguientes tablas: ▪ Apoyos elastoméricos: Tabla B.31 ▪ Apoyos expansivos: Tabla B.32 ▪ Apoyos fijos: Tabla B.33 ▪ Apoyos tipo disco o confinado *("pot bearing")*: Tabla B.34
3. Pila n.°1-4	Se debe reportar el número de apoyos en la pila. Además, se debe seleccionar el tipo de apoyo: elastomérico, expansivo, fijo y tipo disco o confinado *("pot bearing")*. Para la evaluación de los apoyos se deben utilizar las siguientes tablas: ▪ Apoyos elastoméricos: Tabla B.31 ▪ Apoyos expansivos: Tabla B.32 ▪ Apoyos fijos: Tabla B.33 ▪ Apoyos tipo disco o confinado *("tipo pot")*: Tabla B.34 Es importante indicar que en el formulario se incluyen cuatro pilas, pero en caso de que exista mayor número de pilas se deben llenar los formularios que sean necesarios para evaluar todas las pilas.

B.5.6 Descripción del formulario de inspección de los sistemas de protección contra amenazas naturales (IR-AN-01)

En la Figura B.87 se muestra el formulario IR-AN-01 el cual corresponde a la inspección de los sistemas de protección contra las amenazas naturales.

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA AMENAZAS NATURALES (IR-AN-01)

Fecha de inspección								Hoja		
Inspector	Nombre		Primer apellido		Segundo apellido			Identificación	Nivel	
1.										
2.										

A. Datos generales del puente

Código del puente				Ruta n.°			
Nombre del puente				Kilómetro de ubicación			km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	Bastión n.° 1				Bastión n.° 2				Pila n.°				Pila n.°				Pila n.°				Pila n.°			
	L. Asient. (m) [4]				L. Asient. (m) [4]				L. Asient. (m) [4]				L. Asient. (m) [4]				L. Asient. (m) [4]				L. Asient. (m) [4]			
	L. Asient. (m) [4]				L. Asient. (m) [4]				L. Asient. (m) [4]				L. Asient. (m) [4]				L. Asient. (m) [4]				L. Asient. (m) [4]			
C. Aspectos por evaluar	D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia [1]																							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SISTEMAS PROTECCIÓN – HIDRÁULICA: Socavación cimentaciones profundas [2]																								
SISTEMAS PROTECCIÓN – HIDRÁULICA: Socavación cimentaciones superficiales [2]																								
SISTEMAS PROTECCIÓN – HIDRÁULICA: Sistema protección socavación [2]																								
SISTEMAS PROTECCIÓN – HIDRÁULICA: Potencial de bloqueo cauce [5]																								
SISTEMAS PROTECCIÓN – HIDRÁULICA: Desbordamiento [5]																								
SISTEMAS PROTECCIÓN – SÍSMICA: Longitud de asiento [3]																								
SISTEMAS PROTECCIÓN – SÍSMICA: Llaves de corte [2]																								
SISTEMAS PROTECCIÓN – SÍSMICA: Otros sistemas [2]																								

NOTAS

1. En este formulario solo se acepta colocar 0% o 100 % en alguna casilla de severidad.

2. Las cimentaciones (evaluadas en socavación), los sistemas de protección contra socavación, las llaves de corte y otros sistemas de protección sísmica pueden tener más de un elemento, sin embargo, se evalúan como un único elemento o sistema. Para ello, se registra el elemento que muestre la mayor severidad.

3. La evaluación de la severidad de la longitud de asiento se debe realizar de forma posterior a la inspección, calculando la longitud de asiento requerida de acuerdo con AASHTO LRFD. Utilizar formulario RC-503. Cuando hay dos longitudes de asiento (como en las pilas), se registra la mayor severidad.

4. L. Asient (m).: Longitud de asiento real (en metros) que está disponible en el elemento, la cual, se obtiene de mediciones aproximadas en sitio o de las dimensiones indicadas en los planos disponibles del puente. Si no aplica o no se registra, se debe cancelar la celda.

5. El potencial bloqueo del cauce y el desbordamiento se evalúan para todo el puente.

Figura B.87. Inspección de elementos de protección hidráulica y sísmica (IR-AN-01).

Se debe registrar la longitud de asiento real (en metros) que está disponible en el elemento, la cual, se obtiene de mediciones aproximadas en sitio o de las dimensiones indicadas en los planos disponibles del puente. Si no aplica o no se registra, se debe cancelar la celda.

Para la evaluación de la condición del sistema de protección hidráulica se debe utilizar la Tabla B.36 y para el sistema de protección sísmica la Tabla B.37.

B.5.7 Descripción del formulario de puentes temporales (IN-PT-01)

Los puentes temporales son aquellos puentes construidos o instalados para sustituir un puente existente o durante la construcción de un puente nuevo, por un periodo menor de tres años [32]. Si al llegar al sitio se encuentra un puente temporal, se deberá llenar el formulario para puentes temporales (IR-PT-01) el cual se presenta en la Figura B.88.

INSPECCIÓN DE PUENTES TEMPORALES (IR-PT-01)						
Fecha de inspección				Hoja		N.° de Tramo
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel	
1.						N.° de Super.
2.						
A. Datos Generales del Puente						
Código del puente			Ruta n.°			
Nombre del puente			Kilómetro de ubicación	km		

B. Deterioros existentes en el puente temporal (seleccionar)	
□ El sistema de fijación de la superestructura es deficiente.	
□ Se utilizaron elementos de la estructura anterior y son deficientes.	
□ Se observan elementos que no son originales en la superestructura.	
□ Existen grietas en las conexiones o en el sistema de arriostramiento.	
□ Existen agujeros en el tablero o la superficie de rodamiento presenta daños.	
□ Hay elementos que no están firmemente unidos.	
□ Se observan elementos oxidados o con corrosión.	
□ Faltan varios pernos en las conexiones inspeccionadas.	
□ Existen elementos con deformaciones o fallas debido a impacto.	ESQUEMA DEL PUENTE

OTRAS OBSERVACIONES

Figura B.88. Formulario de Inspección de puentes temporales (IN-PT-01).

Debido a que los puentes temporales no deben permanecer en el sitio más que el tiempo permitido de tres años, la evaluación rutinaria de este tipo de puentes consiste únicamente en el registro de las principales deficiencias observadas a partir de una lista de chequeo. Las principales deficiencias que se deben buscar en los puentes temporales son las siguientes:

- Sistema de fijación de la superestructura a la subestructura deficiente.
- Se utilizan los elementos de la subestructura de una estructura anterior y son deficientes.
- Se observan elementos que no son originales de acuerdo con la información del fabricante.
- Se observan reparaciones.
- Existen grietas en las conexiones o en el sistema de arriostramiento.
- Existen agujeros en el tablero.
- Los elementos principales del puente presentan corrosión.
- Existen elementos que no están firmemente unidos.
- Se observa pérdida de pernos.

- Existen elementos con deformaciones o fallas debido a impacto.

Con la lista de chequeo se busca identificar necesidades de atención inmediata y registrar la inspección efectuada.

B.5.8 Descripción del formulario de comentarios (IR-CM-01)

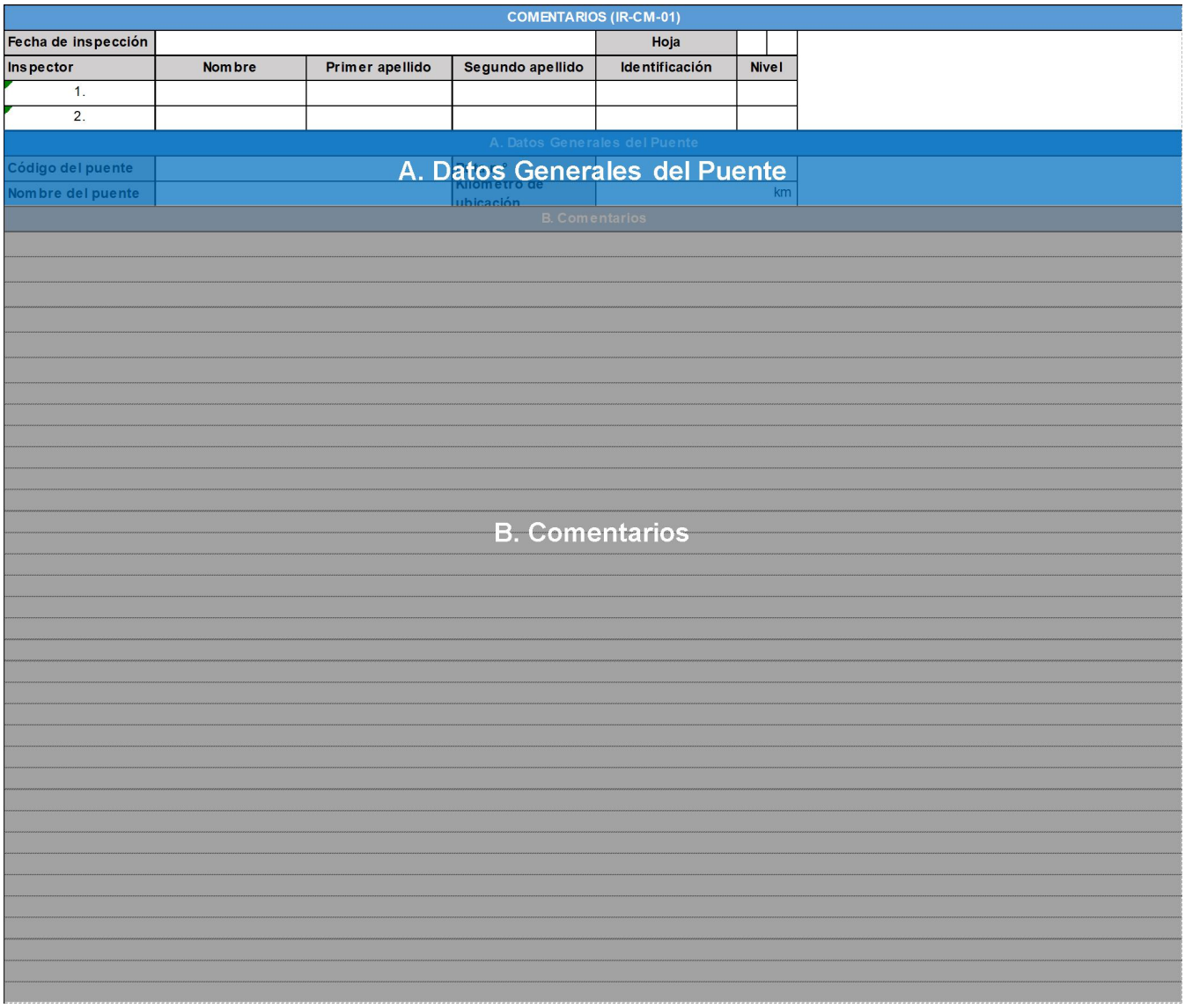
El formulario de comentarios IR-CM-01 (Figura B.89), está previsto para que se adjunte en toda inspección en el que inspector considere necesario incluir aclaraciones, comentarios adicionales u otra información que considere pertinente a la inspección y que no está incluida en los demás formularios de la *Inspección rutinaria*. El formulario de comentarios se encuentra divido en dos secciones (identificadas con letras de la A la B), las cuales se muestran en la Figura B.89.

La sección **A. Datos generales del puente** del formulario de comentarios, corresponde a un apartado resumido de la sección que lleva el mismo nombre en el formulario de información básica (ver Tabla A.4 y A.5 del MP-2024 Tomo I).

Tabla B.56. Sección A del formulario de Comentarios.

A. Datos generales del puente				
Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro ubicación	km	
B. Comentarios				

La sección **B. Comentarios**, corresponde al espacio destinado para realizar los comentarios generales a la inspección.



COMENTARIOS (IR-CM-01)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Kilómetro de ubicación	km
Nombre del puente			

B. Comentarios

Figura B.89. Formulario de comentarios de la *Inspección rutinaria* (IR-CM-01).

B.6 Requisitos para las fotografías de la inspección rutinaria

Además de completar los formularios de inspección, el inspector debe tomar fotografías para documentar la inspección y respaldar la calificación asignada. Todas las fotografías tomadas durante la inspección deben incluirse en el archivo del puente. El registro fotográfico permite dar seguimiento a la progresión de las deficiencias y también identificar los cambios que se puedan presentar en el puente.

Las fotografías se deben almacenar numeradas con el fin de poder realizar referencias cruzadas cuando sea necesario. Se recomienda mostrar la fecha según el formato establecido

por la norma INTE/ISO 8601:2018 [32] [año-mes-día], e indicar el elemento y deficiencia mostrada en la fotografía.

Las fotografías deben ser legibles, no borrosas, enfocadas de forma adecuada en el objetivo. En caso de estar en condiciones de poca luz, se deberá utilizar el *flash* de forma tal que se realce la deficiencia, elemento o componente objetivo. Se debe poder entender claramente además el contexto y el componente o elemento al cual se refiere, así como el ángulo en el cual fue tomada (si fue una vista inferior tomada hacia arriba de forma longitudinal al puente o una lateral de forma transversal, por ejemplo). En caso de ser necesario y si se considera que ayuda en la comprensión de la deficiencia, se podrá utilizar señalización como flechas o formas geométricas, así como texto, pero éstos deberán ser claramente legibles y entendibles, y no deberán interferir con el objetivo de mostrar la deficiencia de forma clara y objetiva. En caso de usar este último recurso, se debe guardar en el archivo del puente la fotografía original sin ningún tipo de simbología ni alteración. Se recomienda el uso de objetos de dimensiones conocidas y aproximadamente estándar, los cuales pueden ser las mismas herramientas de inspección, para ser colocados en las fotografías cuando se considere necesario dar un sentido de la escala. Si estos objetos corresponden con herramientas diseñadas con este fin, como es el caso por ejemplo de las tarjetas para medición de ancho de grieta en elementos de concreto, la escala se debe mostrar de forma clara, legible y enfocada en la fotografía.

El inspector debe tomar, como mínimo, las siguientes fotografías para mantener un registro actualizado del puente:

a. Vista en elevación del puente.

b. Vista lateral y frontal de cada uno de los bastiones.

c. Condición general de las pilas (si aplica).

d. Condición típica del tablero.

e. Condición típica de las juntas de expansión (si aplica).

f. Reparaciones o cambios que no estaban documentados en la inspección anterior.

g. Se debe incluir al menos una fotografía para todas las deficiencias calificadas con severidad 3 y 4. De ser posible, se recomienda incluir también una fotografía por cada severidad 2, porque ayuda en el entendimiento de la progresión de la severidad y sus causas.

h. Elementos que requieran reparación o acciones de conservación.

i. En los puentes sobre cuerpos de agua, fotografías que muestren el estado del cauce aguas arriba, aguas abajo y en la sección transversal del puente.

Antes de retirarse del sitio, el inspector debe verificar que ha tomado todas las fotografías requeridas y también debe verificar la calidad de estas.

A continuación, se muestra el formulario correspondiente a las fotografías (IR-FT-01) de *Inspección rutinaria* del puente que debe ser utilizado para los informes de inspección, el cual se encuentra divido en dos secciones (identificadas con letras de la A la B), las cuales se muestran en la Figura B.90.

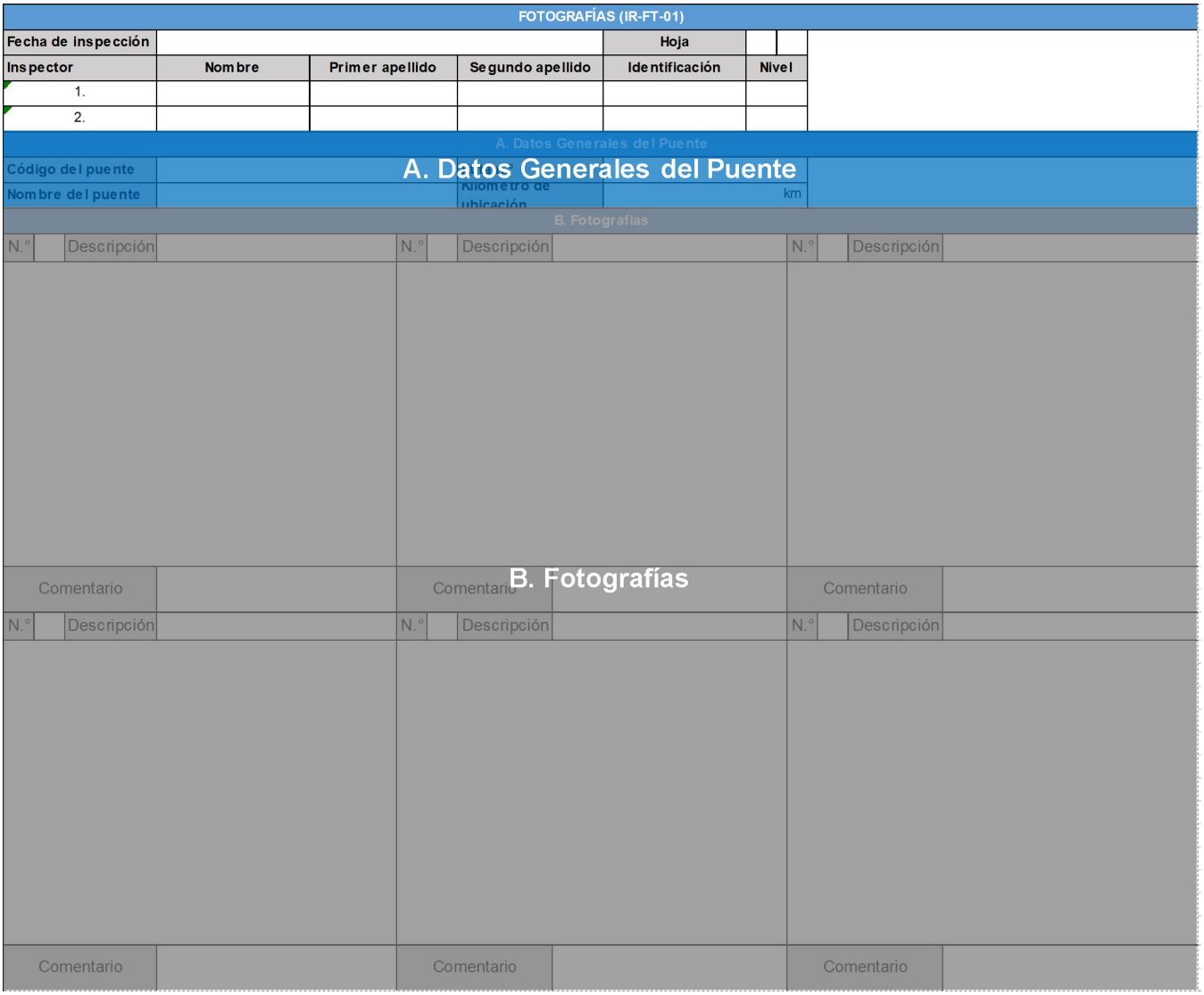


Figura B.90. Formulario para incluir las fotografías de la *Inspección rutinaria* (IR-FT-01)

La sección **A. Datos generales del puente** del formulario de fotografías, corresponde a un apartado resumido de la sección que lleva el mismo nombre en el formulario de información básica del puente (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I).

Tabla B.57. Sección A del formulario de Fotografías.

A. Datos Generales del Puente				
Código del puente		**Ruta n.°**		
Nombre del puente		**Kilómetro de ubicación**	km	

La sección **B. Fotografías**, corresponde al espacio destinado para presentar las fotografías tomadas durante la *Inspección rutinaria* según el formato requerido para los informes de inspección.

Tabla B.58. Sección B del formulario de Fotografías.

B. Fotografías								
N.°		Descripción		N.°		Descripción		N.°		Descripción	
Comentario				Comentario				Comentario			
N.°		Descripción		N.°		Descripción		N.°		Descripción	
Comentario				Comentario				Comentario			

Tabla B.59. Explicación de la Sección B del formulario de fotografías.

Ítem	Descripción
1. Número	Corresponde al número consecutivo de cada fotografía de la *Inspección rutinaria* y que tiene como fin poder realizar referencias cruzadas cuando sea necesario. Las fotografías deben presentarse de acuerdo con el orden establecido en la lista mostrada al inicio de esta sección (del Punto *a* al *i*).
2. Descripción	Se refiere a una breve descripción de la fotografía de acuerdo con la

Tabla B.59. Explicación de la Sección B del formulario de fotografías.

Ítem	Descripción
	lista mostrada al inicio de esta sección (del Punto *a* al *i*).
3. Comentario	Corresponde a un espacio destinado para incluir un breve comentario de la fotografía en caso de ser necesario.

B.7 Esquemas de deficiencias

En la Figura B.91 se muestra el formulario para incluir los esquemas de deficiencias y en la Tabla B.60 se presenta el encabezado del formulario.

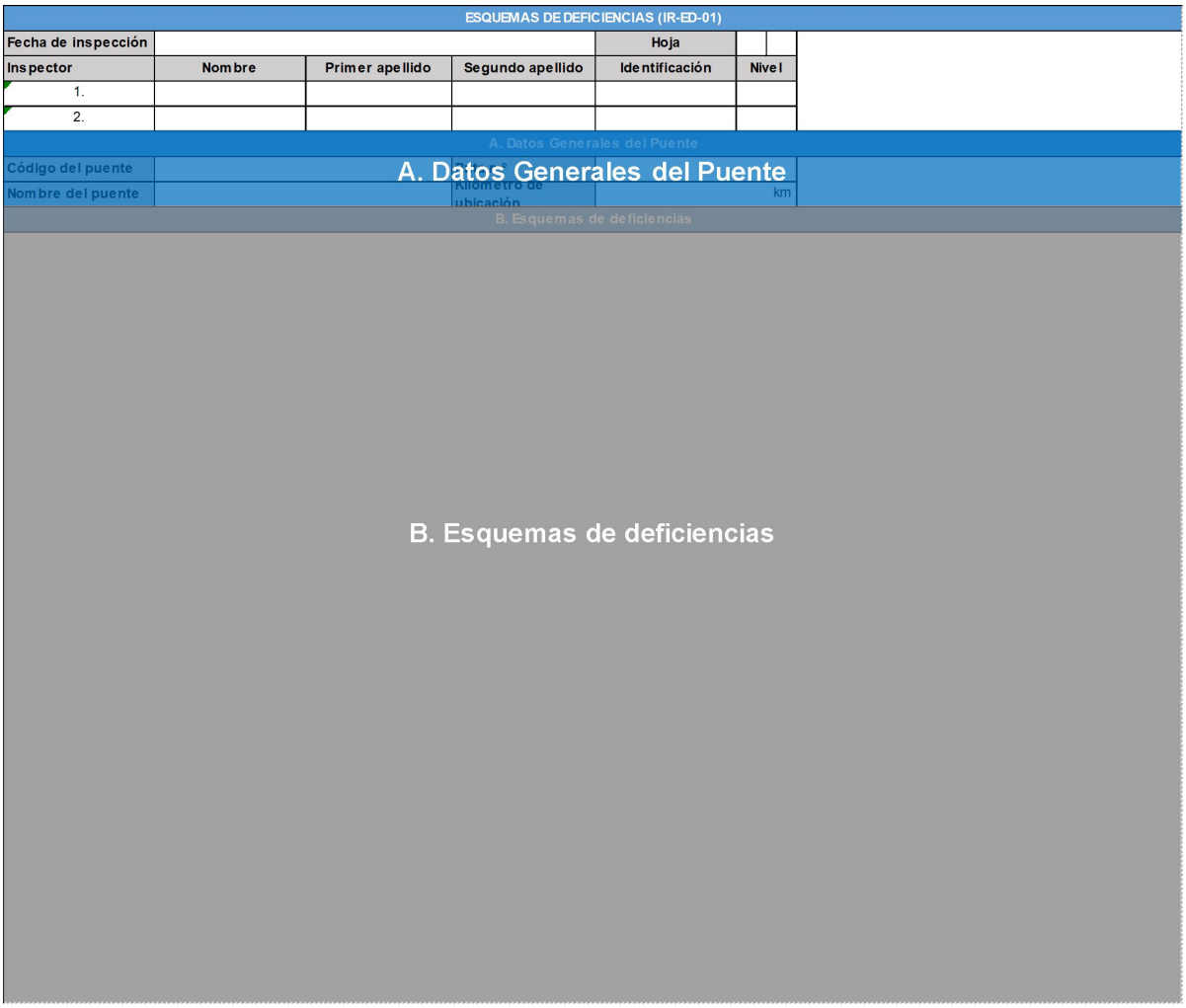


Figura B.91 Secciones del formulario de Esquemas generales.

La sección **A. Datos generales del puente** del formulario de comentarios, corresponde a un apartado resumido de la sección que lleva el mismo nombre en el formulario de información

básica (ver Tabla A.4 y A.5 del MP-2024 Tomo I).

Tabla B.61. Sección A del formulario de Fotografías.

A. Datos Generales del Puente				
Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km	

La sección **B. Esquemas generales**, corresponde al espacio destinado para incluir los esquemas solicitados a partir de la inspección (ver también Inciso 6.6.5.1 del MP-2024 Tomo I). Para los esquemas de deficiencias (Ver Inciso 6.6.5.2 del MP-2024 Tomo I) se recomienda utilizar los siguientes códigos para garantizar la uniformidad de la información recopilada. Sin embargo, cada Organización puede establecer los códigos que considere pertinentes.

Tabla B.62. Códigos para las deficiencias

Deficiencia	Código propuesto
Agrietamiento (elementos de acero evaluados linealmente)	101
Corrosión (elementos de acero evaluados linealmente)	102
Deformación (elementos de acero evaluados linealmente)	103
Impacto (elementos de acero evaluados linealmente)	104
Conexiones (entre elementos de acero evaluados linealmente)	105
Agrietamiento (elementos de acero evaluados por área)	121
Corrosión (elementos de acero evaluados por área)	122
Conexiones y alineamiento (elementos de acero evaluados por área)	123
Impacto (elementos de acero evaluados por área)	124
Reparaciones (elementos de acero evaluados por área)	125
Agrietamiento (elementos de concreto reforzado evaluados linealmente)	201
Desprendimiento/Delaminación/Área reparada (elementos de concreto reforzado evaluados linealmente)	202
Eflorescencias/Manchas de óxido (elementos de concreto reforzado evaluados linealmente)	203
Abrasión o desgaste (elementos de concreto reforzado evaluados linealmente)	204
Impacto (elementos de concreto reforzado evaluados linealmente)	205
Acero expuesto (elementos de concreto reforzado evaluados linealmente)	206
Nidos de piedra (elementos de concreto reforzado evaluados linealmente)	207

Tabla B.62. Códigos para las deficiencias

Deficiencia	Código propuesto
Grietas en una dirección (elementos de concreto reforzado evaluados por área)	220
Grietas en dos direcciones (elementos de concreto reforzado evaluados por área)	221
Desprendimiento/delaminación/área reparada (elementos de concreto reforzado evaluados por área)	222
Eflorescencias/manchas de óxido (elementos de concreto reforzado evaluados por área)	223
Abrasión o desgaste (elementos de concreto reforzado evaluados por área)	224
Impacto (elementos de concreto reforzado evaluados por área)	225
Acero expuesto (elementos de concreto reforzado evaluados por área)	226
Nidos de piedra (elementos de concreto reforzado evaluados por área)	227
Agujeros en losas (elementos de concreto reforzado evaluados por área)	228
Agrietamiento (concreto presforzado, elementos evaluados linealmente)	301
Desprendimiento/delaminación (concreto presforzado, elementos evaluados linealmente)	302
Eflorescencias/manchas de óxido (concreto presforzado, elementos evaluados linealmente)	303
Abrasión o desgaste (concreto presforzado, elementos evaluados linealmente)	304
Impacto (concreto presforzado, elementos evaluados linealmente)	305
Acero de refuerzo convencional expuesto (concreto presforzado, elementos evaluados linealmente)	306
Nidos de piedra (concreto presforzado, elementos evaluados linealmente)	307
Acero del presfuerzo expuesto (concreto presforzado, elementos evaluados linealmente)	308
Agrietamiento (elementos de concreto presforzado evaluados por área)	321
Desprendimiento/delaminación/área reparada (concreto presforzado, elementos evaluados por área)	322
Eflorescencias/manchas de óxido (concreto presforzado, elementos evaluados por área)	323
Abrasión o desgaste (concreto presforzado, elementos evaluados por	324

Tabla B.62. Códigos para las deficiencias

Deficiencia	Código propuesto
área)	
Impacto (concreto presforzado, elementos evaluados por área)	325
Acero de refuerzo convencional expuesto (concreto presforzado, elementos evaluados por área)	326
Nidos de piedra (concreto presforzado, elementos evaluados por área)	327
Acero del presfuerzo expuesto (concreto presforzado, elementos evaluados por área)	328
Agujeros en losas (concreto presforzado, elementos evaluados linealmente)	329
Grietas/acebolladuras/rajaduras (elementos de madera evaluados linealmente)	401
Pudrición (elementos de madera evaluados linealmente)	402
Daño por fuego (elementos de madera evaluados linealmente)	403
Abrasión o desgaste (elementos de madera evaluados linealmente)	404
Conexiones (de acero) (elementos de madera evaluados linealmente)	405
Grietas/acebolladuras/rajaduras (elementos de madera evaluados por área)	421
Pudrición (elementos de madera evaluados por área)	422
Daño por fuego (elementos de madera evaluados por área)	423
Abrasión o desgaste (elementos de madera evaluados por área)	424
Conexiones (elementos de sujeción y accesorios)	425
Pérdida de sección (elementos de madera evaluados por área)	426
Reparaciones (elementos de acero evaluados por área)	427
Agrietamiento del mortero (elementos de mampostería)	501
Delaminaciones/descascaramiento (elementos de mampostería)	502
Eflorescencias/filtraciones (elementos de mampostería)	503
Abrasión o desgaste (elementos de mampostería)	504
Fractura o separación de la mampostería	505
Desalineamiento o desplazamiento de los bloques	506
Pérdida de relleno (confinado por la mampostería)	507

Tabla B.62. Códigos para las deficiencias

Deficiencia	Código propuesto
Verticalidad (pérdida de plomo)	508
Áreas reparadas (elementos de mampostería)	509
Decoloración (sistemas de protección de los elementos de acero)	131
Pulverización (sistemas de protección de los elementos de acero)	132
Descascaramiento (sistemas de protección de los elementos de acero)	133
Ampollas (sistemas de protección de los elementos de acero)	134
Agrietamiento (sistemas de protección de los elementos de acero)	135
Efectividad de la protección (sistemas de protección de los elementos de acero)	136
Condición del galvanizado (sistemas de protección de los elementos de acero)	137
Condición del sistema dúplex (sistemas de protección de los elementos de acero)	138
Oxidación (sistemas de protección de los elementos de acero)	139
Sistema de protección acero autopatinable (sistemas de protección de los elementos de acero)	140
Desgaste (sistemas de protección de los elementos de concreto)	231
Efectividad de la protección (sistemas de protección de los elementos de concreto)	232
Corrosión de cables	151
Sistema de sujeción de cables	152
Vibración de cables	153
Cables dañados (deshilachados o desgastados)	154
Anclaje de los cables	155
Sistema de contención faltante en los accesos	601
Deformación del sistema de contención (accesos)	602
Conexiones del sistema de contención (accesos)	603
Anclajes y terminales de los sistemas de contención (accesos)	604
Sistema de contención del puente faltante (puente)	605

Tabla B.62. Códigos para las deficiencias

Deficiencia	Código propuesto
Deformación del sistema de contención del puente	606
Conexiones y anclajes del sistema de contención del puente	607
Demarcación horizontal	608
Señalización de altura máxima	609
Señalización de restricción de carga	610
Señalización vertical	611
Condición de la estructura de señales	612
Condición de la superficie de las aceras	613
Drenajes de las aceras	614
Asentamiento de las aceras	615
Postes y luminarias en el puente	616
Estado de la infraestructura ciclista	617
Altura del bordillo	618
Limpieza del bordillo	619
Asentamiento o pérdida de relleno en los accesos	630
Transición entre acceso y tablero del puente	631
Erosión en los accesos	632
Estancamiento de agua en los accesos	633
Condición y funcionamiento del sistema de drenaje de los accesos	634
Asentamiento o volcamiento de muros de retención no integrales	635
Estado de los gaviones	636
Reparaciones en losas de aproximación	637
Asentamiento o pérdida de soporte en losas de aproximación	638
Ondulaciones (superficie de desgaste asfáltica)	640
Surcos (superficie de desgaste asfáltica)	641
Abultamientos y hundimientos (superficie de desgaste asfáltica)	642
Grietas (superficie de desgaste asfáltica)	643

Tabla B.62. Códigos para las deficiencias

Deficiencia	Código propuesto
Baches (superficie de desgaste asfáltica)	644
Huecos (superficie de desgaste asfáltica)	645
Sobrecapas (superficie de desgaste asfáltica)	646
Estado superficie de grava	647
Filtración de agua en juntas de expansión	650
Junta de expansión faltante o deformada	651
Movimiento vertical de la junta de expansión	652
Obstrucción de la junta de expansión	653
Condición de los componentes de la junta de expansión	654
Condición del sello de la junta de expansión	655
Obstrucción de los drenajes del puente	656
Acumulación de agua en la superficie del puente	657
Obstruciones/acumulación de agua (entrada)	660
Condición del sistema de drenaje del tablero (entrada)	661
Condición del sistema de drenaje del tablero (salida)	663
Movimiento de apoyos elastoméricos	701
Alineamiento de apoyos elastoméricos	702
Corrosión en apoyos elastoméricos	703
Pérdida del área de soporte en apoyos elastoméricos	704
Posición de la almohadilla de apoyos elastoméricos	705
Deformación lateral de apoyos elastoméricos	706
Grietas o desgarre de almohadilla de apoyos elastoméricos	707
Condición de las placas, pernos de anclaje y topes de los apoyos elastoméricos	708
Movimiento de apoyos expansivos	710
Alineamiento de apoyos expansivos	711

Tabla B.62. Códigos para las deficiencias

Deficiencia	Código propuesto
Condición de los elementos principales de los apoyos expansivos	712
Corrosión en apoyos expansivos	712
Placas, pernos de anclaje, topes y guías laterales de apoyos expansivos	713
Pérdida del área de soporte en apoyos expansivos	714
Movimiento en apoyos fijos	721
Condición de los elementos principales de los apoyos fijos	722
Corrosión en apoyos fijos	723
Conexiones en apoyos fijos	724
Pernos de anclaje o sistemas de restricción vertical en apoyos fijos	725
Pérdida del área de soporte en apoyos fijos	726
Movimiento en apoyos de disco y confinados ("pot bearing")	727
Alineamiento de apoyos de disco y confinados ("pot bearing")	731
Condición de los elementos principales de los apoyos de disco y confinados ("pot bearing")	732
Corrosión de apoyos de disco y confinados ("pot bearing")	733
Conexiones de los apoyos de disco y confinados ("pot bearing")	734
Condición de los pernos de anclaje o sistemas de restricción vertical, guías laterales de disco y confinados ("pot bearing")	735
Pérdida del área de soporte en apoyos de disco y confinados ("pot bearing")	736
Asentamientos en los elementos de la subestructura	801
Movimiento o rotación de elementos de la subestructura	802
Erosión y asentamiento de taludes y protecciones	901
Potencial de bloqueo del cauce	902
Ocurrencia de desbordamiento	903
Sistemas de protección contra la socavación	904
Socavación de cimentaciones superficiales	905
Socavación de cimentaciones profundas	906

Tabla B.62. Códigos para las deficiencias

Deficiencia	Código propuesto
Longitud de asiento	910
Llaves de corte	911
Condición de otros sistemas de protección sísmica	912

B.8 Bibliografía

[1] AASHTO. (2019). *Manual for Bridge Element Inspection (2° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

[2] FHWA. (2013). *Manual for Repair and Retrofit of Fatigue Cracks in Steel Bridges (Publication n.° FHWA-IF-13-020).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

[3] Connor, R. J., y LLoyd, J. B. (2017). *Maintenance Actions to Address Fatigue Cracking in Steel Bridge Structures-Proposed Guidelines and Commentary.* Indiana: Purdue University.

[4] MTO. (2018). *Ontario Structural Inspection Manual (OSIM).* Ontario: Bridge Office, Ministry of Transportation Ontario.

[5] MnDOT. (2016). *Bridge Inspection Field Manual.* Oakdale: Minnesota Department of Transportation.

[6] López-Sáenz, J. (2018). *Elaboración de un catálogo de deterioros en puentes para Costa Rica.* San José: Universidad de Costa Rica.

[7] MnDOT. (2019). *Bridge and Structure Inspection Program Manual.* Minnesota: Minnesota Department of Transportation.

[8] ODOT. (2014). *Manual of Bridge Inspection*. Columbus: Ohio Department of Transportation.

[9] NHI. (2015). *FHWA-NHI-130108: Bridge Maintenance Reference Manual.* Curso en línea. National Highway Institute, Federal Highway Administration.

[10] Kosmatka, S. H., y Wilson, M. L. (2011). *Design and Control of Concrete Mixtures.* Illinois: Portland Cement Association.

[11] NYSDOT. (2014). *Bridge Inspection Manual*. New York: New York State Department of Transportation.

[12] Tierra Armada. (2012). *Precast & Prestressed Beam Bridges*. Francia: Soletanche

Freyssinet.

[13] CTS. (2017). *Hardwood truss cycle bridge.* Concrete and Timber Services Ltd. Obtenido de http://ctsbridges.co.uk/

[14] INDOT. (2010). *Bridge Inspection Manual*. Indiana: Indiana Department of Transportation.

[15] PennDOT. (2010). *Bridge Safety Inspection Manual*. Pennsylvania: Pennsylvania Department of Transportation.

[16] FHWA. (2012). *Bridge Inspector's Reference Manual_BIRM (Publication n.° FHWA NHI 12-04912-050).* Washington, D.C: National Highway Institute, Federal Highway Administration.

[17] Zamora-Rojas, J. (2012). *Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica.* San José: Programa de Ingeniería de Transportes, LanammeUCR.

[18] AASHTO. (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

[19] Vega-Padilla, V., y Hernández-Vega, H. (2017). *Guía de inventario y evaluación de aceras (Informe n.° INF-PITRA-002-17).* San José: Programa de Infraestructura del Transporte, LanammeUCR.

[20] INTECO. (2018). Accesibilidad de las personas al medio físico. Rampas. Requisitos (INTE W4:2018). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

[21] INTECO. (2019). *Requisitos de infraestructura ciclista* (INTE W42:2019). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

[22] Rubalcava, C. (9 de noviembre de 2018). Inservibles ciclovías en Juriquilla. *MEGANOTICIAS*. Obtenido de https://www.meganoticias.mx/

[23] AASHTO. (2011). *Roadside Design Guide (4° ed.)*. Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

[24] RTA. (2007). *Bridge Inspection Procedure Manual.* Parramatta: Roads and Traffic Authority New South Wales .

[25] MOPT. (2016). *Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica_MAV-2016.* San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

[26] UDFCD. (2016). *Urban Storm Drainage Criteria Manual: Volume 1-Management, Hydrology, and Hydraulics*. Colorado: Urban Drainage and Flood Control District.

[27] Mageba. (2019). *Mageba seismic protection devices-for reliable preservation of structures: LASTO LRB Lead Rubber Bearing.* Bülach: Mageba.

[28] Hibbeler, R. C. (2016). *Statics (14° ed.)*. New Jersey: Pearson Education, Inc.

[29] Canam-Bridges. (2016). *Pot Bearings.* Canadá: Canam-Bridges, Canam Group Inc.

[30] CODOT. (2018). *Feb 2018 Deck panels and rip rap*. Colorado Department of Transportation. Obtenido de https://www.codot.gov/

[31] CFIA. (2013). *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes.* San José: LanammeUCR.

[32] INTECO. (2018). *Elementos de datos y formatos de intercambio – Intercambio de información – Representación de fechas y horas* (INTE/ISO 8601:2018). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

B.9 Formularios

En las siguientes páginas se muestran los formularios de inspección rutinaria en versión imprimible.

EVALUACIÓN DE LOS ACCESOS (IR-AP-01)

Fecha de inspección				Hoja		Acceso n.°	
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificació	Nivel		
1.							
2.							

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	RELLENO APROXIMACIÓN			SUPERFICIE DE RUEDO			DRENAJES
	Losa aproximación	Rellenos de aproximación	Obras retención no integrales	Asfalto	Concreto	Grava	Sistema drenaje
	Área (m^2)	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m^2)	Área (m^2)	Área (m^2)	Cantidad

C. Aspectos por evaluar / D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia

		RELLENO APROXIMACIÓN												SUPERFICIE DE RUEDO												DRENAJES			
		Losa aproximación				Rellenos de aproximación				Obras retención no integrales				Asfalto				Concreto				Grava				Sistema drenaje			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ASFÁLTICA	Ondulaciones																												
	Surcos																												
	Abultamientos																												
	Grietas																												
	Baches																												
	Huecos																												
	Sobrecapas																												
CONCRETO	Grietas en una dirección																												
	Grietas en dos direcciones																												
	Agujeros en losas																												
	Delaminación																												
	Abrasión																												
	Acero expuesto																												
	Eflorescencias																												
	Nidos de piedra																												
	Abrasión o desgaste																												
	Impacto																												
ESPECIALES	Superficie de grava																												
	Asentamiento																												
	Reparaciones																												
	Transición																												
	Estado de gaviones																												
	Erosión																												
	Estacamientoagua																												
	Funcionamiento																												

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL: SISTEMA DE CONTENCIÓN VEHICULAR, PASARELAS PEATONALES, BORDILLOS Y MEDIANERAS (IR-SV-01)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS			Sistema de contención vehicular (accesos)				Sistema de contención vehicular (puente)				Sistema de contención vehicular (medianera)				Baranda o barrera peatonal				Bordillos y medianeras tipo bordillo			
			Longitud total (m)				Longitud total (m)				Longitud total (m)				Longitud total (m)				Altura (m)		Cantidad bordillo/medianera	
			D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
GENERAL	(todos)	Faltante																				
		Deformación																				
		Conexiones y anclajes																				
		Anclajes y terminales de barrera																				
		Altura del bordillo																				
		Limpieza																				
ACERO	(elementos lineales)	Agrietamiento																				
		Corrosión																				
		Deformación																				
		Conexiones																				
		Impacto																				
	(sistema de protección)	Decoloración																				
		Pulverización																				
		Descascaramiento/ampollas																				
		Efectividad de la protección																				
		Galvanizado																				
		Sistema dúplex																				
		Porcentaje de oxidación																				
		Sist.protección acero corten																				
CONCRETO	(elementos lineales)	Delaminaciones																				
		Acero expuesto																				
		Eflorescencias																				
		Nidos de piedra																				
		Agrietamiento																				
		Abrasión o desgaste																				
		Impacto																				
MADERA	(elementos lineales)	Grietas/acebolladuras/rajaduras																				
		Abrasión o desgaste																				
		Pudrición																				
		Daño por fuego																				
		Conexiones (de acero)																				
MAMPOSTERÍA	(bloques de mampostería)	Delaminaciones																				
		Fractura/separación mampostería																				
		Abrasión o desgaste																				
		Áreas reparadas																				
		Eflorescencias / filtraciones																				
		Agrietamiento del mortero																				
		Desalineamiento bloques																				

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL: DEMARCACIÓN, SEÑALIZACIÓN, ILUMINACIÓN, ACERAS E INFRAESTRUCTURA CICLISTA (IR-SV-02)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel	
1.						
2.						

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTO		Demarcación horizontal	Señalización vertical	Señalización de altura	Señalización de carga	Estructura de señales	Infraestructura ciclista		Iluminación	Acera o pasarela peatonal		Acera inferior (paso a desnivel)	
		Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Longitud (m)	Ancho (m)	Cantidad luminarias	Longitud (m)	Ancho (m)	Longitud (m)	Ancho (m)

D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia

		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
GENERAL	(todos)	Requisitos particulares																																											
		Condición de la superficie																																												
		Drenaje																																												
		Asentamientos																																												
CONCRETO REFORZADO	(elementos área)	Grietas una dirección																																												
		Grietas dos direcciones																																												
		Agujeros en losas																																												
		Delaminaciones																																												
		Acero expuesto																																												
		Eflorescencias																																												
		Nidos de piedra																																												
		Abrasión o desgaste																																												
		Impacto																																												
CONCRETO PRESFORZADO	(elementos área)	Delaminaciones																																												
		Agrietamiento																																												
		Agujeros en losas																																												
		Eflorescencias																																												
		Acero expuesto																																												
		Presfuerzo expuesto																																												
		Nidos de piedra																																												
		Abrasión o desgaste																																												
		Impacto																																												
ACERO	(elementos área)	Agrietamiento																																												
		Corrosión																																												
		Deformación																																												
		Conexiones																																												
		Impacto																																												
		Reparaciones																																												
MADERA	(elementos área)	Agrietamiento																																												
		Abrasión o desgaste																																												
		Pudrición																																												
		Pérdida de sección																																												
		Daño por fuego																																												
		Conexiones																																												
		Reparaciones																																												

EVALUACIÓN DE LOS ACCESORIOS: JUNTAS DE EXPANSIÓN (IR-AC-01)

Fecha de inspección		Hoja		

Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel
1.					
2.					

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	JUNTA n.°	JUNTA n.°	JUNTA n.°	JUNTA n.°	JUNTA n.°	JUNTA n.°	JUNTA n.°	JUNTA n.°
	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO
	□ Elastomérica □ Elastomérica colada/reforzada □ Sello comprimido □ Modular con sello □ Junta abierta □ Junta asfáltica □ Placas deslizantes □ Juntas dentadas	□ Elastomérica □ Elastomérica colada/reforzada □ Sello comprimido □ Modular con sello □ Junta abierta □ Junta asfáltica □ Placas deslizantes □ Juntas dentadas	□ Elastomérica □ Elastomérica colada/reforzada □ Sello comprimido □ Modular con sello □ Junta abierta □ Junta asfáltica □ Placas deslizantes □ Juntas dentadas	□ Elastomérica □ Elastomérica colada/reforzada □ Sello comprimido □ Modular con sello □ Junta abierta □ Junta asfáltica □ Placas deslizantes □ Juntas dentadas	□ Elastomérica □ Elastomérica colada/reforzada □ Sello comprimido □ Modular con sello □ Junta abierta □ Junta asfáltica □ Placas deslizantes □ Juntas dentadas	□ Elastomérica □ Elastomérica colada/reforzada □ Sello comprimido □ Modular con sello □ Junta abierta □ Junta asfáltica □ Placas deslizantes □ Juntas dentadas	□ Elastomérica □ Elastomérica colada/reforzada □ Sello comprimido □ Modular con sello □ Junta abierta □ Junta asfáltica □ Placas deslizantes □ Juntas dentadas	□ Elastomérica □ Elastomérica colada/reforzada □ Sello comprimido □ Modular con sello □ Junta abierta □ Junta asfáltica □ Placas deslizantes □ Juntas dentadas
Longitud (m)								

C. Aspectos por evaluar	D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																													
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Filtración de agua																																
Faltante o deformación																																
Movimiento vertical																																
Obstrucción																																
Condición de los componentes																																
Condición sello																																

EVALUACIÓN DE LOS ACCESORIOS: SUPERFICIE DE DESGASTE DEL PUENTE Y SISTEMA DE DRENAJE DEL TABLERO (IR-AC-02)

Fecha de inspección				Hoja			N.° Tramo	
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**			
1.							N.° Super.	
2.								

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km	

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	SISTEMA DE DRENAJE		SUPERFICIE DE DESGASTE		
	Sistema de entrada	Sistema de salida	Asfalto	Concreto	Grava
	Unidades	Unidades	Área (m^2)	Área (m^2)	Área (m^2)

C. Aspectos por evaluar / D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia

	C. Aspectos por evaluar	Sistema de entrada				Sistema de salida				Asfalto				Concreto				Grava			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
DRENAJES	Obstrucciones en sistema de drenaje																				
	Condición de los bajantes																				
	Condición de las rejillas																				
ASFÁLTICA	Ondulaciones																				
	Surcos																				
	Abultamientos y hundimientos																				
	Grietas																				
	Baches																				
	Huecos																				
	Sobrecapas																				
CONCRETO Y GRAVA	Estado superficie grava																				
	Grietas una dirección																				
	Grietas dos direcciones																				
	Agujeros en losas																				
	Delaminaciones																				
	Acero expuesto																				
	Eflorescencias																				
	Nidos de piedra																				
	Abrasión o desgaste																				

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA:TABLERO (IR-SP-01)

Fecha de inspección				Hoja			N.° Tramo	
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel			
1.							N.° Super.	
2.								

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km	

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	Tablero de concreto			Tablero de acero			Tablero de madera		
	TIPO			TIPO			TIPO		
	□ Concreto reforzado □ Concreto presforzado			□ Lámina □ Rejilla metálica □ Rejilla rellena □ Metálico corrugado			□ Madera □ Madera presforzada		
	Largo (m)	Ancho (m)	Área Total (m^2)	Largo (m)	Ancho (m)	Área Total (m^2)	Largo (m)	Ancho (m)	Área Total (m^2)

D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia

		1		2		3		4		1		2		3		4		1		2		3		4	
CONCRETO REFORZADO	(elementos área)	Grietas una dirección																							
		Grietas dos direcciones																							
		Agujeros en losas																							
		Delaminaciones																							
		Acero expuesto																							
		Eflorescencias																							
		Nidos de piedra																							
		Abrasión o desgaste																							
		Impacto																							
CONCRETO PRESFORZADO	(elementos área)	Delaminaciones																							
		Agrietamiento																							
		Agujeros en losas																							
		Eflorescencias																							
		Acero expuesto																							
		Presfuerzo expuesto																							
		Nidos de piedra																							
		Abrasión o desgaste																							
		Impacto																							
ACERO	(elementos área)	Agrietamiento																							
		Corrosión																							
		Deformación																							
		Conexiones																							
		Impacto																							
		Reparaciones																							
MADERA	(elementos área)	Agrietamiento																							
		Abrasión o desgaste																							
		Pudrición																							
		Pérdida de sección																							
		Daño por fuego																							
		Conexiones																							
		Reparaciones																							

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS DE CONCRETO REFORZADO / PRESFORZADO (IR-SP-02)

Fecha de inspección				Hoja		N.° Tramo	
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**		
1.						N.° Super.	
2.							

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	ELEMENTOS PRINCIPALES																				ELEMENTOS SECUNDARIOS			
	Superestructura tipo losa			Viga cajón concreto reforzado			Viga cajón concreto presforzado			Vigas concreto reforzado			Vigas concreto presforzado			Diafragmas							
	Largo (m)	Ancho (m)	Área total (m^2)	Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)	Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)	Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)	Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)	Ancho (m)	N.° diafrag	Longitud total (m)						

C. Aspectos por evaluar	D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Delaminaciones																								
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Acero expuesto																								
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Eflorescencias																								
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Nidos de piedra																								
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Agrietamiento																								
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Abrasión o desgaste																								
CONCRETO REFORZADO (elementos lineales) Impacto																								
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Grietas una dirección																								
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Grietas dos direcciones																								
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Agujeros en losas																								
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Delaminaciones																								
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Acero expuesto																								
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Eflorescencias																								
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Nidos de piedra																								
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Abrasión o desgaste																								
CONCRETO REFORZADO (elementos área) Impacto																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Delaminaciones																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Agrietamiento																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Eflorescencias																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Nidos de piedra																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Acero expuesto																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Presfuerzo expuesto																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Abrasión o desgaste																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos lineales) Impacto																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Delaminaciones																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Agrietamiento																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Agujeros en losas																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Eflorescencias																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Acero expuesto																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Presfuerzo expuesto																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Nidos de piedra																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Abrasión o desgaste																								
CONCRETO PRESFORZADO (elementos área) Impacto																								

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS DE ACERO (IR-SP-03)

Fecha de inspección				Hoja			N.° Tramo	
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel			
1.							N.° Super.	
2.								

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS			ELEMENTOS PRINCIPALES														ELEMENTOS SECUNDARIOS							
			Viga cajón				Vigas principales				Vigas transversales				Vigas de piso				Diafragmas				Sistema de arriostramiento			
			Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Ancho (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)		Ancho (m)	N.° diafrag	Longitud total (m)		Transversales (m)		Longitudinales (m)	
			D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACERO	(elementos lineales)	Agrietamiento																								
		Corrosión																								
		Deformación																								
		Conexiones																								
		Impacto																								
	(elementos de área)	Agrietamiento																								
		Corrosión																								
		Conexiones y alineamiento																								
		Impacto																								
		Reparaciones																								
SISTEMA DE PROTECCIÓN DEL ACERO	ELEMENTOS PRINCIPALES	Decoloración																								
		Pulverización																								
		Descascaramiento/ampollas																								
		Efectividad de la protección																								
		Galvanizado																								
		Sistema dúplex																								
		Porcentaje de oxidación																								
		Protec. acero autopatinable																								
	ELEMENT. SECUNDARIOS	Pulverización																								
		Descascaramiento/ampollas																								
		Efectividad de la protección																								
		Galvanizado																								
		Sistema dúplex																								
		Porcentaje de oxidación																								
		Protec. acero autopatinable																								

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS DE MADERA (IR-SP-04)

Fecha de inspección				Hoja			N.° Tramo	
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**			
1.							N.° Super.	
2.								

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	Vigas principales			Viga cajón			Diagragmas		
	Largo (m)	N.° Vigas	Longitud total (m)	Largo (m)	N.° Vigas	Longitud total (m)	Ancho (m)	N.° Diafragmas	Longitud total (m)

C. Aspectos por evaluar			D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia													
			1		2		3		4		1		2		3		4	
MADERA	(elementos lineales)	Grietas/acebolladuras/rajaduras																
		Abrasión o desgaste																
		Pudrición																
		Daño por fuego																
		Conexiones (de acero)																
	(elementos área)	Grietas/acebolladuras/rajaduras																
		Abrasión o desgaste																
		Pudrición																
		Pérdida de sección																
		Daño por fuego																
		Conexiones																
		Reparaciones																

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO CERCHAS (IR-SP-05)

Fecha de inspección				Hoja			N.° Tramo	
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**			
1.							N.° Super.	
2.								

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación		km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	ELEMENTOS PRINCIPALES																ELEMENTOS SECUNDARIOS			
	Cerchas de acero			Cerchas de madera			Vigas transversales			Vigas de piso			Sist. arriostramiento acero		Sist. arriostramiento madera	
	Largo (m)	N.° cerchas	Longitud total (m)	Largo (m)	N.° cerchas	Longitud total (m)	Ancho (m)	N.° vigas	Longitud total (m)	Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)	Transversales (m)	Longitudinales (m)	Transversales (m)	Longitudinales (m)

C. Aspectos por evaluar		D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACERO	(elementos lineales)																								
		Agrietamiento																							
		Corrosión																							
		Deformación																							
		Conexiones																							
		Impacto																							
	(Sistema de protección)																								
		Decoloración																							
		Pulverización																							
		Descascaramiento/ampollas																							
		Efectividad de la protección																							
		Galvanizado																							
		Sistema dúplex																							
		Porcentaje de oxidación																							
		Sist.protección acero corten																							
MADERA	(elementos lineales)																								
		Grietas/acebolladuras/rajaduras																							
		Abrasión o desgaste																							
		Pudrición																							
		Daño por fuego																							
		Conexiones (de acero)																							

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO COLGANTE (IR-SP-06)

Fecha de inspección				Hoja			N.° Tramo	
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**			
1.							N.° Super.	
2.								

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km	

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	ELEMENTOS PRINCIPALES																ELEMENTOS SECUNDARIOS							
	Cables principales			Tirantes			Vigas transversales			Vigas de piso			Cerchas rigidizadoras			Sistema arrisotramiento							
	N.°Líneas	N.°cables	Cantidad	N.°Líneas	N.°cables	Cantidad	Ancho (m)	N.°vigas	Longitud total (m)	Largo (m)	N.°vigas	Longitud total (m)	Ancho (m)	N.°cerchas	Longitud total (m)	Transversales (m)	Longitudinales (m)							

C. Aspectos por evaluar		D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACERO	(elementos lineales) Agrietamiento																								
	(elementos lineales) Corrosión																								
	(elementos lineales) Deformación																								
	(elementos lineales) Conexiones																								
	(elementos lineales) Impacto																								
	(cables) Cables dañados																								
	(cables) Sistema sujeción cables																								
	(cables) Vibración																								
	(cables) Anclajes																								
SISTEMA DE PROTECCIÓN DEL ACERO	ELEMENTOS PRINCIPALES Decoloración																								
	ELEMENTOS PRINCIPALES Pulverización																								
	ELEMENTOS PRINCIPALES Descascaramiento/ampollas																								
	ELEMENTOS PRINCIPALES Efectividad de la protección																								
	ELEMENTOS PRINCIPALES Galvanizado																								
	ELEMENTOS PRINCIPALES Sistema dúplex																								
	ELEMENTOS PRINCIPALES Porcentaje de oxidación																								
	ELEMENTOS PRINCIPALES Protec. acero autopatinable																								
	ELEMENTOS SECUNDARIOS Pulverización																								
	ELEMENTOS SECUNDARIOS Descascaramiento/ampollas																								
	ELEMENTOS SECUNDARIOS Efectividad de la protección																								
	ELEMENTOS SECUNDARIOS Galvanizado																								
	ELEMENTOS SECUNDARIOS Sistema dúplex																								
	ELEMENTOS SECUNDARIOS Porcentaje de oxidación																								
	ELEMENTOS SECUNDARIOS Protec. acero autopatinable																								

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO ATIRANTADO (IR-SP-07)

Fecha de inspección				Hoja			N.° Tramo	
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación		Nivel		
1.							N.° Super.	
2.								

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación		km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS			ELEMENTOS PRINCIPALES												SECUNDARIOS			
			Cables principales			Vigas principales			Vigas transversales			Diafragmas						
			Largo (m)	N.° cerchas	Longitud total (m)	Largo (m)	N.° vigas	Longitud total (m)	Ancho (m)	N.° vigas	Longitud total (m)	Ancho (m)	N.° diafrag	Longitud total (m)				
			D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia															
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CONCRETO REFORZADO	(elementos lineales)	Delaminaciones																
		Acero expuesto																
		Eflorescencias																
		Nidos de piedra																
		Agrietamiento																
		Abrasión o desgaste																
		Impacto																
CONCRETO PRESFORZADO	(elementos lineales)	Delaminaciones																
		Agrietamiento																
		Eflorescencias																
		Nidos de piedra																
		Acero expuesto																
		Presfuerzo expuesto																
		Abrasión o desgaste																
		Impacto																
ACERO	(elementos lineales)	Agrietamiento																
		Corrosión																
		Deformación																
		Conexiones																
		Impacto																
	(cables)	Cables dañados																
		Sistema sujeción cables																
		Vibración																
		Anclajes																
	Sistema de protección	Decoloración																
		Pulverización																
		Descascaramiento/ampollas																
		Efectividad de la protección																
		Galvanizado																
		Sistema dúplex																
		Porcentaje de oxidación																
		Protección acero autopatinable																

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO ARCO DE MADERA / ACERO / CONCRETO (IR-SP-08)

Fecha de inspección				Hoja		N.° Tramo	
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**		
1.						N.° Super.	
2.							

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	ELEMENTOS PRINCIPALES																				SECUNDARIOS			
	Arco				Soporte del tablero				Vigas transversales				Vigas de piso				Muro de retención lateral				Vigas de arriostramiento			
	L (m)	N.°	L total (m)		A (m)	N.°	Total (m)		A (m)	N.°	Total (m)		L (m)	N.°	L total (m)		L (m)	N.°	L total (m)		A (m)	N.°	Total (m)	

C. Aspectos por evaluar		D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CONCRETO REFORZADO	(elementos lineales)																								
	Delaminaciones																								
	Acero expuesto																								
	Eflorescencias																								
	Nidos de piedra																								
	Agrietamiento																								
	Abrasión o desgaste																								
	Impacto																								
CONCRETO PRESFORZADO	(elementos lineales)																								
	Delaminaciones																								
	Agrietamiento																								
	Eflorescencias																								
	Nidos de piedra																								
	Acero expuesto																								
	Presfuerzo expuesto																								
	Abrasión o desgaste																								
	Impacto																								
ACERO	(elementos lineales)																								
	Agrietamiento																								
	Corrosión																								
	Deformación																								
	Conexiones																								
	Impacto																								
	(sistema de protección)																								
	Decoloración																								
	Pulverización																								
	Descascaramiento/ampollas																								
	Efectividad de la protección																								
	Galvanizado																								
	Sistema dúplex																								
	Porcentaje de oxidación																								
	Protección acero autopatinable																								
MADERA	(elementos lineales)																								
	Grietas/acebolladuras/rajaduras																								
	Abrasión o desgaste																								
	Pudrición																								
	Daño por fuego																								
	Conexiones (de acero)																								

EVALUACIÓN DE SUPERESTRUCTURA TIPO ARCO DE MAMPOSTERÍA (IR-SP-09)

Fecha de inspección				Hoja			N.° Tramo	
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**			
1.							N.° Super.	
2.								

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	Arco			Muro de retención lateral			Relleno		
	Longitud (m)	N.° arcos	Longitud total (m)	Longitud (m)	N.° muros	Longitud total (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Área expuesta (m^2)

D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia

			Arco				Muro de retención lateral				Relleno			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
MAMPOSTERÍA	(bloques de mampostería)	Delaminaciones												
		Fractura/separación de mampostería												
		Abrasión o desgaste												
		Áreas reparadas												
		Eflorescencias / filtraciones												
		Agrietamiento del mortero												
		Desalineamiento bloques												
	(muro)	Verticalidad												
	(relleno)	Pérdida del relleno												

EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA SUBESTRUCTURA (IR-SB-01): BASTIONES

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Identificación	Nivel	
1.						
2.						

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	Cabezal de bastión n.° 1	Cuerpo de bastión n.° 1	Aletones bastión n.° 1	Cabezal de bastión n.° 2	Cuerpo de bastión n.° 2	Aletones bastión n.° 2
	MATERIAL	MATERIAL	MATERIAL	MATERIAL	MATERIAL	MATERIAL
	▫ Madera ▫ Acero ▫ Mampostería ▫ Concreto presf. ▫ Concreto reforz.	▫ Madera ▫ Acero ▫ Mampostería ▫ Concreto presf. ▫ Concreto reforz.	▫ Madera ▫ Acero ▫ Mampostería ▫ Concreto presf. ▫ Concreto reforz.	▫ Madera ▫ Acero ▫ Mampostería ▫ Concreto presf. ▫ Concreto reforz.	▫ Madera ▫ Acero ▫ Mampostería ▫ Concreto presf. ▫ Concreto reforz.	▫ Madera ▫ Acero ▫ Mampostería ▫ Concreto presf. ▫ Concreto reforz.
	Ancho (m)	L (m)	L (m)	Ancho (m)	L (m)	L (m)

D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia

		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
–	(todos)	Asentamiento																											
		Condición de la unión de los aletones																											
		Movimiento o rotación																											
		Erosión y filtraciones en el relleno																											
ACERO	(elementos lineales)	Agrietamiento																											
		Corrosión																											
		Deformación																											
		Conexiones																											
		Impacto																											
	(sistema de protección)	Decoloración																											
		Pulverización																											
		Descascaramiento/ampollas																											
		Efectividad de la protección																											
		Galvanizado																											
		Sistema dúplex																											
		Porcentaje de oxidación																											
		Protección acero autopatinable																											
CONCRETO	(elementos lineales)	Delaminaciones																											
		Acero expuesto																											
		Eflorescencias																											
		Nidos de piedra																											
		Agrietamiento																											
		Abrasión o desgaste																											
		Impacto																											
MADERA	(elementos lineales)	Grietas/acebolladuras/rajaduras																											
		Abrasión o desgaste																											
		Pudrición																											
		Daño por fuego																											
		Conexiones (de acero)																											
MAMPOSTERÍA	(bloques de mampostería)	Delaminaciones																											
		Fractura / separación mampostería																											
		Abrasión o desgaste																											
		Áreas reparadas																											
		Eflorescencias / filtraciones																											
		Agrietamiento del mortero																											
		Desalineamiento bloques																											

NOTA: Si la cimentación de los bastiones está expuesta se debe evaluar en el cuerpo del bastión y especificarlo en los comentarios

EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA SUBESTRUCTURA (IR-SB-02): PILAS

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación		km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	Cabezal de pila n.°		Cuerpo de pila n.°		Cabezal de pila n.°		Cuerpo de pila n.°		Cabezal de pila n.°		Cuerpo de pila n.°	
	MATERIAL		MATERIAL		MATERIAL		MATERIAL		MATERIAL		MATERIAL	
	▫ Madera ▫ Acero ▫ Mampostería ▫ Concreto presf. ▫ Concreto reforzado		▫ Madera ▫ Acero ▫ Mampostería ▫ Concreto presf. ▫ Concreto reforzado		▫ Madera ▫ Acero ▫ Mampostería ▫ Concreto presf. ▫ Concreto reforzado		▫ Madera ▫ Acero ▫ Mampostería ▫ Concreto presf. ▫ Concreto reforzado		▫ Madera ▫ Acero ▫ Mampostería ▫ Concreto presf. ▫ Concreto reforzado		▫ Madera ▫ Acero ▫ Mampostería ▫ Concreto presf. ▫ Concreto reforzado	
	Ancho (m)		Longitud (m)		Ancho (m)		Longitud (m)		Ancho (m)		Longitud (m)	

D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia

			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
-	(todos)	Asentamiento																								
		Movimiento o rotación																								
		Erosión, asentamiento taludes y protecciones																								
ACERO	(elementos lineales)	Agrietamiento																								
		Corrosión																								
		Deformación																								
		Conexiones																								
		Impacto																								
	(sistema de protección)	Decoloración																								
		Pulverización																								
		Descascaramiento/ampollas																								
		Efectividad de la protección																								
		Galvanizado																								
		Sistema dúplex																								
		Porcentaje de oxidación																								
		Protección acero autopatinable																								
CONCRETO	(elementos lineales)	Delaminaciones																								
		Acero expuesto																								
		Eflorescencias																								
		Nidos de piedra																								
		Agrietamiento																								
		Abrasión o desgaste																								
		Impacto																								
MADERA	(elementos lineales)	Grietas/acebolladuras/rajaduras																								
		Abrasión o desgaste																								
		Pudrición																								
		Daño por fuego																								
		Conexiones (de acero)																								
MAMPOSTERÍA	(bloques de mampostería)	Delaminaciones																								
		Fractura/separación mampostería																								
		Abrasión o desgaste																								
		Áreas reparadas																								
		Eflorescencias / filtraciones																								
		Agrietamiento del mortero																								
		Desalineamiento bloques																								

NOTA: Si la cimentación de la pila está expuesta se debe evaluar en el cuerpo de la pila y especificarlo en los comentarios

EVALUACIÓN DE LOS APOYOS (IR-SB-03)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km	

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	Bastión n.° 1	Bastión n.° 2	Pila n.°	Pila n.°	Pila n.°	Pila n.°
	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO
	□ Elastomérico □ Expansivo □ Fijo	□ Elastomérico □ Expansivo □ Fijo	□ Elastomérico □ Expansivo □ Fijo	□ Elastomérico □ Expansivo □ Fijo	□ Elastomérico □ Expansivo □ Fijo	□ Elastomérico □ Expansivo □ Fijo
	□ Disco □ Confinados (tipo pot) □ Otros	□ Disco □ Confinados (tipo pot) □ Otros	□ Disco □ Confinados (tipo pot) □ Otros	□ Disco □ Confinados (tipo pot) □ Otros	□ Disco □ Confinados (tipo pot) □ Otros	□ Disco □ Confinados (tipo pot) □ Otros
	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad

C. Aspectos por evaluar			D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia																					
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TIPOS DE APOYOS	ELASTOMÉRICOS	Movimiento																								
		Alineamiento																								
		Corrosión																								
		Pérdida del área de soporte																								
		Posición de la almohadilla																								
		Deformación lateral																								
		Grietas/desgarre de almohadilla																								
		Placas, pernos de anclaje,topes																								
	EXPANSIVOS	Movimiento																								
		Alineamiento																								
		Elementos principales																								
		Corrosión																								
		Placas, pernos de anclaje,topes, guías laterales																								
		Pérdida del área de soporte																								
	FIJOS	Movimiento																								
		Elementos principales																								
		Corrosión																								
		Conexiones																								
		Sistema de restricción vertical																								
		Pérdida del área de soporte																								
	DISCO / POT	Movimiento																								
		Elementos principales																								
		Corrosión																								
		Conexiones																								
		Restricción vertical/guías laterales																								
		Pérdida del área de soporte																								

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA AMENAZAS NATURALES (IR-AN-01)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación		km

B. Elementos por evaluar

ELEMENTOS	Bastión n.º 1		Bastión n.º 2		Pila n.º		Pila n.º		Pila n.º		Pila n.º	
	L. Asient. (m) [4]		L. Asient. (m) [4]		L. Asient. (m) [4]		L. Asient. (m) [4]		L. Asient. (m) [4]		L. Asient. (m) [4]	
	L. Asient. (m) [4]		L. Asient. (m) [4]		L. Asient. (m) [4]		L. Asient. (m) [4]		L. Asient. (m) [4]		L. Asient. (m) [4]	

		D. Porcentaje de extensión por severidad que presenta la deficiencia [1]																						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SISTEMAS PROTECCIÓN	HIDRAULICA	Socavación cimentaciones profundas [2]																							
		Socavación cimentaciones superficiales [2]																							
		Sistema protección socavación [2]																							
		Potencial de bloqueo cauce [5]																							
		Desbordamiento [5]																							
	SÍSMICA	Longitud de asiento [3]																							
		Llaves de corte [2]																							
		Otros sistemas [2]																							

NOTAS

1. En este formulario solo se acepta colocar 0% o 100 % en alguna casilla de severidad.
2. Las cimentaciones (evaluadas en socavación), los sistemas de protección contra socavación, las llaves de corte y otros sistemas de protección sísmica pueden tener más de un elemento, sin embargo, se evalúan como un único elemento o sistema. Para ello, se registra el elemento que muestre la mayor severidad.

3. La evaluación de la severidad de la longitud de asiento se debe realizar de forma posterior a la inspección, calculando la longitud de asiento requerida de acuerdo con AASHTO LRFD. Utilizar formulario RC-503. Cuando hay dos longitudes de asiento (como en las pilas), se registra la mayor severidad.

4. L. Asient (m).: Longitud de asiento real (en metros) que está disponible en el elemento, la cual, se obtiene de mediciones aproximadas en sitio o de las dimensiones indicadas en los planos disponibles del puente. Si no aplica o no se registra, se debe cancelar la celda.

5. El potencial bloqueo del cauce y el desbordamiento se evalúan para todo el puente.

INSPECCIÓN DE PUENTES TEMPORALES (IR-PT-01)

Fecha de inspección		Hoja			N.° de Tramo	
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.					N.° de Super.	
2.						

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km	

B. Deterioros existentes en el puente temporal (seleccionar)

- ☐ El sistema de fijación de la superestructura es deficiente.
- ☐ Se utilizaron elementos de la estructura anterior y son deficientes.
- ☐ Se observan elementos que no son originales en la superestructura.
- ☐ Existen grietas en las conexiones o en el sistema de arriostramiento.
- ☐ Existen agujeros en el tablero o la superficie de rodamiento presenta daños
- ☐ Hay elementos que no están firmemente unidos.
- ☐ Se observan elementos oxidados o con corrosión.
- ☐ Faltan varios pernos en las conexiones inspeccionadas.
- ☐ Existen elementos con deformaciones o fallas debido a impacto.

ESQUEMA DEL PUENTE

OTRAS OBSERVACIONES

COMENTARIOS (IR-CM-01)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km

B. Comentarios

FOTOGRAFÍAS (IR-FT-01)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ruta n.°	
Nombre del puente		Kilómetro ubicación	km

B. Fotografias

N.°		Descripción		N.°		Descripción		N.°		Descripción	
Comentario				Comentario				Comentario			
N.°		Descripción		N.°		Descripción		N.°		Descripción	
Comentario				Comentario				Comentario			

ESQUEMAS DE DEFICIENCIAS (IR-ED-01)

Fecha de inspección				Hoja		
Inspector	**Nombre**	**Primer apellido**	**Segundo apellido**	**Identificación**	**Nivel**	
1.						
2.						

A. Datos generales del puente

Código del puente		Ruta n.°		
Nombre del puente		Kilómetro de ubicación	km	

B. Esquemas de deficiencias

Página intencionalmente en blanco.

Apéndice C

Guía de uso de formularios de conservación

C.1 Generalidades..... C/2
C.2 Descripción de los formularios CV-AS..... C/4
C.3 Descripción de los formularios CV-AR..... C/12
C.4 Descripción del formulario CV-HC..... C/17
C.5 Descripción de los formularios CV-HB..... C/23
C.6 Bibliografía..... C/28
C.7 Formularios..... C/28

C.1 Generalidades

Este apéndice corresponde a la guía para el llenado de la información de los formularios (ya sean físicos o digitales) de conservación de puentes. En el Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I se establecen los principales conceptos en relación con la conservación de puentes, mientras que, en la Sección 9.6 del MP-2024 Tomo I, se introducen los distintos formularios de conservación incluidos en el presente apéndice. Finalmente, en el Apéndice D, correspondiente a las *Especificaciones Generales para el Mantenimiento de Puentes_CP-2024*, se incluye la descripción de las distintas actividades y procedimientos de conservación que se mencionan, con su respectivo código, en los formularios.

El objetivo principal de los formularios corresponde a permitir que se pueda realizar una gestión efectiva de la conservación de puentes, al documentar las distintas actividades y tareas que se realizan como parte del programa de mantenimiento. Debido a lo anterior, es que toda la información recopilada en los formularios deberá ser almacenada en la base de datos del Sistema de Gestión de Puentes o archivo del puente de la *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como *Organización*), según lo indicado en la Sección 2.4 del MP-2024 Tomo I. Estos formularios pueden adaptarse a actividades de rehabilitación (menor o mayor) de puentes, aunque están enfocados en las actividades de mantenimiento establecidas en el CP-2024. Es posible que la *Organización* requiera esta documentación en actividades de rehabilitación, por lo cual los formularios pueden ser ampliados para agregar estas actividades en los respectivos pliegos de condiciones para contratación.

Los formularios de conservación de puentes, se agrupan en cuatro categorías: i. Formularios de actividades de conservación solicitadas (**CV-AS**), ii. Formularios de actividades de conservación realizadas (**CV-AR**), iii. Registro histórico de actividades de mantenimiento cíclico (**CV-HC**) y iv. Registro histórico de actividades de mantenimiento basado en la condición (**CV-HB**). Adicionalmente, en cada una de las categorías presentadas, se realiza una separación de formularios por cada uno de los componentes del puente. Lo anterior, con excepción del formulario **CV-HC**, en cuyo caso, a manera de simplificación, se presenta un único formulario con todos los componentes. A continuación, se presenta el listado de todos los formularios de conservación y sus códigos respectivos según las cuatro categorías indicadas anteriormente:

i. Formularios de actividades de conservación solicitadas (CV-AS)

CV-AS-01. Formulario de actividades de conservación solicitadas: Accesorios

CV-AS-02. Formulario de actividades de conservación solicitadas: Accesos

CV-AS-03. Formulario de actividades de conservación solicitadas: Seguridad vial

CV-AS-04. Formulario de actividades de conservación solicitadas: Superestructura

CV-AS-05. Formulario de actividades de conservación solicitadas: Subestructura

CV-AS-06. Formulario de actividades de conservación solicitadas: Elementos adicionales

ii. Formularios de actividades de conservación realizadas (CV-AR)

CV-AR-01. Formulario de actividades de conservación realizadas: Accesorios

CV-AR-02. Formulario de actividades de conservación realizadas: Accesos

CV-AR-03. Formulario de actividades de conservación realizadas: Seguridad vial

CV-AR-04. Formulario de actividades de conservación realizadas: Superestructura

CV-AR-05. Formulario de actividades de conservación realizadas: Subestructura

CV-AR-06. Formulario de actividades de conservación realizadas: Elementos Adicionales

iii. Registro histórico de actividades de mantenimiento cíclico (CV-HC)

CV-HC-01. Registro histórico de actividades de mantenimiento cíclico

iv. Registro histórico de actividades de mantenimiento basado en la condición (CV-HB)

CV-HB-01. Registro histórico de actividades de mantenimiento basado en la condición: Accesorios

CV-HB-02. Registro histórico de actividades de mantenimiento basado en la condición: Accesos

CV-HB-03. Registro histórico de actividades de mantenimiento basado en la condición: Seguridad vial

CV-HB-04. Registro histórico de actividades de mantenimiento basado en la condición: Superestructura

CV-HB-05. Registro histórico de actividades de mantenimiento basado en la condición: Subestructura

CV-HB-06. Registro histórico de actividades de mantenimiento basado en la condición: Elementos adicionales

La descripción del llenado de todos los formularios se realiza de la Sección C.2 a la Sección C.5 del MP-2024 Tomo I. La descripción presentada en cada sección corresponde únicamente a uno de los formularios por categoría, ya que, la forma en cómo se debe recopilar la información solicitada se replica para todos los formularios independientemente del componente del puente.

C.2 Descripción de los formularios CV-AS

Los Formularios de Actividades de Conservación Solicitadas (**CV-AS**) son utilizados para identificar, para los distintos componentes y elementos del puente, los procedimientos de conservación que deben ser ejecutados. Asimismo, se indica para cada procedimiento de conservación recomendado, la cantidad aproximada de trabajo requerido según las unidades de planificación ya establecidas. En la Tabla 6.1 del Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I se encuentra el listado completo de componentes y elementos del puente. Adicionalmente, la descripción detallada de cada uno de los procedimientos de conservación se encuentra en el CP-2024 incluido en el Apéndice D del MP-2024 Tomo I, mientras que, la explicación y definición de las unidades de planificación se encuentra en la Sección 9.5 del MP-2024 Tomo I.

En la Figura C.1, correspondiente al *CV-AS-01 Formulario de actividades de conservación solicitadas: Accesorios*, se muestra que estos formularios se encuentran divididos en tres secciones (identificadas con letras de la A a la C) correspondientes al encabezado, datos generales del puente y recomendaciones de actividades de conservación requeridas. Adicionalmente, de la Tabla C.1 a la Tabla C.6 se explica cómo se debe completar la información solicitada en cada una de estas secciones del formulario.



Figura C.1. Secciones del formulario CV-AS-01.

Tabla C.1. Sección A. Encabezado del formulario CV-AS-01.

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: ACCESORIOS (CV-AS-01)						
Fecha de reporte		Hoja	*X*	*XX*	N.°Reporte	
Responsables de solicitud	Nombre	Primer Apellido	Segundo Apellido		Identificación	Nivel
1.						
2.						

Tabla C.2. Explicación de Sección A. Encabezado del formulario CV-AS-01.

Ítem	Descripción
1. Fecha de reporte	Corresponde a la fecha en la que el ingeniero responsable de realizar las recomendaciones de conservación requeridas identifica la necesidad de conservación y realiza formalmente la solicitud de actividades y procedimientos de conservación a través del reporte. Se debe registrar la fecha en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018, es decir, año-mes-día. Ejemplo: 2020-07-23
2. Hoja	Corresponde al número de hoja “X” con respecto al número total de hojas “XX” del formulario correspondiente.
3. N.° Reporte	Debe estar conformado de la siguiente forma: *AS-YY-Código_Puente-XX*. Donde, “YY” corresponde al número de formulario (01 accesorios, 02 accesos, 03 seguridad vial, 04 superestructura, 05 subestructura y 06 elementos adicionales). El Código del puente debe colocarse según se explica en el ítem 1 de la Tabla C.4 (igual a código reportado en inventario según Apéndice A del MP-2024 Tomo I). Finalmente, los últimos dígitos “XX” deben corresponder a un consecutivo histórico iniciado en 01 y que deberá estar acorde a la cantidad de formularios existentes. Ejemplo: AS-01-6041001-01
4. Responsables de solicitud: Nombre – Primer Apellido – Segundo Apellido	Se registra el nombre, primer y segundo apellido de los responsables de solicitar las actividades de conservación que son requeridas. En ocasiones, según determine la *Organización*, estos pueden ser los inspectores encargados de la *Inspección rutinaria*.
5. Identificación	Se registra la identificación (cédula de identidad o documento de identificación migratorio para extranjeros según corresponda) de los inspectores responsables que ejecutaron la *inspección de inventario*.

Tabla C.2. Explicación de Sección A. Encabezado del formulario CV-AS-01.

Ítem	Descripción
	Este dato debe registrar sin guiones, espacios en blanco ni ceros al inicio, es decir, en el caso de la cedula de identidad este número debe estar compuesto de 9 dígitos. En el caso del documento de identificación migratorio para extranjeros debe estar compuesto de 11 o 12 dígitos según sea el caso.
5. Nivel (inspector)	En el caso en que los responsables de solicitar las acciones de conservación sean los inspectores, debe completarse el nivel de inspector, según los definidos en el Capítulo 3 del MP-2024 Tomo I. Este dato se debe registrar en números romanos (I, II o II según corresponda). En caso contrario, deberá colocarse “NA” (No aplica).

Tabla C.3. Sección B. Datos generales del puente del formulario CV-AS-01.

B. Datos Generales del Puente							
Código del puente		Ubicación	Provincia		Encargado de conservación	□ MOPT / CONAVI □ Municipalidad	
Nombre del puente			Cantón			□ Concesionario □ Privado	
Cruza sobre	□ Río:		Distrito				
	□ Estero:	Información de		Construcción	Ultima actividad de rehabilitación	Ultima actividad de conservación	
	□ Quebrada:						
	□ Ruta Nacional:	Fecha					
	□ Ruta Cantonal	Especificación					
	□ Línea férrea	N.° de contrato					
	□ Camino privado						
Ruta n.°							
Kilómetro de ubicación	km						

Tabla C.4. Explicación de Sección B. Datos generales del puente del formulario CV-AS-01.

Ítem	Descripción
1. Código del puente	El código del puente debe ser el mismo al asignado en la *Inspección de inventario* (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I). El código del puente corresponde a un código único de cada estructura que se mantiene a lo largo de su vida de servicio. El código del puente es numérico y estrictamente está compuesto de 7 dígitos. A continuación, se describe el significado de la posición de cada dígito: **Dígito** — **Descripción** 1er — Código Provincia (ver Tabla A.56 del MP-2024 Tomo

Tabla C.4. Explicación de Sección B. Datos generales del puente del formulario CV-AS-01.

Ítem	Descripción
	l) 2do y 3ero Código Cantón (ver Tabla A.56 del MP-2024 Tomo I) 4to Código de clasificación de ruta (ver ítem 4. Clasificación de la Tabla A.5 del MP-2024 Tomo I) 5to, 6to y 7mo Número consecutivo asignado por el sistema Ejemplo: • Puente sobre río Ciruelas en Ruta Nacional n.° 01 (Primaria), ubicado en Puntarenas, Montes de Oro. Código puente: 6041XXX. **Nota:** El número consecutivo de puente "XXX" corresponde al número consecutivo que se asigna para cada puente registrado dentro de un mismo cantón, provincia y clasificación de ruta.
2. Nombre del puente	A no ser que el puente posea un nombre oficial particular establecido por la *Organización*, en Costa Rica un puente lleva el mismo nombre del obstáculo que cruza. Por lo tanto, cuando el puente cruza sobre un cuerpo de agua lleva el nombre de este (ejemplo: Río Cañas o Quebrada Alcornoque). Por otro lado, cuando cruza sobre una ruta nacional, cantonal, línea férrea o camino privado, se identifica de acuerdo con el obstáculo que cruza (ejemplo: Puente sobre Ruta Nacional n.° 39). Si la estructura cruza sobre más de una ruta nacional se debe identificar de acuerdo con todas las de rutas nacionales que cruza, independientemente de si cruza otros obstáculos. En caso de que el puente cruce diversos obstáculos incluyendo un cuerpo de agua y donde el resto de obstáculos no corresponda a rutas nacionales, se debe identificar de acuerdo con el nombre del cuerpo de agua. Cualquier que sea el caso, de no conocerse si se ha establecido un nombre oficial particular para el puente se debe consultar el dato ya sea en la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI, o la Municipalidad respectiva.
3. Cruza sobre	Se refiere al obstáculo sobre el cual cruza el puente. En el caso de

Tabla C.4. Explicación de Sección B. Datos generales del puente del formulario CV-AS-01.

Ítem	Descripción
	ríos, esteros o quebradas se debe indicar el nombre del cuerpo de agua que cruza el puente. En el caso de puentes que cruzan sobre rutas nacionales, se deberá identificar el número de ruta sobre la cual cruza la estructura. De no conocerse el dato se debe consultar a la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT. Es importante señalar que en su longitud total, un puente puede cruzar sobre diversos obstáculos por lo que se deben marcar todas las opciones correspondientes e indicar todos los nombres de cuerpos de agua y números de rutas nacionales que cruce. **Código** — **Cruza sobre** 1 — Río 2 — Estero 3 — Quebrada 4 — Ruta Nacional 5 — Ruta Cantonal 6 — Línea férrea 7 — Camino privado
4. Ruta n.°	La ruta en la que se ubica el puente debe ser la misma a la indicada en la *Inspección de inventario* (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I). Se refiere al número de ruta en donde se encuentra ubicado el puente. De no conocerse el dato se debe consultar a la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT o la Municipalidad respectiva. En el caso de puentes que cruzan sobre otra ruta (sea nacional o cantonal), una línea férrea o camino privado, el número de ruta corresponde al de la vía que pasa sobre el tablero de la estructura. En el caso de puentes "Privados" se debe indicar la opción "NA" (no aplica).
5. Kilómetro de ubicación	El kilómetro de ubicación del puente debe ser el mismo al indicado en la *Inspección de inventario* (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I). Se refiere al kilómetro de la ruta en el cual está ubicado el inicio del puente. Para indicar el kilómetro de ubicación, se debe conocer el inicio de la ruta (kilómetro 0), para identificar correctamente la ubicación del inicio del puente. Se debe registrar este dato en kilómetros, utilizando

Tabla C.4. Explicación de Sección B. Datos generales del puente del formulario CV-AS-01.

Ítem	Descripción
	tres posiciones decimales (Ejemplo: 23,256 km; 108,305 km; etc.). De no conocerse este dato, se deberá consultar a la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT o a la municipalidad respectiva. En el caso de puentes “Privados” se debe indicar “NA” (no aplica).
6. Ubicación	La ubicación del puente debe ser la misma a la indicada en la *Inspección de inventario* (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I). La ubicación del puente se define según el nombre de la provincia, cantón y distrito. En los casos en los que el puente se encuentra ubicado en el límite provincial, cantonal o distrital, se debe colocar la provincia, cantón o distrito (según sea el caso) que se encuentre de primero según el kilómetro de inicio de la ruta que contiene el puente.
7. Encargado de conservación	Se refiere al encargado de la conservación de la estructura durante su vida de servicio. En el caso de puentes ubicados dentro de propiedades de instituciones públicas o en terrenos privados se debe indicar “Privado”. **Código** — **Encargado** 1 — MOPT / CONAVI 2 — Municipalidad 3 — Privado 4 — Concesionario
8. Construcción	Se refiere a datos generales de la construcción del puente. Se debe indicar la fecha en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018 (año-mes-día), n.° de contrato (por ejemplo, en el caso del CONAVI el número de contrato es según número del pliego de condiciones) y especificación de construcción, de acuerdo con la información recopilada a través de la *Inspección de inventario* (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I). Estos datos se pueden encontrar en los planos constructivos, y de no ser así se debe consultar a la Dirección de Puentes del MOPT, la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI o la Municipalidad respectiva. La fecha de construcción puede no ser la misma fecha en la que se establece el

Tabla C.4. Explicación de Sección B. Datos generales del puente del formulario CV-AS-01.

Ítem	Descripción
	contrato. En algunos puentes puede encontrarse una placa que indica el año en que fue finalizada su construcción; sin embargo, si la placa hace referencia a un período legislativo (por ejemplo un período presidencial) en que fue construida la estructura (ejemplo: 1978-1982), se deberá verificar la fecha de construcción a través de las memorias del MOPT, y en última instancia, si no se posee información alguna, se podrá indicar el primer año del período. Por otro lado, cuando únicamente exista información sobre el año de construcción del puente o año y mes de construcción, se deberá indicar la fecha como año-01-01 o año-mes-01 según sea el caso. Si no existe ninguna información para alguno de los datos se debe indicar "NI" (no se tiene información).
9. Última actividad de rehabilitación	Se refiere a datos generales de la última rehabilitación (menor o mayor) del puente. Se debe indicar la fecha de realización de los trabajos en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018 (año-mes-día), n.° de contrato, especificación de diseño y construcción y carga viva de diseño, de acuerdo con la información recopilada a través de la *Inspección de inventario* (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I). Si no existe ninguna información para alguno de los datos, se debe indicar "NI" (no se tiene información). Cuando únicamente exista información sobre el año o año y mes de la última rehabilitación realizada, se deberá indicar la fecha como año-01-01 o año-mes-01 según sea el caso.
10. Última actividad de mantenimiento	Se refiere a datos generales de la última actividad de mantenimiento cíclico o basado en la condición realizada en el puente. Se debe indicar la fecha de realización de los trabajos en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018 (año-mes-día), el número de reporte según el formulario CV-AR-01 (ver ítem 3. N.° Reporte de Tabla C.8), así como la especificación utilizada. Si no existe ninguna información para alguno de los datos, se debe indicar "NI" (no se tiene información).

Tabla C.5. Sección C. Recomendaciones de actividades de conservación requeridas del formulario CV-AS-01.

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas							
Componente	Elemento	Actividad de conservación del *CP-2020*	Procedimiento del *CP-2020*	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Comentario
				Si = X	Cantidad estimada		
Accesorios [100]	Juntas de expansión [10001]	609 Reemplazo de juntas de expansión	609.07 Reemplazo de juntas abiertas			ml	
			609.08 Reemplazo de juntas rellenas con sello vertible			ml	
			609.09 Reemplazo de juntas con sellos comprimidos de neopreno			ml	
			609.10 Reemplazo de juntas continuas de perfil de acero			ml	
			609.11 Reemplazo de juntas de placas dentadas			ml	
			609.12 Reemplazo o colocación de juntas asfálticas			ml	
			609.13 Reemplazo de juntas especiales			ml	
	Sistemas de drenaje [10002] [10003]	604 Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje	604.07 Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas			ud	
			604.08 Instalación de nuevo sumidero en losa			ud	
			604.09 Reparación o construcción de drenajes, bordillos o canaletas			ml	
			604.10 Reemplazo o colocación de tubos de extensión de descarga vertical			ml	
			604.11 Colocación de drenajes horizontales a lo largo de muros de retención			ml	
	Superficie de desgaste del puente [10004]	611 Reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico	611.07 Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico			m^2	
			611.08 Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto hidráulico			ml	
		612 Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico	612.07 Bacheo de superficie de desgaste de concreto asfáltico			m^2	
			612.08 Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico			m^2	
			612.09 Sellado de grietas de superficie de desgaste de concreto asfáltico			ml	
Formulario continúa en hoja siguiente							

Tabla C.6. Explicación de Sección C. Recomendaciones de actividades de conservación requeridas del formulario CV-AS-01.

Ítem	Descripción
1. Componente - Elemento	Listado de componentes y elementos de un puente (ver Tabla 6.1 del Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I) al cual se les asocian las distintas actividades y procedimientos de conservación.
2. Actividad de conservación - Procedimiento	Listado de actividades y procedimientos de conservación incluidos en las *Especificaciones Generales para el Mantenimiento de Puentes_CP-2024* (ver Tabla 9.3 y Apéndice D del MP-2024 Tomo I para descripción

Tabla C.6. Explicación de Sección C. Recomendaciones de actividades de conservación requeridas del formulario CV-AS-01.

Ítem	Descripción
	de cada uno de los procedimientos).
3. Alcance del trabajo	En la primera columna de la sección de alcance, el responsable de solicitar las actividades debe marcar con "X" la actividad de conservación que considere necesaria recomendar para el puente según los resultados de la inspección, ya sea rutinaria o detallada, más actualizada que haya sido realizada. Se observa que las distintas actividades y sus procedimientos de conservación están divididas para los componentes y para los elementos de cada componente. Asimismo, el responsable de la solicitud debe colocar una cantidad estimada del trabajo que es requerido según las unidades de planificación que se presentan para cada actividad (ver ítem 4. Unidades de planificación de esta tabla).
4. Unidades de planificación	Unidad de medida única asociada a los procedimientos de conservación (ver Sección 9.5 del MP-2024 Tomo I).
5. Comentario	Espacio habilitado para que el responsable de solicitar las actividades de conservación coloque cualquier comentario que considere relevante para conocimiento de la *Organización.* En caso de que se considere necesario disponer de una fotografía para demostrar la necesidad de conservación, el responsable de la solicitud deberá colocar en este ítem el nombre del archivo de la fotografía de la siguiente forma: *N.°_Reporte-FXX*, donde XX corresponde a un consecutivo según el número de fotografía. Las fotografías, deberán de ser almacenadas en el archivo del puente junto con el reporte de acciones solicitadas correspondiente. La resolución y calidad de las fotografías debe ser tal que permita identificar con claridad la necesidad de conservación.

C.3 Descripción de los formularios CV-AR

Los Formularios de Actividades de Conservación Realizadas (**CV-AR**) deben ser utilizados para que el ingeniero responsable de realizar la conservación de puentes reporte las distintas actividades de conservación que fueron realizadas en el puente. Estos formularios se encuentran divididos en tres secciones básicas (identificadas con letras de la A a la C)

correspondientes al encabezado, datos generales del puente y la sección de las acciones de conservación realizadas según se puede observar en la Figura C.2 correspondiente al formulario *CV-AR-01 Formulario de actividades de conservación realizadas: Accesorios*. Adicionalmente, en la Tabla C.7 a la Tabla C.11 se explica el llenado de cada una de estas secciones del formulario.

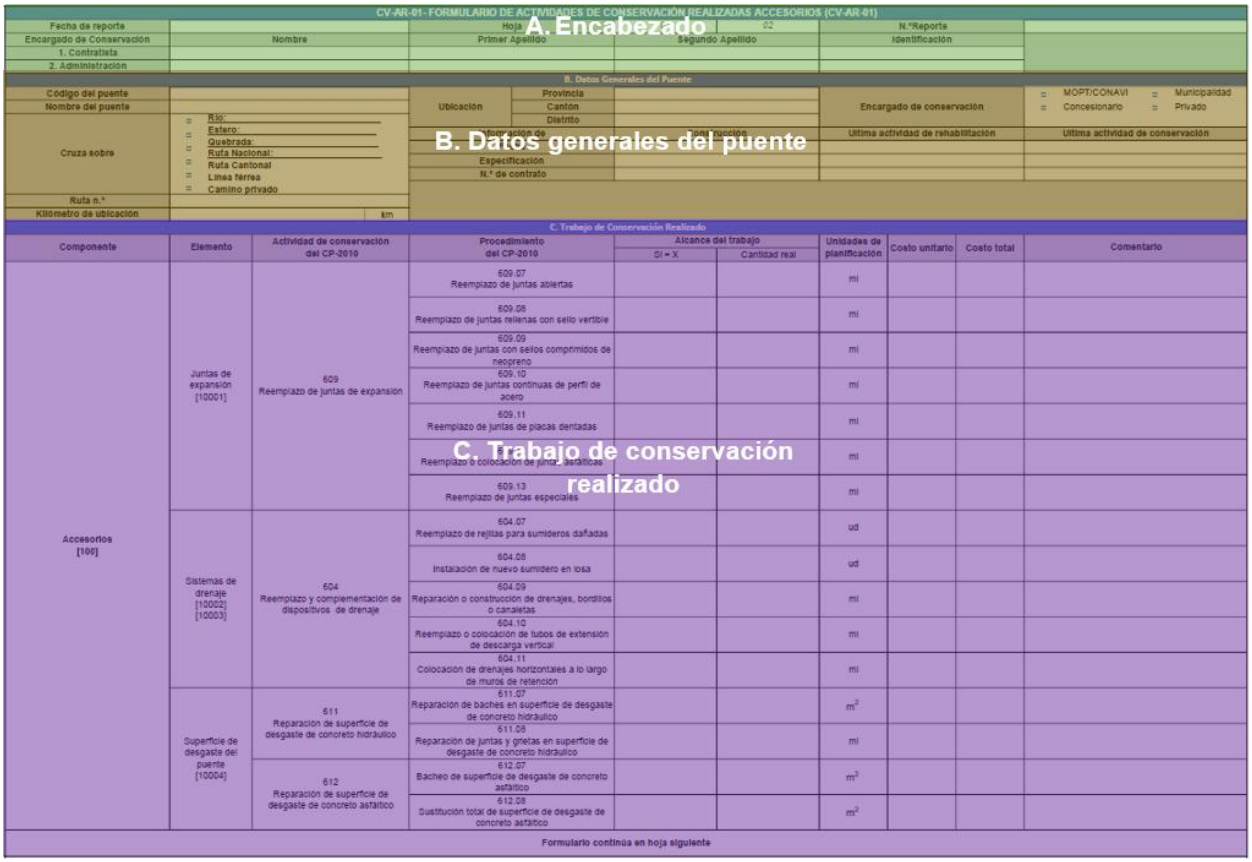


Figura C.2. Secciones del formulario CV-AR-01.

Tabla C.7. Sección A. Encabezado del formulario CV-AR-01.

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS ELEMENTOS ADICIONALES (CV-AR-06)						
Fecha de reporte		**Hoja**	*X*	*XX*	**N.° Reporte**	
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**
1.						
2.						

Tabla C.8. Explicación de Sección A. Encabezado del formulario CV-AR-01.

Ítem	Descripción

Tabla C.8. Explicación de Sección A. Encabezado del formulario CV-AR-01.

Ítem	Descripción
1. Fecha de reporte	Corresponde a la fecha en la que el ingeniero responsable de realizar la conservación del puente completa el informe, dando constancia que las actividades de conservación ya fueron ejecutadas en su totalidad. Se debe registrar la fecha en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018, es decir, año-mes-día. Ejemplo: 2020-07-23
2. Hoja	Refiérase al ítem 2. Hoja de la Tabla C.2.
3. N.° Reporte	Debe estar conformado de la siguiente forma: *AR-YY-Código_Puente-XX*. Donde, "YY" corresponde al número de formulario (01 accesorios, 02 accesos, 03 seguridad vial, 04 superestructura, 05 subestructura y 06 elementos adicionales). El Código del puente debe colocarse según se explica en el ítem 1. Código del puente de la Tabla C.4 (debe corresponder al código reportado en el inventario según Apéndice A del MP-2024 Tomo I). Finalmente, los últimos dígitos "XX" deben corresponder a un consecutivo iniciado en 01 y deberán estar acordes a un consecutivo histórico según la cantidad de formularios existentes. Ejemplo: AR-01-6041001-01
4. Encargado de conservación: Nombre – Primer Apellido – Segundo Apellido	Se registra el nombre, primer y segundo apellido de los responsables de realizar la conservación del puente, tanto por parte del Contratista (fila n.°1) como por parte de la *Organización* (fila n.°2).
5. Identificación	Se registra la identificación (cédula de identidad o documento de identificación migratorio para extranjeros según corresponda) de los responsables de realizar la conservación del puente, tanto por parte del Contratista como por parte de la *Organización* según se indicó en el ítem 4 de la presente tabla. Este dato debe registrar sin guiones, espacios en blanco ni ceros al inicio, es decir, en el caso de la cedula de identidad este número debe estar compuesto de 9 dígitos. En el caso del documento de identificación migratorio para extranjeros debe estar compuesto de 11 o 12 dígitos según sea el caso.

Tabla C.9. Sección B. Datos generales del puente del formulario CV-AR-01.

B. Datos Generales del Puente							
Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**		**Encargado de conservación**	□ MOPT / CONAVI □ Municipalidad	
Nombre del puente			**Cantón**			□ Concesionario □ Privado	
Cruza sobre	□ **Rio:**		**Distrito**				
	□ **Estero:**	**Información de**		**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de conservación**	
	□ **Quebrada:**						
	□ **Ruta Nacional:**	**Fecha**					
	□ **Ruta Cantonal**	**Especificación**					
	□ **Línea férrea**	**N.° de contrato**					
	□ **Camino privado**						
Ruta n.°							
Kilómetro de ubicación	km						

El llenado de la información de la Sección B. Datos generales del puente del formulario CV-AR-01 debe realizarse según la explicación presentada anteriormente en la Tabla C.4.

Tabla C.10. Sección C. Trabajo de conservación realizado del formulario CV-AR-01.

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas							
Componente	**Elemento**	**Actividad de conservación del *CP-2020***	**Procedimiento del *CP-2020***	**Alcance del trabajo**		**Unidades de planificación**	**Comentario**
				Si = X	Cantidad estimada		
Accesorios [100]	Juntas de expansión [10001]	609 Reemplazo de juntas de expansión	609.07 Reemplazo de juntas abiertas			ml	
			609.08 Reemplazo de juntas rellenas con sello vertible			ml	
			609.09 Reemplazo de juntas con sellos comprimidos de neopreno			ml	
			609.10 Reemplazo de juntas continuas de perfil de acero			ml	
			609.11 Reemplazo de juntas de placas dentadas			ml	
			609.12 Reemplazo o colocación de juntas asfálticas			ml	
			609.13 Reemplazo de juntas especiales			ml	
	Sistemas de drenaje [10002] [10003]	604 Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje	604.07 Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas			ud	
			604.08 Instalación de nuevo sumidero en losa			ud	
			604.09 Reparación o construcción de drenajes, bordillos o canaletas			ml	
			604.10 Reemplazo o colocación de tubos de extensión de descarga vertical			ml	
			604.11 Colocación de drenajes horizontales a lo largo de muros de retención			ml	
	Superficie de desgaste del puente [10004]	611 Reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico	611.07 Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico			m^2	
			611.08 Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto hidráulico			ml	
		612 Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico	612.07 Bacheo de superficie de desgaste de concreto asfáltico			m^2	
			612.08 Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico			m^2	
			612.09 Sellado de grietas de superficie de desgaste de concreto asfáltico			ml	
Formulario continúa en hoja siguiente							

Tabla C.11. Explicación de Sección C. Trabajo de conservación realizado del formulario CV-AR-01.

Ítem	Descripción
1. Componente - Elemento	Refiérase al ítem 1. Componente - Elemento de la Tabla C.6.
2. Actividad de conservación - Procedimiento	Refiérase al ítem 2. Actividad de conservación - Procedimiento de la Tabla C.6.
3. Alcance del trabajo	En la primera columna del de alcance, el responsable de realizar la conservación del puente debe marcar con “X” la actividad de conservación que fue realizada. Se observa que las distintas actividades y sus correspondientes procedimientos de conservación están divididas para los distintos componentes y elementos de cada componente. En la segunda columna del alcance, el responsable debe colocar la cantidad real del trabajo de conservación que fue realizado, utilizando las unidades de planificación definidas.
4. Unidades de planificación	Refiérase al ítem 4. Unidades de planificación de la Tabla C.6.
5. Costo unitario final	El responsable de realizar la conservación del puente debe indicar el costo unitario final (en colones) del trabajo que ya fue realizado. Lo anterior, según la cantidad real de trabajo y la unidad de planificación que fue reportado como parte del alcance del mismo.
6. Costo total final	El responsable de realizar la conservación del puente debe indicar el costo total final (en colones) del procedimiento de conservación que fue realizado. El costo final reportado debe corresponder con la multiplicación del costo unitario final y la cantidad real.
7. Comentario	Espacio habilitado para que el responsable de realizar la conservación del puente coloque cualquier comentario que considere relevante para conocimiento de la *Organización.* En caso de que se considere necesario disponer de una fotografía para demostrar el trabajo de conservación realizado, el responsable de la solicitud deberá colocar en este ítem el nombre del archivo de la fotografía de la siguiente forma:

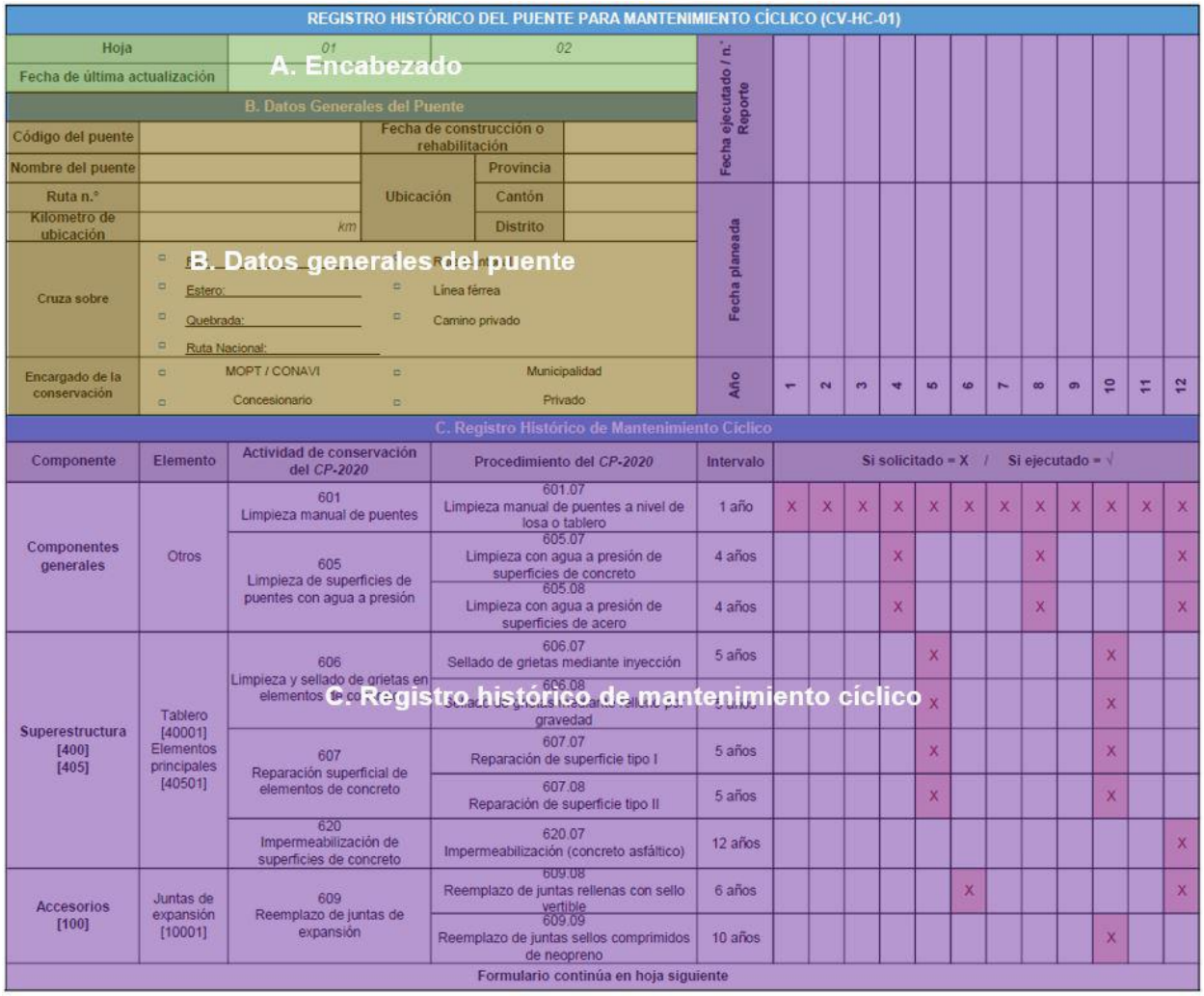
Tabla C.11. Explicación de Sección C. Trabajo de conservación realizado del formulario CV-AR-01.

Ítem	Descripción
	N.°_Reporte-FXX, donde XX corresponde a un consecutivo según el número de fotografía. Las fotografías, deberán de ser almacenadas en el archivo del puente junto con el reporte de acciones realizadas correspondiente. La resolución y calidad de las fotografías debe ser tal que permita identificar con claridad el trabajo de conservación realizado.

C.4 Descripción del formulario CV-HC

Este Registro histórico de actividades de mantenimiento cíclico (**CV-HC**) corresponde al formulario en el cual debe llevarse el registro histórico de los procedimientos de mantenimiento cíclico durante toda la vida de servicio de la estructura. Debido a la necesidad de actualizar el estado de las casillas en la sección de “Si solicitado = X / Si ejecutado = ✓(ver ítem 4 de Tabla C.16) es que este formulario deberá completarse de forma digital y no podrá actualizarse en físico. Es recomendable que, una vez actualizado el formulario de forma digital, se realicen impresiones (en formato PDF u otro formato similar) que puedan ser almacenadas en el archivo del puente según lo indicado en la Sección 2.4 del MP-2024 Tomo I.

El formulario se encuentra dividido en tres secciones básicas correspondientes al encabezado, datos generales del puente y el registro histórico de mantenimiento cíclico según se puede observar en la Figura C.3. Dichas secciones son explicadas de la Tabla C.12 a la Tabla C.16. Adicionalmente, puede observarse en la Figura C.3 que, a diferencia del resto de formularios de conservación (CV-AS, CV-AR y CV-HB), este formulario incluye las actividades para todos los distintos componentes y no se realiza una división de un formulario por componente.



REGISTRO HISTÓRICO DEL PUENTE PARA MANTENIMIENTO CÍCLICO (CV-HC-01)

| | | |

Tabla C.13. Explicación de Sección A. Encabezado del formulario CV-HC-01.

Ítem	Descripción
1. Hoja	Corresponde al número de hoja “X” con respecto al total de hojas “XX” del formulario al momento de la actualización. Se puede observar que las primeras dos hojas incluyen el registro para 12 años, por lo que será necesario agregar nuevas hojas con los años restantes hasta cubrir la totalidad de la vida de servicio de la estructura. Por lo tanto, la cantidad total de hojas “XX” del formulario aumenta luego de que el puente supere los primeros 12 años de vida útil. La numeración de las nuevas hojas, deberá de realizarse en orden sucesivo a partir de las hojas 1 y 2 correspondientes a los primeros 12 años de la vida útil.
2. Fecha de última actualización	Corresponde a la fecha en la que el ingeniero responsable de completar el registro histórico realiza la última actualización del mismo. Se debe registrar la fecha en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018, es decir, año-mes-día. Ejemplo: 2020-07-23

Tabla C.14. Sección B. Datos generales del puente del formulario CV-HC-01.

B. Datos Generales del Puente				
Código del puente		**Fecha de construcción o rehabilitación**		
Nombre del puente		**Ubicación**	**Provincia**	
Ruta n.°			**Cantón**	
Kilometro de ubicación	*km*		**Distrito**	
Cruza sobre	☐ Río: _____ ☐ Estero: _____ ☐ Quebrada: _____ ☐ Ruta Nacional: _____		☐ Ruta Cantonal ☐ Línea férrea ☐ Camino privado	
Encargado de la conservación	☐ MOPT / CONAVI ☐ Concesionario		☐ Municipalidad ☐ Privado	

El llenado de la información de la Sección B. Datos generales del puente del formulario CV-HC-01 debe realizarse según la explicación presentada anteriormente en la Tabla C.4.

Tabla C.15. Sección C. Registro histórico de mantenimiento cíclico del formulario CV-HC-01.

					Fecha ejecutado / n.° Reporte											
					Fecha planeada											
					Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C. Registro Histórico de Mantenimiento Ciclico																	
Componente	**Elemento**	**Actividad de conservación del CP-2020**	**Procedimiento del *CP-2020***	**Intervalo**	**Si solicitado = X / Si ejecutado = √**											
Componentes generales	Otros	601 Limpieza manual de puentes	601.07 Limpieza manual de puentes a nivel de losa o tablero	1 año	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		605 Limpieza de superficies de puentes con agua a presión	605.07 Limpieza con agua a presión de superficies de concreto	4 años				X				X				X
			605.08 Limpieza con agua a presión de superficies de acero	4 años				X				X				X
Superestructura [04000] [08000]	Tablero [04100] Elementos principales [080100]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección	5 años					X					X		
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad	5 años					X					X		
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I	5 años					X					X		
			607.08 Reparación de superficie tipo II	5 años					X					X		
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización (concreto asfáltico)	12 años												X
Accesorios [100]	Juntas de expansión [010100]	609 Reemplazo de juntas de expansión	609.08 Reemplazo de juntas rellenas con sello vertible	6 años						X						X
			609.09 Reemplazo de juntas sellos comprimidos de neopreno	10 años										X		
Formulario continúa en hoja siguiente																

Tabla C.16. Explicación de Sección C. Trabajo de conservación realizado del formulario CV-HC-01.

Ítem	Descripción
1. Componente - Elemento	Refiérase al ítem 1. Componente - Elemento de la Tabla C.6.
2. Actividad de conservación - Procedimiento	Refiérase al ítem 1. Actividad de conservación - Procedimiento de la Tabla C.6.
3. Intervalo	Intervalos máximos recomendados para la programación y ejecución

Tabla C.16. Explicación de Sección C. Trabajo de conservación realizado del formulario CV-HC-01.

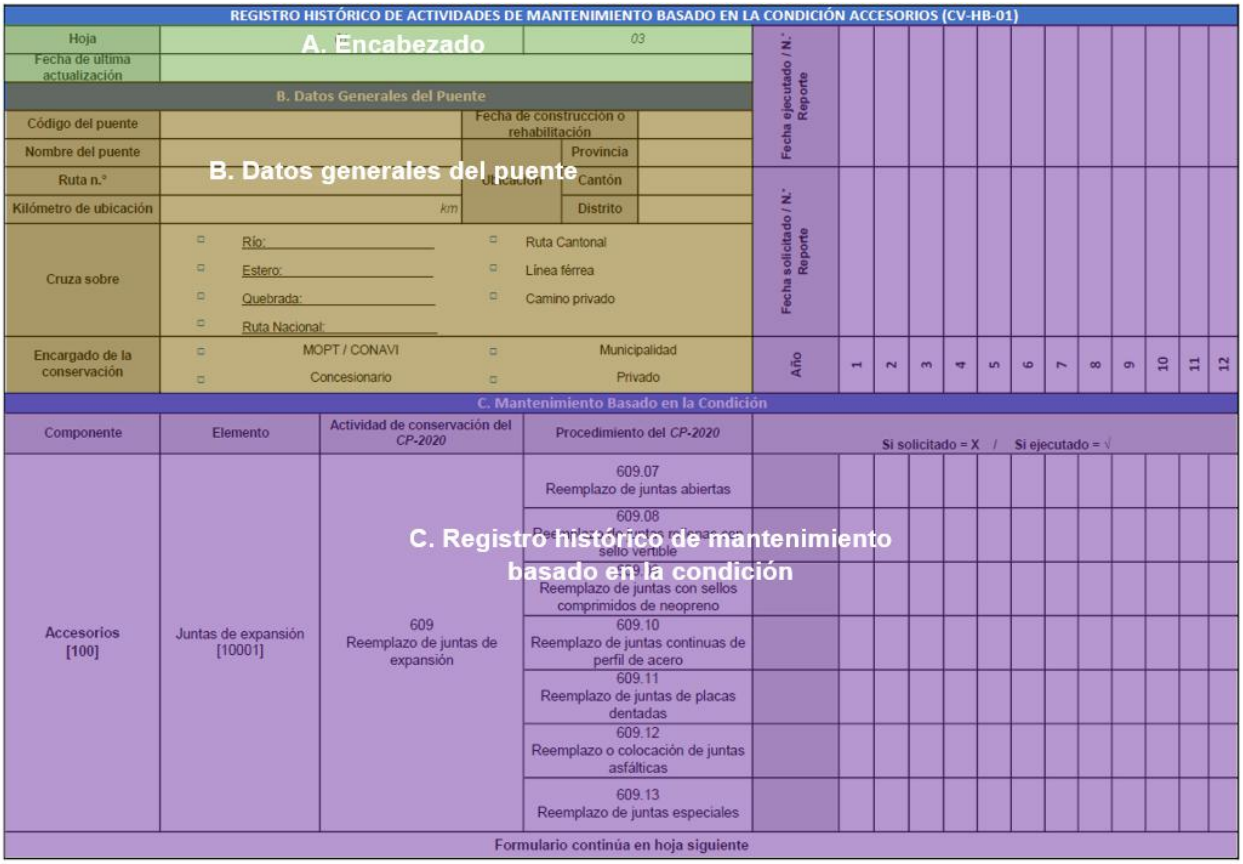
Ítem	Descripción
	de las actividades de mantenimiento cíciclo según reglas del programa de conservación para asegurar la costo-efectividad de las actividades de mantenimiento cíclico (ver Tabla 9.4 del Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I).
4. Si planeado = X Si ejecutado = ✓	Las casillas cuyo año es requerido realizar una acción de mantenimiento cíclico, según el intervalo preestablecido, se encuentran marcadas con una X. El responsable de realizar la conservación del puente debe colocar un ✓ en la casilla correspondiente una vez que el trabajo ya fue realizado. Lo anterior, puede realizarse marcando el espacio en blanco o modificando la casilla del procedimiento que se encontraba planeado al sustituir la X por un ✓. Algunos de los escenarios que pueden presentarse son los siguientes: ➢ Trabajo planeado, pero no ejecutado.  ➢ Trabajo ejecutado de acuerdo con planificación.  ➢ Trabajo ejecutado parcialmente no de acuerdo con planificación. 
5. Fecha planeada	La fecha planeada debe colocarse a partir de la fecha de construcción o rehabilitación, considerando el intervalo indicado para cada procedimiento. Por ejemplo, para el procedimiento 601.07, el intervalo

Tabla C.16. Explicación de Sección C. Trabajo de conservación realizado del formulario CV-HC-01.

Ítem	Descripción
	es de 1 año, por lo que, si el puente hubiese sido puesto en funcionamiento el 15 de enero del 2020, deben llenarse todos los campos de año planeado iniciando en el 15 de enero del 2021. Se debe registrar la fecha en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018: año-mes-día.
6. Fecha ejecutado / N.° Reporte	Se debe colocar la fecha en que fueron realizados los procedimientos de conservación que fueron marcados con " ✓ " en el año correspondiente. Se debe registrar la fecha en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018: año-mes-día. Las fechas deben corresponder con las fechas de reporte de CV-AR-01 en el cual se reportaron realizados los procedimientos de conservación. Adicionalmente, seguido de la fecha, separado por un "/", deberá colocarse el número del reporte CV-AR-01 bajo el cual fueron reportados realizados los procedimientos de conservación. En el caso en el que distintos procedimientos de conservación fueron realizados en fechas distintas, pero en un mismo año, deben colocarse ambas fechas y ambos números de reporte separadas por un ";". Ejemplo: 2020-01-15 / AR-6041001-01 ; 2020-07-23 / AR-6041001-02

C.5 Descripción de los formularios CV-HB

Este Registro histórico de actividades de mantenimiento basado en la condición (**CV-HB**) corresponden a los formularios (ya sean digitales o físicos) en los cuales debe llevarse el registro histórico de los procedimientos de mantenimiento basado en la condición durante la vida de servicio del puente. Los formularios se encuentran divididos en tres secciones básicas correspondientes al encabezado, datos generales y el registro de las actividades basadas en la condición según se puede observar en la Figura C.4 correspondiente al formulario *CV-HB-01 Registro histórico de actividades de mantenimiento basado en la condición: Accesorios*. Adicionalmente, en la Tabla C.17 a la Tabla C.21 se explica el llenado de cada una de estas secciones del formulario.



REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN ACCESORIOS (CV-HB-01)

| | | |

Tabla C.18. Explicación de Sección A. Encabezado del formulario CV-HB-01.

Ítem	Descripción
1. Hoja	Corresponde al número de hoja “X” con respecto al total de hojas “XX” del formulario al momento de la actualización. Se puede observar, que las primeras 3 hojas del formulario CV-HB-01 incluyen el registro para 12 años, por lo que será necesario agregar nuevas hojas con años distintos hasta cubrir la totalidad de la vida de servicio de la estructura. Por lo tanto, la cantidad total de hojas “XX” del formulario aumenta luego de los primeros 12 años del puente. La numeración de las nuevas hojas, deberá de realizarse en orden sucesivo a partir de las hojas 1, 2 y 3 correspondientes a los primeros 12 años de la vida útil.
2. Fecha de última actualización	Refiérase al ítem 2. Fecha de última actualización de la Tabla C.13.

Tabla C.19. Sección B. Datos generales del puente del formulario CV-HB-01.

B. Datos Generales del Puente				
Código del puente		**Fecha de construcción o rehabilitación**		
Nombre del puente		**Ubicación**	**Provincia**	
Ruta n.°			**Cantón**	
Kilometro de ubicación	*km*		**Distrito**	
Cruza sobre	☐ Río: _____ ☐ Estero: _____ ☐ Quebrada: _____ ☐ Ruta Nacional: _____		☐ Ruta Cantonal ☐ Línea férrea ☐ Camino privado	
Encargado de la conservación	☐ MOPT / CONAVI ☐ Concesionario		☐ Municipalidad ☐ Privado	

El llenado de la información de la Sección B. Datos generales del puente del formulario CV-HB-02 debe realizarse según la explicación presentada anteriormente en la Tabla C.4.

Tabla C.20. Sección C. Registro histórico de mantenimiento cíclico del formulario CV-HB-01.

													Fecha ejecutado / N.° Reporte											
													Fecha solicitado / N.° Reporte											
													Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C. Mantenimiento Basado en la Condición																								
Componente	**Elemento**	**Actividad de conservación del *CP-2020***	**Procedimiento del *CP-2020***	**Si solicitado = X / Si ejecutado = √**																				
Accesorios [100]	Juntas de expansión [10001]	609 Reemplazo de juntas de expansión	609.07 Reemplazo de juntas abiertas																					
			609.08 Reemplazo de juntas rellenas con sello vertible																					
			609.09 Reemplazo de juntas con sellos comprimidos de neopreno																					
			609.10 Reemplazo de juntas continuas de perfil de acero																					
			609.11 Reemplazo de juntas de placas dentadas																					
			609.12 Reemplazo o colocación de juntas asfálticas																					
			609.13 Reemplazo de juntas especiales																					
Formulario continúa en hoja siguiente																								

Tabla C.21. Explicación de Sección C. Trabajo de conservación realizado del formulario CV-HB-01.

Ítem	Descripción
1. Componente - Elemento	Refiérase al ítem 1. Componente - Elemento de la Tabla C.6.
2. Actividad de conservación - Procedimiento	Refiérase al ítem 2. Actividad de conservación - Procedimiento de la Tabla C.6.
3. Si solicitado = X Si ejecutado = ✓	El responsable de la conservación debe marcar con una X la casilla del procedimiento de mantenimiento basado en la condición que fue solicitado por el responsable de realizar las recomendaciones de

Tabla C.21. Explicación de Sección C. Trabajo de conservación realizado del formulario CV-HB-01.

Ítem	Descripción
	conservación en el año correspondiente (según formulario CV-AS-01). A su vez, debe colocar un ✓ en la casilla correspondiente una vez que el trabajo de mantenimiento basado en la condición ya fue realizado. Lo anterior, puede realizarse marcando el espacio en blanco o modificando la casilla del procedimiento que se encontraba solicitado al sustituir la X por un ✓. Algunos de los escenarios que pueden presentarse son los siguientes: ➢ Acción solicitada y no ejecutada.  ➢ Acción solicitada en años distintos y no ejecutada.  ➢ Acción solicitada y ejecutada el mismo año.  ➢ Acción solicitada y ejecutada en el año siguiente. 

Tabla C.21. Explicación de Sección C. Trabajo de conservación realizado del formulario CV-HB-01.

Ítem	Descripción
4. Fecha solicitado / N.° reporte	Se debe colocar la fecha en que fueron solicitados los procedimientos de conservación que fueron marcados con “X” en el año correspondiente. Se debe registrar la fecha en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018: año-mes-día. Las fechas deben corresponder con las fechas de reporte de CV-AS-01 en el cual se reportaron realizados los procedimientos de conservación. Adicionalmente, seguido de la fecha, separado por un “/”, deberá colocarse el número del reporte CV-AS-01 bajo el cual fueron reportados realizados los procedimientos de conservación. En el caso en el que distintos procedimientos de conservación fueron solicitados en fechas distintas, pero en un mismo año, deben colocarse ambas fechas y ambos números de reporte separadas por un “;”. Ejemplo: 2020-01-15 / AS-6041001-01 ; 2020-07-23 / AS-6041001-02
5. Fecha ejecutado / N.° reporte	Se debe colocar la fecha en que fueron realizados los procedimientos de conservación que fueron marcados con “ ✓ ” en el año correspondiente. Se debe registrar la fecha en el formato establecido por la norma INTE/ISO 8601:2018: año-mes-día. Las fechas deben corresponder con las fechas de reporte de CV-AR-01 en el cual se reportaron realizados los procedimientos de conservación. Adicionalmente, seguido de la fecha, separado por un “/”, deberá colocarse el número del reporte CV-AR-01 bajo el cual fueron reportados realizados los procedimientos de conservación. En el caso en el que distintos procedimientos de conservación fueron realizados en fechas distintas, pero en un mismo año, deben colocarse ambas fechas y números de reporte separadas por un “;”. Ejemplo: 2020-01-15 / AR-6041001-01 ; 2020-07-23 / AR-6041001-02

C.6 Bibliografía

Actualización del Sistema Geodésico de Referencia Horizontal Oficial para Costa Rica. (Decreto Ejecutivo n.° 40962-MJP, 2018). Costa Rica.

INTECO. (2018). *Elementos de datos y formatos de intercambio – Intercambio de información – Representación de fechas y horas* (INTE/ISO 8601:2018). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

C.7 Formularios

En las siguientes páginas se muestran los formularios de conservación en versión imprimible.

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: ACCESORIOS (CV-AS-01)

Fecha de reporte		Hoja	01	01	N.°Reporte	
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad
Nombre del puente			**Cantón**		□ Concesionario □ Privado
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Comentario
				Si = X	Cantidad estimada		
Accesorios [100]	Juntas de expansión [10001]	609 Reemplazo de juntas de expansión	609.07 Reemplazo de juntas abiertas			ml	
			609.08 Reemplazo de juntas rellenas con sello vertible			ml	
			609.09 Reemplazo de juntas con sellos comprimidos de neopreno			ml	
			609.10 Reemplazo de juntas continuas de perfil de acero			ml	
			609.11 Reemplazo de juntas de placas dentadas			ml	
			609.12 Reemplazo o colocación de juntas asfálticas			ml	
			609.13 Reemplazo de juntas especiales			ml	
	Sistemas de drenaje [10002] [10003]	604 Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje	604.07 Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas			ud	
			604.08 Instalación de nuevo sumidero en losa			ud	
			604.09 Reparación o construcción de drenajes, bordillos o canaletas			ml	
			604.10 Reemplazo o colocación de tubos de extensión de descarga vertical			ml	
			604.11 Colocación de drenajes horizontales a lo largo de muros de retención			ml	
	Superficie de desgaste del puente [10004]	611 Reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico	611.07 Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico			m^2	
			611.08 Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto hidráulico			ml	
		612 Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico	612.07 Bacheo de superficie de desgaste de concreto asfáltico			m^2	
			612.08 Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico			m^2	
			612.09 Sellado de grietas de superficie de desgaste de concreto asfáltico			ml	
		622 Colocación o retiro de sobrecapas de asfalto	622.07 Colocación de sobrecapa de concreto asfáltico			m^2	
			622.08 Retiro de sobrecapa de concreto asfáltico existente			m^2	

Fin de formulario

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: ACCESOS (CV-AS-02)						
Fecha de reporte		**Hoja**	*01*	*02*	**N.°Reporte**	
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente					
Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**		**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad □ Concesionario □ Privado
Nombre del puente			**Cantón**			
Ruta n.°			**Distrito**			
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**		**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha				
		Especificación				
		N.° de contrato				

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas							
Componente	**Elemento**	**Actividad de conservación**	**Procedimiento**	**Alcance del trabajo**		**Unidades de planificación**	**Comentario**
				Si = X	Cantidad estimada		
Accesos [200]	Losa de aproximación [20001]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml	
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2	
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2	
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2	
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2	
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2	
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2	
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2	
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado			m^2	
	Superficie de ruedo [20002]	611 Reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico	611.07 Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico			m^2	
			611.08 Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto			ml	
		612 Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico	612.07 Bacheo de superficie de desgaste de concreto asfáltico			m^2	
			612.08 Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico			m^2	
			612.09 Sellado de grietas de superficie de desgaste de concreto asfáltico			ml	
		621 Reposición del nivel de rasante de superficie de grava	621.07 Reposición parcial de superficie de grava			m^2	
	Obras de retención no integrales [20004]	619 Reparación de muros de retención o de refuerzo	619.07 Reparación de muros de retención en concreto ciclópeo			m^2	
			619.08 Reparación de muro de mampostería			m^2	
			619.09 Reparación de muro en gaviones			m^2	

Formulario continúa en hoja siguiente

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: ACCESOS (CV-AS-02)							
Fecha de reporte		**Hoja**	*02*	*02*	**N.°Reporte**		
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**	
1.							
2.							

B. Datos Generales del Puente						
Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**		**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad □ Concesionario □ Privado
Nombre del puente			**Cantón**			
Ruta n.°			**Distrito**			
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**		**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha				
		Especificación				
		N.° de contrato				

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas							
Componente	**Elemento**	**Actividad de conservación**	**Procedimiento**	**Alcance del trabajo**		**Unidades de planificación**	**Comentario**
				Si = X	Cantidad estimada		
Accesos [200] ***(continuación)***	Obras de retención no integrales [20004] *(continuación)*	619 Reparación de muros de retención o de refuerzo *(continuación)*	619.10 Reparación de muros de retención modulares			m^2	
			619.11 Reparación de muros de retención de concreto reforzado			m^2	
	Sistemas de drenaje [20005]	604 Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje	604.07 Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas			ud	
			604.08 Instalación de nuevo sumidero en losa			ud	
			604.09 Reparación o construcción de drenajes, bordillos o canaletas			ml	
			604.10 Reemplazo o colocación de tubos de extensión de descarga vertical			ml	
			604.11 Colocación de drenajes horizontales a lo largo de muros de retención			ml	

Fin de formulario

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: SEGURIDAD VIAL (CV-AS-03)

Fecha de reporte		Hoja	01	01	N.°Reporte	
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad
Nombre del puente			**Cantón**		□ Concesionario □ Privado
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Comentario
				Si = X	Cantidad estimada		
Seguridad vial y señalización [300]	Sistemas de contención vehicular [30001] [30002] [30003] Baranda o barrera peatonal [30009]	603 Reparación de sistemas de contención vehicular	603.07 Sustitución o reposición de piezas faltantes o reposición de piezas			ml	
			603.08 Reparación de piezas con deterioros no estructurales en concreto			ml	
			603.09 Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en acero			ud	
			603.10 Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en acero			ml	
			603.11 Reposición de piezas de sujeción (iguales o mejores) en conexiones en madera			ud	
			603.12 Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en madera			ml	
			603.13 Sustitución o reposición de piezas de sujeción en aluminio			ud	
			603.14 Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en aluminio			ml	
	Acera [30005] [30010] Bordillo [30008]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml	
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2	
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2	
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2	
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2	
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2	
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2	
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2	
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado			m^2	

Fin de formulario

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: SUPERESTRUCTURA (CV-AS-04)

Fecha de reporte		Hoja	01	04	N.°Reporte	
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad □ Concesionario □ Privado
Nombre del puente			**Cantón**		
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Comentario
				Si = X	Cantidad estimada		
Superestructura [400] [405]	Tablero [40001] Elementos principales [40501]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml	
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2	
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2	
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2	
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2	
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2	
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas			m^2	
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas			m^2	
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas			m^2	
			613.10 Pintura de superficies galvanizadas			m^2	
			613.11 Pintura de superficies de concreto			m^2	
			613.12 Pintura de superficies de madera			m^2	
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia			ud	
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero			ml	
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto			ud	
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de alta resistencia			ml	
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (reposición parcial del elemento)			ml	
		618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera			ml	
			618.08 Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios			ud	

Formulario continúa en hoja siguiente

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: SUPERESTRUCTURA (CV-AS-04)						
Fecha de reporte		**Hoja**	*02*	*04*	**N.°Reporte**	
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente					
Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad □ Concesionario □ Privado
Nombre del puente			**Cantón**		
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas							
Componente	**Elemento**	**Actividad de conservación**	**Procedimiento**	**Alcance del trabajo**		**Unidades de planificación**	**Comentario**
				Si = X	Cantidad estimada		
Superestructura [400] [405] *(continuación)*	Tablero [40001] Elementos principales [40501] *(continuación)*	620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2	
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2	
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado			m^2	
Superestructura [401] [402] [403] [404] [406] [407] [408] [409] [410] [411] [412]	Elementos principales [40101] [40201] [40301] [40401] [40601] [40701] [40801] [40901] [41001] [41101] [41201]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml	
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2	
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2	
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2	
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2	
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2	
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas			m^2	
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas			m^2	
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas			m^2	
			613.1 Pintura de superficies galvanizadas			m^2	
			613.11 Pintura de superficies de concreto			m^2	
			613.12 Pintura de superficies de madera			m^2	
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia			ud	
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero			ml	
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto			ud	
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de ala resistencia			ml	
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (reposición parcial del elemento)			ml	

Formulario continúa en hoja siguiente

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: SUPERESTRUCTURA (CV-AS-04)

Fecha de reporte		Hoja	03	04	N.°Reporte	
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad □ Concesionario □ Privado
Nombre del puente			**Cantón**		
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Comentario
				Si = X	Cantidad estimada		
Superestructura [401] [402] [403] [404] [406] [407] [408] [409] [410] [411] [412] *(continuación)*	Elementos principales [40101] [40201] [40301] [40401] [40601] [40701] [40801] [40901] [41001] [41101] [41201] *(continuación)*	618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera			ml	
			618.08 Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios			ud	
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2	
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2	
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado			m^2	
	Elementos secundarios [40102] [40202] [40302] [40402] [40602] [41002] [41102] [41202]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml	
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2	
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2	
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2	
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2	
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2	
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas			m^2	
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas			m^2	
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas			m^2	
		613 Preparación y protección de superficies *(continuación)*	613.10 Pintura de superficies galvanizadas			m^2	
			613.11 Pintura de superficies de concreto			m^2	
			613.12 Pintura de superficies de madera			m^2	
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia			ud	
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero			ml	
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto			ud	

Formulario continúa en hoja siguiente

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: SUPERESTRUCTURA (CV-AS-04)

Fecha de reporte		Hoja	04	04	N.°Reporte	
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad
Nombre del puente			**Cantón**		□ Concesionario □ Privado
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Comentario
				Si = X	Cantidad estimada		
Superestructura **[401]** **[402]** **[403]** **[404]** **[406]** **[407]** **[408]** **[409]** **[410]** **[411]** **[412]** ***(continuación)***	Elementos secundarios [40102] [40202] [40302] [40402] [40602] [41002] [41102] [41202] *(continuación)*	615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero (*continuación)*	615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de			ml	
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (reposición parcial del elemento)			ml	
		618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera			ml	
			618.07 Reparación o reposición de elementos de madera			ud	
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2	
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2	
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado			m^2	

Fin de formulario

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: SUBESTRUCTURA (CV-AS-05)

Fecha de reporte		Hoja	01	04	N.°Reporte	
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**		**Encargado de conservación**
Nombre del puente			**Cantón**		☐ MOPT/CONAVI ☐ Municipalidad ☐ Concesionario ☐ Privado
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Comentario
				Si = X	Cantidad estimada		
Subestructura [500]	Cabezal de pilas [50001] Cuerpo de pilas [50003]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml	
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2	
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2	
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2	
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2	
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2	
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas			m^2	
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas			m^2	
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas			m^2	
			613.10 Pintura de superficies galvanizadas			m^2	
			613.11 Pintura de superficies de concreto			m^2	
			613.12 Pintura de superficies de madera			m^2	
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia			ud	
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero			ml	
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto			ud	
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de alta resistencia			ml	
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (reposición parcial del elemento)			ml	
		618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera			ml	
			618.08 Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios			ud	

Formulario continúa en hoja siguiente

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: SUBESTRUCTURA (CV-AS-05)

Fecha de reporte		Hoja	02	04	N.°Reporte	
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad
Nombre del puente			**Cantón**		□ Concesionario □ Privado
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Comentario
				Si = X	Cantidad estimada		
Subestructura [500] *(continuación)*	Cabezal de pilas [50001] Cuerpo de pilas [50003] *(continuación)*	620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2	
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2	
	Cabezal de bastiones [50002] Cuerpo de bastiones [50004] Aletones [50007]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml	
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2	
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2	
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2	
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2	
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2	
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas			m^2	
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas			m^2	
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas			m^2	
			613.10 Pintura de superficies galvanizadas			m^2	
			613.11 Pintura de superficies de concreto			m^2	
			613.12 Pintura de superficies de madera			m^2	
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia			ud	
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero			ml	
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto			ud	
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de alta resistencia			ml	
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (reposición parcial del elemento)			ml	

Formulario continúa en hoja siguiente

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: SUBESTRUCTURA (CV-AS-05)

Fecha de reporte		Hoja	03	04	N.°Reporte	
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad □ Concesionario □ Privado
Nombre del puente			**Cantón**		
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Comentario
				Si = X	Cantidad estimada		
Subestructura [500] (continuación)	Cabezal de bastiones [50002] Cuerpo de bastiones [50004] Aletones [50007] *(continuación)*	618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera			ml	
			618.08 Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios			ud	
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2	
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2	
	Fundaciones [50005]	616 Reparación de cimentaciones con problema de socavación	616.07 Restitución del contacto suelo cimentación en seco			m^3	
			616.08 Restitución del contacto suelo-cimentación bajo agua mediante bolsas			m^3	
	Apoyos [50006]	610 Mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo	610.07 Limpieza de apoyos			ml	
			610.08 Lubricación de apoyos metálicos			ud	
			610.09 Pintura de apoyos metálicos			ud	
			610.10 Realineamiento de apoyos			ud	
			610.11 Reemplazo parcial (tornillería y piezas de acero de soporte)			ud	
			610.12 Reemplazo total de apoyos			ud	
			610.13 Mantenimiento o reemplazo de apoyos especiales			ud	
	Torres [50008]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml	
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2	
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2	
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2	
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2	
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2	

Formulario continúa en hoja siguiente

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: SUBESTRUCTURA (CV-AS-05)

Fecha de reporte		Hoja	*04*	*04*	N.°Reporte	
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**		**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad □ Concesionario □ Privado
Nombre del puente			**Cantón**			
Ruta n.°			**Distrito**			
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**		**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha				
		Especificación				
		N.° de contrato				

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Comentario
				Si = X	Cantidad estimada		
Subestructura [500] (continuación)	Torres [50008] *(continuación)*	613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas			m^2	
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas			m^2	
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas			m^2	
			613.10 Pintura de superficies galvanizadas			m^2	
			613.11 Pintura de superficies de concreto			m^2	
			613.12 Pintura de superficies de madera			m^2	
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia			ud	
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero			ml	
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto			ud	
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de alta resistencia			ml	
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (reposición parcial del elemento)			ml	
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2	
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2	

Fin de formulario

FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN SOLICITADAS: ELEMENTOS ADICIONALES (CV-AS-06)

Fecha de reporte		Hoja	01	01	N.°Reporte	
Responsables de solicitud	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	**Nivel**
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**		**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad
Nombre del puente			**Cantón**			□ Concesionario □ Privado
Ruta n.°			**Distrito**			
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**		**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha				
		Especificación				
		N.° de contrato				

C. Recomendaciones de Actividades de Conservación Requeridas

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Comentario
				Si = X	Cantidad estimada		
Elementos adicionales	Hidráulica	602 Limpieza de cauces en puentes	602.07 Limpieza de cauces en puentes			m^2	
		617 Protección de riberas	617.07 Protección de riberas mediante gaviones			m^2	
			617.08 Protección de riberas mediante colchones			m^2	
			617.09 Protección de riberas mediante enrocados (escolleras)			m^2	
			617.10 Protección de riberas mediante concreto ciclópeo			m^2	
			617.11 Protección de riberas mediante zampeados			m^2	
			617.12 Protección de riberas mediante revestimientos de sacos de suelo			m^2	
			617.13 Protección de riberas mediante revestimientos con geocolchones indus			m^2	
			617.14 Protección de riberas mediante revestimientos de hiladas de bloques			m^2	
	Otros	601 Limpieza manual de puentes	601.07 Limpieza manual de puentes a nivel de losa o tablero			m^2	
		605 Limpieza de superficies de puentes con agua a presión	605.07 Limpieza con agua a presión de superficies de concreto			m^2	
			605.08 Limpieza con agua a presión de superficies de acero			m^2	

Fin de formulario

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS ACCESORIOS (CV-AR-01)

Fecha de reporte		**Hoja**	*01*	*01*	**N.°Reporte**	
Encargado de Conservación	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad
Nombre del puente			**Cantón**		□ Concesionario □ Privado
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Trabajo de Conservación Realizado

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Costo unitario	Costo total	Comentario
				Si = X	Cantidad real				
Accesorios [100]	Juntas de expansión [10001]	609 Reemplazo de juntas de expansión	609.07 Reemplazo de juntas abiertas			ml			
			609.08 Reemplazo de juntas rellenas con sello vertible			ml			
			609.09 Reemplazo de juntas con sellos comprimidos de neopreno			ml			
			609.10 Reemplazo de juntas continuas de perfil de acero			ml			
			609.11 Reemplazo de juntas de placas dentadas			ml			
			609.12 Reemplazo o colocación de juntas asfálticas			ml			
			609.13 Reemplazo de juntas especiales			ml			
	Sistemas de drenaje [10002] [10003]	604 Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje	604.07 Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas			ud			
			604.08 Instalación de nuevo sumidero en losa			ud			
			604.09 Reparación o construcción de drenajes, bordillos o canaletas			ml			
			604.10 Reemplazo o colocación de tubos de extensión de descarga vertical			ml			
			604.11 Colocación de drenajes horizontales a lo largo de muros de retención			ml			
	Superficie de desgaste del puente [10004]	611 Reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico	611.07 Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico			m^2			
			611.08 Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto hidráulico			ml			
		612 Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico	612.07 Bacheo de superficie de desgaste de concreto asfáltico			m^2			
			612.08 Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico			m^2			
			612.09 Sellado de grietas de superficie de desgaste de concreto asfáltico			ml			
		622 Colocación o retiro de sobrecapas de asfalto	622.07 Colocación de sobrecapa de concreto asfáltico			m^2			
			622.08 Retiro de sobrecapa de concreto asfáltico existente			m^2			

Fin de formulario

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS ACCESOS (CV-AR-02)

Fecha de reporte		**Hoja**	*01*	*02*	**N.°Reporte**	
Encargado de Conservación	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad
Nombre del puente			**Cantón**		□ Concesionario □ Privado
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Trabajo de Conservación Realizado

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Costo unitario	Costo total	Comentario
				Si = X	Cantidad real				
Accesos [200]	Losa de aproximación [20001]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml			
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2			
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2			
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2			
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2			
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2			
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2			
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2			
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado			m^2			
	Superficie de ruedo [20002]	611 Reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico	611.07 Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulic			m^2			
			611.08 Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto			ml			
		612 Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico	612.07 Bacheo de superficie de desgaste de concreto asfáltico			m^2			
			612.08 Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico			m^2			
			612.09 Sellado de grietas de superficie de desgaste de concreto asfáltico			ml			
		621 Reposición del nivel de rasante de superficie de grava	621.07 Reposición parcial de superficie de grava			m^2			
	Obras de retención no integrales [20004]	619 Reparación de muros de retención o de refuerzo	619.07 Reparación de muros de retención en concreto ciclópeo			m^2			
			619.08 Reparación de muro de mampostería			m^2			
			619.09 Reparación de muro en gaviones			m^2			

Formulario continúa en hoja siguiente

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS ACCESOS (CV-AR-02)										
Fecha de reporte			**Hoja**	*02*	*02*	**N.°Reporte**				
Encargado de Conservación	**Nombre**		**Primer Apellido**		**Segundo Apellido**	**Identificación**				
1.										
2.										
B. Datos Generales del Puente										
Código del puente			**Ubicación**	**Provincia**		**Encargado de conservación**			□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad	
Nombre del puente				**Cantón**					□ Concesionario □ Privado	
Ruta n.°				**Distrito**						
Kilómetro de ubicación		km	**Información de**		**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**			**Ultima actividad de mantenimiento**	
			Fecha							
			Especificación							
			N.° de contrato							
C. Trabajo de Conservación Realizado										
Accesos [200] *(coninación)*	Obras de retención no integrales [20004] (*continuación*)	619 Reparación de muros de retención o de refuerzo (*continuación*)	619.10 Reparación de muros de retención modulares			m^2				
			619.11 Reparación de muros de retención de concreto reforzado			m^2				
	Sistemas de drenaje [20005]	604 Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje	604.07 Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas			ud				
			604.08 Instalación de nuevo sumidero en losa			ud				
			604.09 Reparación o construcción de drenajes, bordillos o canaletas			ml				
			604.10 Reemplazo o colocación de tubos de extensión de descarga vertical			ml				
			604.11 Colocación de drenajes horizontales a lo largo de muros de retención			ml				
Fin de formulario										

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS SEGURIDAD VIAL (CV-AR-03)

Fecha de reporte		Hoja	01	01	N.°Reporte	
Encargado de Conservación	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ubicación	Provincia		Encargado de conservación	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad
Nombre del puente			Cantón			□ Concesionario □ Privado
Ruta n.°			Distrito			
Kilómetro de ubicación	km	Información de	Construcción		Ultima actividad de rehabilitación	Ultima actividad de mantenimiento
		Fecha				
		Especificación				
		N.° de contrato				

C. Trabajo de Conservación Realizado

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Costo unitario	Costo total	Comentario
				Si = X	Cantidad real				
Seguridad vial y señalización [300]	Sistemas de contención vehicular [30001] [30002] [30003] Baranda o barrera peatonal [30009]	603 Reparación de sistemas de contención vehicular y barandas peatonales	603.07 Sustitución o reposición de piezas faltantes o reposición de piezas			ml			
			603.08 Reparación de piezas con deterioros no estructurales en concreto			ml			
			603.09 Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en acero			ud			
			603.10 Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en acero			ml			
			603.11 Reposición de piezas de sujeción (iguales o mejores) en conexiones en madera			ud			
			603.12 Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en madera			ml			
			603.13 Sustitución o reposición de piezas de sujeción en aluminio			ud			
			603.14 Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en aluminio			ml			
	Acera [30005] [30010] Bordillo [30008]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml			
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2			
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2			
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2			
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2			
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2			
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2			
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2			
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado			m^2			

Fin de formulario

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS SUPERESTRUCTURA (CV-AR-04)

Fecha de reporte		Hoja	01	04	N.°Reporte	
Encargado de Conservación	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		Ubicación	Provincia		Encargado de conservación	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad
Nombre del puente			Cantón			□ Concesionario □ Privado
Ruta n.°			Distrito			
Kilómetro de ubicación	km	Información de	Construcción		Ultima actividad de rehabilitación	Ultima actividad de mantenimiento
		Fecha				
		Especificación				
		N.° de contrato				

C. Trabajo de Conservación Realizado

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Costo unitario	Costo total	Comentario
				Si = X	Cantidad real				
Superestructura [400] [405]	Tablero [40001] Elementos principales [40501]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ud			
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2			
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2			
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2			
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2			
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2			
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas			m^2			
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas			m^2			
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas			m^2			
			613.10 Pintura de superficies galvanizadas			m^2			
			613.11 Pintura de superficies de concreto			m^2			
			613.12 Pintura de superficies de madera			m^2			
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia			ud			
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero			ml			
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto			ud			
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de alta resistencia			ml			
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (reposición parcial del elemento)			ml			
		618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera			ml			
			618.08 Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios			ud			

Formulario continúa en hoja siguiente

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS SUPERESTRUCTURA (CV-AR-04)

Fecha de reporte		Hoja	02	04	N.°Reporte	
Encargado de Conservación	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad
Nombre del puente			**Cantón**		□ Concesionario □ Privado
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Trabajo de Conservación Realizado

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Costo unitario	Costo total	Comentario
				Si = X	Cantidad real				
Superestructura [400] [405] *(continuación)*	Tablero [40001] Elementos principales [40501] *(continuación)*	620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2			
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2			
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado			m^2			
Superestructura [401] [402] [403] [404] [406] [407] [408] [409] [410] [411] [412]	Elementos principales [40101] [40201] [40301] [40401] [40601] [40701] [40801] [40901] [41001] [41101] [41201]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml			
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2			
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2			
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2			
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2			
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2			
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas			m^2			
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas			m^2			
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas			m^2			
			613.1 Pintura de superficies galvanizadas			m^2			
			613.11 Pintura de superficies de concreto			m^2			
			613.12 Pintura de superficies de madera			m^2			
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia			ud			
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero			ml			
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto			ud			

Formulario continúa en hoja siguiente

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS SUPERESTRUCTURA (CV-AR-04)

Fecha de reporte		Hoja	03	04	N.°Reporte	
Encargado de Conservación	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**		**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad □ Concesionario □ Privado
Nombre del puente			**Cantón**			
Ruta n.°			**Distrito**			
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**		**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha				
		Especificación				
		N.° de contrato				

C. Trabajo de Conservación Realizado

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Costo unitario	Costo total	Comentario
				Si = X	Cantidad real				
Superestructura [401] [402] [403] [404] [406] [407] [408] [409] [410] [411] [412] ***(continuación)***	Elementos principales [40101] [40201] [40301] [40401] [40601] [40701] [40801] [40901] [41001] [41101] [41201] *(continuación)*	615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero (*continuación)*	615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de ala resistencia			ml			
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (reposición parcial del elemento)			ml			
		618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera			ml			
			618.08 Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios			ud			
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2			
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2			
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado			m^2			
	Elementos secundarios [40102] [40202] [40302] [40402] [40602] [41002] [41102] [41202]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml			
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2			
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2			
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2			
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2			
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2			
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas			m^2			
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas			m^2			
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas			m^2			
			613.10 Pintura de superficies galvanizadas			m^2			
			613.11 Pintura de superficies de concreto			m^2			
			613.12 Pintura de superficies de madera			m^2			
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia			ud			

Formulario continúa en hoja siguiente

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS SUPERESTRUCTURA (CV-AR-04)

Fecha de reporte		**Hoja**	*04*	*04*	**N.°Reporte**	
Encargado de Conservación	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad □ Concesionario □ Privado
Nombre del puente			**Cantón**		
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Trabajo de Conservación Realizado

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Costo unitario	Costo total	Comentario
				Si = X	Cantidad real				
Superestructura [401] [402] [403] [404] [406] [407] [408] [409] [410] [411] [412] (continuación)	Elementos secundarios [40102] [40202] [40302] [40402] [40602] [41002] [41102] [41202] *(continuación)*	615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero			ml			
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto			ud			
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de			ml			
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (reposición parcial del elemento)			ml			
		618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera			ml			
			618.07 Reparación o reposición de elementos de madera			ud			
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2			
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2			
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado			m^2			

Fin de formulario

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS SUBESTRUCTURA (CV-AR-05)							
Fecha de reporte		**Hoja**	*01*	*04*	**N.°Reporte**		
Encargado de Conservación	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**		
1.							
2.							

B. Datos Generales del Puente							
Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**		**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI	□ Municipalidad
Nombre del puente			**Cantón**			□ Concesionario	□ Privado
Ruta n.°			**Distrito**				
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**		**Ultima actividad de rehabilitación**		**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha					
		Especificación					
		N.° de contrato					

C. Trabajo de Conservación Realizado									
Componente	**Elemento**	**Actividad de conservación**	**Procedimiento**	**Alcance del trabajo**		**Unidades de planificación**	**Costo unitario**	**Costo total**	**Comentario**
				Si = X	Cantidad real				
Subestructura [500]	Cabezal de pilas [50001] Cuerpo de pilas [50003]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml			
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2			
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2			
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2			
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2			
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2			
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas			m^2			
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas			m^2			
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas			m^2			
			613.10 Pintura de superficies galvanizadas			m^2			
			613.11 Pintura de superficies de concreto			m^2			
			613.12 Pintura de superficies de madera			m^2			
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia			ud			
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero			ml			
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto			ud			
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de			ml			
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (reposición parcial del elemento)			ml			
		618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera			ml			
			618.08 Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios			ud			

Formulario continúa en hoja siguiente

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS SUBESTRUCTURA (CV-AR-05)

Fecha de reporte		Hoja	02	04	N.°Reporte	
Encargado de Conservación	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad □ Concesionario □ Privado
Nombre del puente			**Cantón**		
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Trabajo de Conservación Realizado

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Costo unitario	Costo total	Comentario
				Si = X	Cantidad real				
Subestructura [500] *(continuación)*	Cabezal de pilas [50001] Cuerpo de pilas [50003] *(continuación)*	620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2			
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2			
	Cabezal de bastiones [50002] Cuerpo de bastiones [50004] Aletones [50007]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml			
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2			
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2			
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2			
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2			
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2			
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas			m^2			
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas			m^2			
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas			m^2			
			613.10 Pintura de superficies galvanizadas			m^2			
			613.11 Pintura de superficies de concreto			m^2			
			613.12 Pintura de superficies de madera			m^2			
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia			ud			
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero			ml			
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto			ud			
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de			ml			
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (reposición parcial del elemento)			ml			

Formulario continúa en hoja siguiente

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS SUBESTRUCTURA (CV-AR-05)

Fecha de reporte		Hoja	03	04	N.°Reporte	
Encargado de Conservación	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad □ Concesionario □ Privado
Nombre del puente			**Cantón**		
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Trabajo de Conservación Realizado

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Costo unitario	Costo total	Comentario
				Si = X	Cantidad real				
Subestructura [500] *(continuación)*	Cabezal de bastiones [50002] Cuerpo de bastiones [50004] Aletones [50007]*(continuación)*	618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera			ml			
			618.08 Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios			ud			
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2			
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2			
	Fundaciones [50005]	616 Reparación de cimentaciones con problema de socavación	616.07 Restitución del contacto suelo cimentación en seco			m^3			
			616.08 Restitución del contacto suelo-cimentación bajo agua mediante bolsas			m^3			
	Apoyos [50008]	610 Mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo	610.07 Limpieza de apoyos			ml			
			610.08 Lubricación de apoyos metálicos			ud			
			610.09 Pintura de apoyos metálicos			ud			
			610.10 Realineamiento de apoyos			ud			
			610.11 Reemplazo parcial (tornillería y piezas de acero de soporte)			ud			
			610.12 Reemplazo total de apoyos			ud			
			610.13 Mantenimiento o reemplazo de apoyos especiales			ud			
	Torres [50008]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección			ml			
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad			m^2			
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I			m^2			
			607.08 Reparación de superficie tipo II			m^2			
			607.09 Reparación de superficie tipo III			m^2			
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes			m^2			

Formulario continúa en hoja siguiente

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS SUBESTRUCTURA (CV-AR-05)

Fecha de reporte		**Hoja**	*04*	*04*	**N.°Reporte**
Encargado de Conservación	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**
1.					
2.					

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad
Nombre del puente			**Cantón**		□ Concesionario □ Privado
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Trabajo de Conservación Realizado

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Costo unitario	Costo total	Comentario
				Si = X	Cantidad real				
Subestructura [500] (continuación)	Torres [50008] (continuación)	613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas			m^2			
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas			m^2			
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas			m^2			
			613.10 Pintura de superficies galvanizadas			m^2			
			613.11 Pintura de superficies de concreto			m^2			
			613.12 Pintura de superficies de madera			m^2			
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia			ud			
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero			ml			
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto			ud			
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de alta resistencia			ml			
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (reposición parcial del elemento)			ml			
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización mediante membranas con superficie de concreto asfáltico			m^2			
			620.08 Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico			m^2			

Fin de formulario

CV-AR-01- FORMULARIO DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN REALIZADAS ELEMENTOS ADICIONALES (CV-AR-06)

Fecha de reporte		**Hoja**	*01*	*01*	**N.°Reporte**	
Encargado de Conservación	**Nombre**	**Primer Apellido**	**Segundo Apellido**		**Identificación**	
1.						
2.						

B. Datos Generales del Puente

Código del puente		**Ubicación**	**Provincia**	**Encargado de conservación**	□ MOPT/CONAVI □ Municipalidad
Nombre del puente			**Cantón**		□ Concesionario □ Privado
Ruta n.°			**Distrito**		
Kilómetro de ubicación	km	**Información de**	**Construcción**	**Ultima actividad de rehabilitación**	**Ultima actividad de mantenimiento**
		Fecha			
		Especificación			
		N.° de contrato			

C. Trabajo de Conservación Realizado

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Alcance del trabajo		Unidades de planificación	Costo unitario	Costo total	Comentario
				Si = X	Cantidad real				
Elementos adicionales	Hidráulica	602 Limpieza de cauces en puentes	602.07 Limpieza de cauces en puentes			m^2			
		617 Protección de riberas	617.07 Protección de riberas mediante gaviones			m^2			
			617.08 Protección de riberas mediante colchones			m^2			
			617.09 Protección de riberas mediante enrocados (escolleras)			m^2			
			617.10 Protección de riberas mediante concreto ciclópeo			m^2			
			617.11 Protección de riberas mediante zampeados			m^2			
			617.12 Protección de riberas mediante revestimientos de sacos de suelo			m^2			
			617.13 Protección de riberas mediante revestimientos con geocolchones indus			m^2			
			617.14 Protección de riberas mediante revestimientos de hiladas de bloques			m^2			
	Otros	601 Limpieza manual de puentes	601.07 Limpieza manual de puentes a nivel de losa o tablero			m^2			
		605 Limpieza de superficies de puentes con agua a presión	605.07 Limpieza con agua a presión de superficies de concreto			m^2			
			605.08 Limpieza con agua a presión de superficies de acero			m^2			

Fin de formulario

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CÍCLICO (CV-HC)

Hoja	01	02

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación		km		
Encargado de la conservación	☐ MOPT/CONAVI	☐ Municipalidad		
	☐ Concesionario	☐ Privado		
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación – Provincia				
Ubicación – Cantón				
Ubicación – Distrito				

C. Registro Histórico de Mantenimiento Cíclico

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Intervalo	Si solicitado = X / Si ejecutado = √											
Componentes generales	Otros	601 Limpieza manual de puentes	601.07 Limpieza manual de puentes a nivel de losa o tablero	1 año	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		605 Limpieza de superficies de puentes con agua a presión	605.07 Limpieza con agua a presión de superficies de concreto	4 años				X				X				X
			605.08 Limpieza con agua a presión de superficies de acero	4 años				X				X				X
Superestructura [400] [405]	Tablero [40001] Elementos principales [40501]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección	5 años					X					X		
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad	5 años					X					X		
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I	5 años					X					X		
			607.08 Reparación de superficie tipo II	5 años					X					X		
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización (concreto asfáltico)	12 años												X
Accesorios [100]	Juntas de expansión [10001]	609 Reemplazo de juntas de expansión	609.08 Reemplazo de juntas rellenas con sello vertible	6 años						X						X
			609.09 Reemplazo de juntas sellos comprimidos de neopreno	10 años										X		

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CÍCLICO (CV-HC)

Hoja	02	02

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación			km	
Encargado de la conservación	☐ MOPT/CONAVI	☐ Municipalidad		
	☐ Concesionario	☐ Privado		
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación – Provincia				
Ubicación – Cantón				
Ubicación – Distrito				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha planeada												
Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

C. Registro Histórico de Mantenimiento Ciclico

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Intervalo	Si solicitado = X / Si ejecutado = √											
Accesorios [100] (*continuación*)	Superficie de desgaste [10004]	612 Reparación de superficie de concreto asfáltico	612.08 Sustitución total de superficie de desgaste	12 años												X
Subestructura [500]	Apoyos [50006]	610 Mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo	610.07 Limpieza de apoyos	4 años				X				X				X
			610.08 Lubricación de apoyos metálicos	4 años				X				X				X
			610.09 Pintura de apoyos metálicos	10 años										X		
[403] [406] [409] [410] [411] [412] Subestructura [500]	Elementos principales [40301] [40601] [40901] [41001] [41101] [41201] Torres [50008]	613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas	10 años										X		
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas	10 años										X		

Fin de formulario

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN ACCESORIOS (CV-HB-01)

Hoja		*01*	*02*		**Fecha ejecutado / N.° Reporte**																			
B. Datos Generales del Puente																								
Código del puente																								
Nombre del puente																								
Ruta n.°																								
Kilómetro de ubicación		*km*			**Fecha solicitado / N.° Reporte**																			
Encargado de la conservación		□ MOPT/CONAVI	□ Municipalidad																					
		□ Concesionario	□ Privado																					
Fecha de construcción o rehabilitación																								
Ubicación	**Provincia**																							
	Cantón				**Año**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**							
	Distrito																							

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √																				
Accesorios [100]	Juntas de expansión [10001]	609 Reemplazo de juntas de expansión	609.07 Reemplazo de juntas abiertas																					
			609.08 Reemplazo de juntas rellenas con sello vertible																					
			609.09 Reemplazo de juntas con sellos comprimidos de neopreno																					
			609.10 Reemplazo de juntas continuas de perfil de acero																					
			609.11 Reemplazo de juntas de placas dentadas																					
			609.12 Reemplazo o colocación de juntas asfálticas																					
			609.13 Reemplazo de juntas especiales																					
	Sistemas de drenaje [10002] [10003]	604 Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje	604.07 Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas																					
			604.08 Instalación de nuevo sumidero en losa																					
			604.09 Reparación o construcción de drenajes, bordillos o canaletas																					

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN ACCESORIOS (CV-HB-01)

| | | |

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN ACCESOS (CV-HB-02)

Hoja	01	03

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación		*km*		
Encargado de la conservación	□ MOPT/CONAVI	□ Municipalidad		
	□ Concesionario	□ Privado		
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Ubicación — **Cantón**				
Ubicación — **Distrito**				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha solicitado / N.° Reporte												
Año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √												
Accesos [200]	Losa de aproximación [20001]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección													
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad													
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I													
			607.08 Reparación de superficie tipo II													
			607.09 Reparación de superficie tipo III													
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo													
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización (superficie de concreto asfáltico)													
			620.08 Impermeabilización (recubrimiento epóxico)													
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado													

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN ACCESOS (CV-HB-02)

Hoja	02	03

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación			*km*	
Encargado de la conservación	□	MOPT/CONAVI	□	Municipalidad
	□	Concesionario	□	Privado
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Ubicación — **Cantón**				
Ubicación — **Distrito**				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha solicitado / N.° Reporte												
Año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √
Accesos [200] *(continuación)*	Superficie de ruedo [20002]	611 Reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico	611.07 Reparación de baches en superficie de desgaste	
			611.08 Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste	
		612 Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico	612.07 Bacheo de superficie de desgaste de concreto asfáltico	
			612.08 Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico	
			612.09 Sellado de grietas de superficie de desgaste de concreto asfáltico	
		621 Reposición del nivel de rasante de grava	621.07 Reposición parcial de superficie de grava	
	Obras de retención no integrales [20004]	619 Reparación de muros de retención o de refuerzo	619.07 Reparación de muros de retención en concreto ciclópeo	
			619.08 Reparación de muro de mampostería	
			619.09 Reparación de muro en gaviones	

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN ACCESOS (CV-HB-02)

Hoja	03	03

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación		*km*		
Encargado de la conservación	□ MOPT/CONAVI	□ Municipalidad		
	□ Concesionario	□ Privado		
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Cantón				
Distrito				

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Fecha ejecutado / N.° Reporte	Fecha solicitado / N.° Reporte	Año 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
				Si solicitado = X / Si ejecutado = √													
Accesos [200] (continuación)	Obras de retención no integrales [20004] (*continuación*)	619 Reparación de muros de retención o de refuerzo (*continuación*)	619.10 Reparación de muros de retención modulares														
			619.11 Reparación de muros de retención de concreto reforzado														
	Sistemas de drenaje [20005]	604 Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje	604.07 Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas														
			604.08 Instalación de nuevo sumidero en losa														
	Sistemas de drenaje [20005] *(continuación)*	604 Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje *(continuación)*	604.09 Reparación o construcción de drenajes, bordillos o canaletas														
			604.10 Reemplazo de tubos de extensión de descarga vertical														
			604.11 Colocación de drenajes horizontales (muros de retención)														

Fin de formulario

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SEGURIDAD VIAL (CV-HB-03)

Hoja	01	02

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación			*km*	
Encargado de la conservación	□	MOPT/CONAVI	□	Municipalidad
	□	Concesionario	□	Privado
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Ubicación — **Cantón**				
Ubicación — **Distrito**				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha solicitado / N.° Reporte												
Año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √
Seguridad vial y señalización [300]	Sistemas de contención vehicular [30001] [30002] [30003] Baranda o barrera peatonal [30009]	603 Reparación de sistemas de contención vehicular y barandas peatonales	603.07 Sustitución o reposición de piezas faltantes	
			603.08 Reparación de piezas con deterioros no estructurales	
			603.09 Reposición de piezas de sujeción conexiones en acero	
			603.10 Sustitución o reposición de elementos dañados en acero	
			603.11 Reposición de piezas de sujeción conexiones en madera	
			603.12 Sustitución o reposición de elementos dañados en madera	
			603.13 Sustitución o reposición de piezas de sujeción en aluminio	
			603.14 Sustitución o reposición de elementos dañados en aluminio	
	Acera [30005] [30010] Bordillo [30008]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección	
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad	

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SEGURIDAD VIAL (CV-HB-03)

Hoja	02	02

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación		*km*		
Encargado de la conservación	□ MOPT/CONAVI	□ Municipalidad		
	□ Concesionario	□ Privado		
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Ubicación — **Cantón**				
Ubicación — **Distrito**				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha solicitado / N.° Reporte												
Año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √
Seguridad vial y señalización [300] ***(continuación)***	Acera [30005] [30010] Bordillo [30008]	607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I	
			607.08 Reparación de superficie tipo II	
			607.09 Reparación de superficie tipo III	
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización (superficie de concreto asfáltico)	
			620.08 Impermeabilización (recubrimiento epóxico)	
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado	

Fin de formulario

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUPERESTRUCTURA (CV-HB-04)

Hoja	01	07

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación		*km*		
Encargado de la conservación	□ MOPT/CONAVI	□ Municipalidad		
	□ Concesionario	□ Privado		
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Ubicación — **Cantón**				
Ubicación — **Distrito**				

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Fecha ejecutado / N.° Reporte	Fecha solicitado / N.° Reporte	Año 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
						Si solicitado = X / Si ejecutado = √											
Superestructura [400] [405]	Tablero [40001] Elementos principales [40501]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección														
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad														
		607 Reparación superficial de elementos de concreto (continuación)	607.07 Reparación de superficie tipo I														
			607.08 Reparación de superficie tipo II														
			607.09 Reparación de superficie tipo III														
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo														
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas														
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas														
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas														

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUPERESTRUCTURA (CV-HB-04)

Hoja	02	07

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación		*km*		
Encargado de la conservación	□ MOPT/CONAVI	□ Municipalidad		
	□ Concesionario	□ Privado		
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Ubicación — **Cantón**				
Ubicación — **Distrito**				

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Fecha ejecutado / N.° Reporte	Fecha solicitado / N.° Reporte	Año 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
						Si solicitado = X / Si ejecutado = √											
Superestructura [400] [405] *(continuación)*	Tablero [40001] Elementos principales [40501] *(continuación)*	613 Preparación y protección de superficies *(continuación)*	613.10 Pintura de superficies galvanizadas														
			613.11 Pintura de superficies de concreto														
			613.12 Pintura de superficies de madera														
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia														
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero														
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto														
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas														
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (parcial)														
		618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera														
			618.08 Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios														

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUPERESTRUCTURA (CV-HB-04)

Hoja		*03*		*07*																				
B. Datos Generales del Puente																								
Código del puente																								
Nombre del puente																								
Ruta n.°																								
Kilómetro de ubicación						*km*																		
Encargado de la conservación		□	MOPT/CONAVI	□	Municipalidad																			
		□	Concesionario	□	Privado																			
Fecha de construcción o rehabilitación																								
Ubicación	**Provincia**																							
	Cantón																							
	Distrito																							

Fecha ejecutado / N.° Reporte														
Fecha solicitado / N.° Reporte														
Año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**		

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	**Elemento**	**Actividad de conservación**	**Procedimiento**	**Si solicitado = X / Si ejecutado = √**												
Superestructura [400] [405] ***(continuación)***	Tablero [40001] Elementos principales [40501] *(continuación)*	620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización (superficie de concreto asfáltico)													
			620.08 Impermeabilización (recubrimiento epóxico)													
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado													
Superestructura [401] [402] [403] [404] [406] [407] [408] [409] [410] [411] [412]	Elementos principales [40101] [40201] [40301] [40401] [40601] [40701] [40801] [40901] [41001] [41101] [41201]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección													
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad													
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I													
			607.08 Reparación de superficie tipo II													
			607.09 Reparación de superficie tipo III													
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo													
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas													

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUPERESTRUCTURA (CV-HB-04)

Hoja	04	07

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación				*km*
Encargado de la conservación	□	MOPT/CONAVI	□	Municipalidad
	□	Concesionario	□	Privado
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Ubicación — **Cantón**				
Ubicación — **Distrito**				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha solicitado / N.° Reporte												
Año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √											
Superestructura [401] [402] [403] [404] [406] [407] [408] [409] [410] [411] [412] ***(continuación)***	Elementos principales [40101] [40201] [40301] [40401] [40601] [40701] [40801] [40901] [41001] [41101] [41201] *(continuación)*	613 Preparación y protección de superficies *(continuación)*	613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas												
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas												
			613.1 Pintura de superficies galvanizadas												
			613.11 Pintura de superficies de concreto												
			613.12 Pintura de superficies de madera												
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia												
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero												
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto												
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas												
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (parcial)												

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUPERESTRUCTURA (CV-HB-04)

Hoja	05	07

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación			*km*	
Encargado de la conservación	□	MOPT/CONAVI	□	Municipalidad
	□	Concesionario	□	Privado
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Ubicación — **Cantón**				
Ubicación — **Distrito**				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha solicitado / N.° Reporte												
Año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √												
Superestructura [401] [402] [403] [404] [406] [407] [408] [409] [410] [411] [412] ***(continuación)***	Elementos principales [40101] [40201] [40301] [40401] [40601] [40701] [40801] [40901] [41001] [41101]	618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera													
			618.08 Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios													
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización (superficie de concreto asfáltico)													
			620.08 Impermeabilización (recubrimiento epóxico)													
		623 Reparación de elementos de concreto [illegible]	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado													
	Elementos secundarios [40102] [40202] [40302] [40402] [40602] [41002] [41102] [41202]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección													
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad													
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I													
			607.08 Reparación de superficie tipo II													
			607.09 Reparación de superficie tipo III													

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUPERESTRUCTURA (CV-HB-04)

Hoja	06	07

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación		km		
Encargado de la conservación	□ MOPT/CONAVI	□ Municipalidad		
	□ Concesionario	□ Privado		
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — Provincia				
Ubicación — Cantón				
Ubicación — Distrito				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha solicitado / N.° Reporte												
Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √												
Superestructura [401] [402] [403] [404] [406] [407] [408] [409] [410] [411] [412] *(continuación)*	Elementos secundarios [40102] [40202] [40302] [40402] [40602] [41002] [41102] [41202] (*continuación*)	608 Reparación de concreto con corrosión en acero	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo													
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas													
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas													
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas													
			613.10 Pintura de superficies galvanizadas													
			613.11 Pintura de superficies de concreto													
			613.12 Pintura de superficies de madera													
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia													
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero													
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto													

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUPERESTRUCTURA (CV-HB-04)

Hoja		*07*	*07*	**Fecha ejecutado / N.° Reporte**																				
B. Datos Generales del Puente																								
Código del puente																								
Nombre del puente																								
Ruta n.°																								
Kilómetro de ubicación			*km*	**Fecha solicitado / N.° Reporte**																				
Encargado de la conservación		□	MOPT/CONAVI □ Municipalidad																					
		□	Concesionario □ Privado																					
Fecha de construcción o rehabilitación																								
Ubicación	**Provincia**																							
	Cantón			**Año**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**								
	Distrito																							

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	**Elemento**	**Actividad de conservación**	**Procedimiento**	**Si solicitado = X / Si ejecutado = √**																				
Superestructura **[401]** **[402]** **[403]** **[404]** **[406]** **[407]** **[408]** **[409]** **[410]** **[411]** **[412]** **(continuación)**	Elementos secundarios [40102] [40202] [40302] [40402] [40602] [41002] [41102] [41202] (continuación)	615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero *(continuación)*	615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas																					
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (parcial)																					
		618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera																					
			618.07 Reparación o reposición de elementos de madera																					
		620 Impermeabilización de superficies de concreto	620.07 Impermeabilización (superficie de concreto asfáltico)																					
			620.08 Impermeabilización (recubrimiento epóxico)																					
		623 Reparación de elementos de concreto presforzado	623.07 Reparación de superficie de concreto presforzado																					

Fin del formulario

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUBESTRUCTURA (CV-HB-05)

Hoja	01	08

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación			*km*	
Encargado de la conservación	□	MOPT/CONAVI	□	Municipalidad
	□	Concesionario	□	Privado
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Ubicación — **Cantón**				
Ubicación — **Distrito**				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha solicitado / N.° Reporte												
Año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √												
Subestructura [500]	Cabezal de pilas [50001] Cuerpo de pilas [50003]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección													
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad													
		607 Reparación superficial de elementos de concreto (continuación)	607.07 Reparación de superficie tipo I													
			607.08 Reparación de superficie tipo II													
			607.09 Reparación de superficie tipo III													
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo													
		613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas													
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas													
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas													

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUBESTRUCTURA (CV-HB-05)

Hoja	02	08

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación		km		
Encargado de la conservación	□ MOPT/CONAVI	□ Municipalidad		
	□ Concesionario	□ Privado		
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — Provincia				
Ubicación — Cantón				
Ubicación — Distrito				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha solicitado / N.° Reporte												
Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √												
Subestructura [500]	Cabezal de pilas [50001] Cuerpo de pilas [50003]	613 Preparación y protección de superficies *(continuación)*	613.10 Pintura de superficies galvanizadas													
			613.11 Pintura de superficies de concreto													
			613.12 Pintura de superficies de madera													
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia													
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero													
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto													
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas													
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (parcial)													
		618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07 Reparación o reposición de elementos de madera													
			618.08 Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios													

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUBESTRUCTURA (CV-HB-05)

| | | |

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUBESTRUCTURA (CV-HB-05)

Hoja	04	08

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación		*km*		
Encargado de la conservación	□ MOPT/CONAVI	□ Municipalidad		
	□ Concesionario	□ Privado		
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Ubicación — **Cantón**				
Ubicación — **Distrito**				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha solicitado / N.° Reporte												
Año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √												
Subestructura [500] (continuación)	Cabezal de bastiones [50002] Cuerpo de bastiones [50004] Aletones [50007] (continuación)	613 Preparación y protección de superficies *(continuación)*	613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas													
			613.10 Pintura de superficies galvanizadas													
			613.11 Pintura de superficies de concreto													
			613.12 Pintura de superficies de madera													
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia													
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes	615.07 Reposición de elementos de acero													
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero (continuación)	615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto													
			615.09 Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de alta resistencia													
			615.10 Reparación de elementos de acero con corrosión (parcial)													

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUBESTRUCTURA (CV-HB-05)

| | | |

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUBESTRUCTURA (CV-HB-05)

Hoja	06	08

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación		*km*		
Encargado de la conservación	□ MOPT/CONAVI	□ Municipalidad		
	□ Concesionario	□ Privado		
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Ubicación — **Cantón**				
Ubicación — **Distrito**				

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Fecha ejecutado / N.° Reporte	Fecha solicitado / N.° Reporte	Año 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
						Si solicitado = X / Si ejecutado = √											
Subestructura [500] (continuación)	Apoyos [50006]	610 Mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo (*continuación*)	610.11 Reemplazo parcial (tornillería y piezas de acero de soporte)														
			610.12 Reemplazo total de apoyos														
			610.13 Mantenimiento o reemplazo de dispositivos o apoyos especiales														
	Torres [50008]	606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07 Sellado de grietas mediante inyección														
			606.08 Sellado de grietas mediante relleno por gravedad														
		607 Reparación superficial de elementos de concreto	607.07 Reparación de superficie tipo I														
			607.08 Reparación de superficie tipo II														
			607.09 Reparación de superficie tipo III														
		608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes														

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUBESTRUCTURA (CV-HB-05)

Hoja	07	08

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación		*km*		
Encargado de la conservación	□ MOPT/CONAVI	□ Municipalidad		
	□ Concesionario	□ Privado		
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Ubicación — **Cantón**				
Ubicación — **Distrito**				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha solicitado / N.° Reporte												
Año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √
Subestructura [500] (continuación)	Torres [50008] (*continuación*)	613 Preparación y protección de superficies	613.07 Pintura puntual de superficies metálicas	
			613.08 Pintura parcial o por zona de superficies metálicas	
			613.09 Sobrecapa de pintura de superficies metálicas	
			613.10 Pintura de superficies galvanizadas	
			613.11 Pintura de superficies de concreto	
			613.12 Pintura de superficies de madera	
		614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	
		615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07 Reposición de elementos de acero	
			615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto	

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN SUBESTRUCTURA (CV-HB-05)

| | | |

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN ELEMENTOS ADICIONALES (CV-HB-06)

Hoja	01	02

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación			km	
Encargado de la conservación	□	MOPT/CONAVI	□	Municipalidad
	□	Concesionario	□	Privado
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — **Provincia**				
Ubicación — **Cantón**				
Ubicación — **Distrito**				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha solicitado / N.° Reporte												
Año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √
Elementos adicionales	Hidráulica	602 Limpieza de cauces en puentes	602.07 Limpieza de cauces en puentes	
		617 Protección de riberas	617.07 Protección de riberas mediante gaviones	
			617.08 Protección de riberas mediante colchones	
			617.09 Protección de riberas mediante enrocados (escolleras)	
			617.10 Protección de riberas mediante concreto ciclópeo	
			617.11 Protección de riberas mediante zampeados	
		617 Protección de riberas *(continuación)*	617.12 Protección de riberas mediante revestimientos de sacos de suelo	
			617.13 Protección de riberas mediante revestimientos con geocolchones indus	
			617.14 Protección de riberas mediante revestimientos de hiladas de bloques	

Formulario continúa en hoja siguiente

REGISTRO HISTÓRICO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN ELEMENTOS ADICIONALES (CV-HB-06)

Hoja	02	02

B. Datos Generales del Puente

Código del puente				
Nombre del puente				
Ruta n.°				
Kilómetro de ubicación			km	
Encargado de la conservación	☐	MOPT/CONAVI	☐	Municipalidad
	☐	Concesionario	☐	Privado
Fecha de construcción o rehabilitación				
Ubicación — Provincia				
Ubicación — Cantón				
Ubicación — Distrito				

Fecha ejecutado / N.° Reporte												
Fecha solicitado / N.° Reporte												
Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

C. Mantenimiento Basado en la Condición

Componente	Elemento	Actividad de conservación	Procedimiento	Si solicitado = X / Si ejecutado = √											
Elementos adicionales *(continuación)*	Otros	601 Limpieza manual de puentes	601.07 Limpieza manual de puentes a nivel de losa o tablero												
		605 Limpieza de superficies de puentes con agua a presión	605.07 Limpieza con agua a presión de superficies de concreto												
			605.08 Limpieza con agua a presión de superficies de acero												

Fin de formulario

Apéndice D

Especificaciones generales para el mantenimiento de puentes (CP-2024)

Página intencionalmente en blanco.

PREFACIO

Estas *Especificaciones Generales para el Mantenimiento de Puentes_CP-2024* son aplicables a todos los proyectos de conservación de estructuras de puentes que sean ejecutados por el Ministerio de Obras Públicas (MOPT), sus Consejos, Municipalidades y otras dependencias públicas. Las especificaciones presentadas deben ser utilizadas por todos los involucrados en el proceso de gestión, incluyendo proyectistas, contratistas, así como cualquier otra entidad encargada de administrar o ejecutar proyectos de conservación en estructuras de puentes.

En el año 2015, ante la necesidad de contar con un marco normativo con lineamientos específicos para ser considerados en los contratos para la ejecución de actividades de conservación vial, se publicó el *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes_MCV-2015* (MOPT, 2015a) (denominado de aquí en adelante como MCV-2015). En dicho manual, se establecieron las primeras especificaciones técnicas a través de las cuales se definían las normas, exigencias y procedimientos mínimos a ser empleados y aplicados en los proyectos de conservación vial. Lo anterior, con el objetivo de garantizar la ejecución correcta de las distintas actividades de conservación, asegurando la funcionalidad y efectividad de las obras realizadas, bajo los controles que aseguren la seguridad tanto de los usuarios como de los trabajadores involucrados.

Debido a la elaboración del Tomo I del nuevo *Manual de Puentes de Costa Rica -2024_MP-2024*, se identifica como imperativo contar con un conjunto de especificaciones generales de conservación que sean exclusivas para puentes, resaltando la importancia de estas estructuras en el sistema vial. Asimismo, surge la necesidad de adaptar estas especificaciones generales de conservación de puentes, de forma tal que estas sean congruentes con lo establecido en el MP-2024 Tomo I, en función de que la conservación puede ser realizada como uno de los programas importantes en la gestión de puentes para la toma de decisiones de inversión costo-efectivas.

Debido a lo anterior y tomando como base el *Capítulo 6 Conservación de Estructuras Mayores* del MCV-2015, se realizan las nuevas *Especificaciones Generales para el Mantenimiento de Puentes_CP-2024*. En estas especificaciones, se incluyen modificaciones que permiten, en conjunto con el MP-2024 Tomo I, facilitar el proceso de identificación de necesidades de

conservación, gestionar y priorizar la atención de necesidades, ejecutar, controlar y finalmente reportar las acciones realizadas. Asimismo, debido a que el Capítulo 6 del MCV-2015 sirve como base para las presentes especificaciones es que se mantiene en estas especificaciones la numeración original del MCV-2015 para las distintas actividades relacionadas con la conservación de estructuras de puente (numeración iniciando en Sección 601).

Las presentes especificaciones generales responden al cumplimiento del procedimiento de actualización de normativa técnica establecido en el Capítulo III del del *Reglamento al Artículo 6 de la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria n.° 8114*, según el Decreto Ejecutivo n.° 37016 – MOPT del 13 de febrero de 2012.

Cabe resaltar lo establecido en la normativa nacional, en cuanto a funciones específicas del MOPT-CONAVI en lo que respecta a infraestructura vial:

1) El artículo 2°, inciso a), de la Ley n.° 3155 establece como objetivo del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el "planificar, construir, mantener y mejorar las carreteras y caminos de la red vial nacional. Regular y controlar los derechos de vía de las carreteras de dicha red existentes o en proyecto. Regular, controlar y vigilar el tránsito y el transporte por los caminos públicos."

2) El artículo 2° de la Ley n.° 7798, *Ley de Creación del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI)* (1998), expresa que "la conservación vial es actividad ordinaria de servicio público prioritario e interés nacional." El artículo 4° de dicha ley, establece como objetivos del CONAVI los siguientes:

a) Planear, programar, administrar, financiar, ejecutar y controlar la conservación y la construcción de la red vial nacional, en concordancia con los programas que elabore la Dirección de Planificación del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

b) Administrar su patrimonio.

c) Ejecutar, mediante Contratos, las obras, los suministros y servicios requeridos para el proceso de conservación y construcción de la totalidad de la red vial nacional.

d) Fiscalizar la ejecución correcta de los trabajos, incluyendo el control de la calidad.

e) Promover la investigación, el desarrollo y la transferencia tecnológica en el campo de la construcción y conservación vial.

f) Celebrar contratos o prestar los servicios para el cumplimiento de sus objetivos y funciones.

Estas disposiciones de la ley son el fundamento que deben sustentar las acciones que emprendan el MOPT y sus Consejos, así como las Municipalidades, en cuanto a la conservación de las estructuras de puentes, mejorando las condiciones de tránsito y el nivel de servicio, fortaleciendo la gestión e incrementando las actividades en este particular mediante la contratación de empresas que desarrollen estas actividades.

CONTENIDO

PREFACIO..... 1

CONTENIDO.....4

LISTADO DE COMPONENTES Y ELEMENTOS DE PUENTES.....17

ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTOS DE CONSERVACIÓN PARA PUENTES..... 25

PROGRAMACIÓN POR TIPO DE ACTIVIDAD DE CONSERVACIÓN..... 28

GENERALIDADES APLICABLES..... 30

SECCIÓN 601: LIMPIEZA GENERAL DE PUENTES.....41

601.01 Objetivo..... 41

601.02 Alcance..... 41

601.03 Criterio de ejecución..... 41

601.04 Materiales.....42

601.05 Equipos y herramientas.....43

601.06 Procedimiento de ejecución general..... 43

601.07 Procedimiento: Limpieza de puentes a nivel de losa o tablero..... 43

601.08 Medición.....44

601.09 Renglones de pago..... 44

SECCIÓN 602: LIMPIEZA DE CAUCES EN PUENTES..... 45

602.01 Objetivo..... 45

602.02 Alcance..... 45

602.03 Criterio de ejecución..... 46

602.04 Materiales.....46

602.05 Equipos y herramientas.....46

602.06 Procedimiento de ejecución general..... 47

602.07 Procedimiento: Limpieza de cauces en puentes.....47

602.08 Medición.....47

602.09 Renglones de pago..... 48

SECCIÓN 603: REPARACIÓN PARCIAL O TOTAL DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR Y BARANDAS O BARRERAS PEATONALES.....49

603.01 Objetivo..... 49

603.02 Alcance..... 49

603.03 Criterio de ejecución..... 50

603.04 Materiales.....54

603.05 Equipos y herramientas.....54

603.06 Procedimiento de ejecución general..... 54

603.07 Procedimiento: Sustitución piezas faltantes o reposición de piezas con daños estructurales en concreto..... 55

603.08 Procedimiento: Reparación de piezas con deterioros no estructurales en concreto..... 57

603.09 Procedimiento: Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en acero 59

603.10 Procedimiento: Sustitución o reposición elementos dañados o faltantes en acero..... 60

603.11 Procedimiento: Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en madera.....62

603.12 Procedimiento: Sustitución o reposición elementos dañados o faltantes en madera.....

603.13 Procedimiento: Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en aluminio.....64

603.14 Procedimiento: Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en aluminio.....65

603.15 Medición.....68

603.16 Renglones de pago..... 69

SECCIÓN 604: REEMPLAZO Y COMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS DE DRENAJE..... 70

604.01 Objetivo..... 70

604.02 Alcance..... 70

604.03 Criterio de ejecución..... 71

604.04 Materiales.....72

604.05 Equipos y herramientas.....73

604.06 Procedimiento de ejecución general..... 73

604.07 Procedimiento: Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas o faltantes.....73

604.08 Procedimiento: Instalación de nuevo sumidero en losa.....74

604.09 Procedimiento: Reparación o construcción de drenajes longitudinales y transversales, bordillos o canaletas.....75

604.10 Procedimiento: Reemplazo o colocación de tubos de extensión vertical de descarga.....

604.11 Procedimiento: Colocación de drenajes horizontales a lo largo del muro del bastión.....

604.12 Medición.....77

604.13 Renglones de pago..... 77

SECCIÓN 605: LIMPIEZA DE SUPERFICIES DE PUENTES CON AGUA A PRESIÓN.....79

605.01 Objetivo..... 79

605.02 Alcance 79

605.03 Criterio de ejecución..... 79

605.04 Materiales.....80

605.05 Equipos y herramientas.....80

605.06 Procedimiento de ejecución general..... 81

605.07 Procedimiento: Limpieza con agua a presión en superficies de concreto.....81

605.08 Procedimiento: Limpieza con agua a presión en superficies de acero.....82

605.09 Medición.....82

605.10 Renglones de pago..... 83

SECCIÓN 606: LIMPIEZA Y SELLADO DE GRIETAS EN ELEMENTOS DE CONCRETO.....84

606.01 Objetivo..... 84

606.02 Alcance..... 84
606.03 Criterio de ejecución..... 84
606.04 Materiales.....86
606.05 Equipos y herramientas.....87
606.06 Procedimiento de ejecución general..... 87
606.07 Procedimiento: Sellado de grietas mediante inyección.....88
606.08 Procedimiento: Sellado de grietas mediante relleno por gravedad..... 91
606.09 Medición.....93
606.10 Renglones de pago..... 94
SECCIÓN 607: REPARACIÓN DE SUPERFICIE DE ELEMENTOS DE CONCRETO..... 95
607.01 Objetivo..... 95
607.02 Alcance..... 95
607.03 Criterio de ejecución..... 95
607.04 Materiales.....96
607.05 Equipos y herramientas.....97
607.06 Procedimiento de ejecución general..... 97
607.07 Procedimiento: Reparación de superficie de concreto tipo I..... 98
607.08 Procedimiento: Reparación de superficie de concreto tipo II..... 99
607.09 Procedimiento: Reparación de superficie de concreto tipo III..... 101
607.10 Medición.....103
607.11 Renglones de pago..... 104
SECCIÓN 608: REPARACIÓN DE CONCRETO CON CORROSIÓN EN ACERO DE REFUERZO..... 105
608.01 Objetivo..... 105
608.02 Alcance..... 105
608.03 Criterio de ejecución..... 105

608.04 Materiales....106
608.05 Equipos y herramientas....107
608.06 Procedimiento de ejecución general.... 107
608.07 Procedimiento: Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo....107
608.08 Medición....109
608.09 Renglones de pago.... 110
SECCIÓN 609: MANTENIMIENTO O REEMPLAZO DE JUNTAS DE EXPANSIÓN.... 111
609.01 Objetivo.... 111
609.02 Alcance.... 111
609.03 Criterio de ejecución.... 112
609.04 Materiales....113
609.05 Equipos y herramientas....114
609.06 Procedimiento de ejecución general.... 114
609.07 Procedimiento: Reemplazo de juntas abiertas.... 114
609.08 Procedimiento: Reemplazo de juntas elastoméricas coladas....116
609.09 Procedimiento: Reemplazo de juntas con sellos comprimidos.... 118
609.10 Procedimiento: Reemplazo de juntas de placas deslizantes.... 119
609.11 Procedimiento: Reemplazo de juntas dentadas.... 120
609.12 Procedimiento: Reemplazo o colocación de juntas asfálticas.... 122
609.13 Procedimiento: Reemplazo de juntas especiales....124
609.14 Medición....125
609.15 Renglones de pago.... 125
SECCIÓN 610: MANTENIMIENTO O REEMPLAZO DE DISPOSITIVOS DE APOYO....126
610.01 Objetivo.... 126
610.02 Alcance.... 126

610.03 Criterio de ejecución..... 127
610.04 Materiales.....128
610.05 Equipos y herramientas.....128
610.06 Procedimiento de ejecución general..... 128
610.07 Procedimiento: Limpieza de apoyos..... 129
610.08 Procedimiento: Lubricación de apoyos.....130
610.09 Procedimiento: Pintura de apoyos.....131
610.10 Procedimiento: Realineamiento de apoyos.....132
610.11 Procedimiento: Reemplazo parcial (tornillería y piezas de acero de soporte).....133
610.12 Procedimiento: Reemplazo total de apoyos.....133
610.13 Procedimiento: Mantenimiento o reemplazo de dispositivos o apoyos especiales..... 134
610.14 Medición.....135
610.15 Renglones de pago..... 135
SECCIÓN 611: REPARACIÓN DE SUPERFICIE DE DESGASTE DE CONCRETO HIDRÁULICO..... 136
611.01 Objetivo.....136
611.02 Alcance..... 136
611.03 Criterio de ejecución..... 136
611.04 Materiales.....137
611.05 Equipos y herramientas.....138
611.06 Procedimiento de ejecución general..... 138
611.07 Procedimiento: Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico.....139
611.08 Procedimiento: Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto hidráulico.....141
611.09 Medición.....142
611.10 Renglones de pago..... 142

SECCIÓN 612: REPARACIÓN O SUSTITUCIÓN DE SUPERFICIE DE DESGASTE DE CONCRETO ASFÁLTICO..... 143

612.01 Objetivo..... 143

612.02 Alcance.....143

612.03 Criterio de ejecución..... 144

612.04 Materiales.....145

612.05 Equipos y herramientas.....145

612.06 Procedimiento de ejecución general..... 145

612.07 Procedimiento: Reparación parcial de superficie de desgaste de concreto asfáltico.....

612.08 Procedimiento: Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico.....148

612.09 Procedimiento: Sellado de grietas de superficie de desgaste..... 150

612.10 Medición.....151

612.11 Renglones de pago..... 152

SECCIÓN 613: PREPARACIÓN Y PROTECCIÓN DE SUPERFICIES Y ELEMENTOS DE PUENTES..... 153

613.01 Objetivo..... 153

613.02 Alcance.....153

613.03 Criterio de ejecución..... 154

613.04 Materiales.....156

613.05 Equipos y herramientas.....157

613.06 Procedimiento de ejecución general..... 157

613.07 Procedimiento: Pintura puntual de superficies metálicas..... 159

613.08 Procedimiento: Pintura parcial o por zona de superficies metálicas.....160

613.09 Procedimiento: Sobrecapa de pintura de superficies metálicas..... 161

613.10 Procedimiento: Pintura de superficies galvanizadas..... 162

613.11 Procedimiento: Pintura de superficies de concreto..... 163

613.12 Procedimiento: Pintura de superficies de madera..... 164

613.13 Procedimiento: Preservantes en superficies de madera..... 165

613.14 Procedimiento: Fumigación de elementos de madera..... 165

613.15 Medición..... 166

613.16 Renglones de pago..... 166

SECCIÓN 614: RETIRO Y REPOSICIÓN DE PERNOS DE ALTA RESISTENCIA..... 168

614.01 Objetivo..... 168

614.02 Alcance..... 168

614.03 Criterio de ejecución..... 168

614.04 Materiales..... 169

614.05 Equipos y herramientas..... 169

614.06 Procedimiento de ejecución general..... 169

614.07 Procedimiento: Retiro y reposición de pernos de alta resistencia..... 170

614.08 Medición..... 171

614.09 Renglones de pago..... 171

SECCIÓN 615: REPARACIÓN O REPOSICIÓN DE ELEMENTOS DE PUENTES EN ACERO..... 172

615.01 Objetivo..... 172

615.02 Alcance..... 172

615.03 Criterio de ejecución..... 173

615.04 Materiales..... 174

615.05 Equipos y herramientas..... 175

615.06 Procedimiento de ejecución general..... 175

615.07 Procedimiento: Reposición de elementos de acero..... 175

615.08 Procedimiento: Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto..... 177

615.09 Procedimiento: Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas con pernos de alta resistencia..... 178

615.10 Procedimiento: Reparación de elementos de acero con corrosión mediante

reposición parcial del elemento..... 180

615.11 Medición.....181

615.12 Renglones de pago..... 181

SECCIÓN 616: REPARACIÓN DE CIMENTACIONES CON PROBLEMA DE SOCAVACIÓN..... 183

616.01 Objetivo..... 183

616.02 Alcance..... 183

616.03 Criterio de ejecución..... 183

616.04 Materiales.....184

616.05 Equipos y herramientas.....185

616.06 Procedimiento de ejecución general..... 185

616.07 Procedimiento: Restitución del contacto suelo-cimentación en seco.....185

616.08 Procedimiento: Restitución del contacto suelo-cimentación bajo agua mediante bolsas rellenas con lechada..... 186

616.09 Medición.....188

616.10 Renglones de pago..... 189

SECCIÓN 617: PROTECCIÓN DE RIBERAS..... 190

617.01 Objetivo..... 190

617.02 Alcance..... 190

617.03 Criterio de ejecución..... 191

617.04 Materiales.....191

617.05 Equipos y herramientas.....192

617.06 Procedimiento de ejecución general..... 192

617.07 Procedimiento: Protección de riberas mediante gaviones.....193

617.08 Procedimiento: Protección de riberas mediante colchones para revestimiento..... 194

617.09 Procedimiento: Protección de riberas mediante enrocados (escolleras).....194

617.10 Procedimiento: Protección de riberas mediante concreto ciclópeo..... 196

617.11 Procedimiento: Protección de riberas mediante zampeados.....196

617.12 Procedimiento: Protección de riberas mediante revestimientos de sacos de suelo..... 198

617.13 Procedimiento: Protección de riberas mediante revestimientos con geocolchones industriales.....199

617.14 Procedimiento: Protección de riberas mediante revestimientos de hiladas de bloques de concreto.....200

617.15 Medición.....202

617.16 Renglones de pago..... 202

SECCIÓN 618: REPARACIÓN DE PUENTES DE MADERA MEDIANTE REPOSICIÓN DE ELEMENTOS DE MADERA Y HERRAJES.....203

618.01 Objetivo..... 203

618.02 Alcance..... 203

618.03 Criterio de ejecución..... 203

618.04 Materiales.....205

618.05 Equipos y herramientas.....205

618.06 Procedimiento de ejecución general..... 205

618.07 Procedimiento: Reparación o reposición de elementos de madera..... 206

618.08 Procedimiento: Suministro y colocación de herrajes u otros accesorios..... 207

618.09 Medición.....208

618.10 Renglones de pago..... 208

SECCIÓN 619: REPARACIÓN DE MUROS DE RETENCIÓN O DE REFUERZO.....210

619.01 Objetivo..... 210

619.02 Alcance..... 210

619.03 Criterio de ejecución..... 210

619.04 Materiales.....211

619.05 Equipos y herramientas.....211

619.06 Procedimiento de ejecución general..... 211
619.07 Procedimiento: Reparación de muro de contención de concreto ciclópeo..... 212
619.08 Procedimiento: Reparación de muro de mampostería..... 213
619.09 Procedimiento: Reparación de muro de gaviones..... 214
619.10 Procedimiento: Reparación de muro de contención modular..... 215
619.11 Procedimiento: Reparación de muro de contención en concreto reforzado..... 216
619.12 Procedimiento: Reparación de muro cosido..... 217
619.13 Medición..... 218
619.14 Renglones de pago..... 219
SECCIÓN 620: IMPERMEABILIZACIÓN DE SUPERFICIES DE CONCRETO..... 220
620.01 Objetivo..... 220
620.02 Alcance..... 220
620.03 Criterio de ejecución..... 220
620.04 Materiales..... 221
620.05 Equipos y herramientas..... 222
620.06 Procedimiento de ejecución general..... 222
620.07 Procedimiento: Impermeabilización mediante sistemas de membranas con superficies de desgaste de concreto asfáltico..... 222
620.08 Procedimiento: Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico.....
620.09 Medición..... 225
620.10 Renglones de pago..... 225
SECCIÓN 621: REPOSICIÓN DEL NIVEL DE RASANTE DE SUPERFICIE DE GRAVA EN ACCESOS..... 226
621.01 Objetivo..... 226
621.02 Alcance..... 226
621.03 Criterio de ejecución..... 226
621.04 Materiales..... 227

621.05 Equipos y herramientas.....227
621.06 Procedimiento de ejecución general..... 228
621.07 Procedimiento: Reposición parcial de superficie de grava..... 228
621.08 Medición.....229
621.09 Renglones de pago..... 229
SECCIÓN 622: COLOCACIÓN DE CAPAS O RETIRO DE SOBRECAPAS DE CONCRETO ASFÁLTICO..... 230
622.01 Objetivo..... 230
622.02 Alcance..... 230
622.03 Criterio de ejecución..... 231
622.04 Materiales.....232
622.05 Equipos y herramientas.....232
622.06 Procedimiento de ejecución general..... 232
622.07 Procedimiento: Retiro de sobrecapas de concreto asfáltico existente..... 234
622.08 Procedimiento: Colocación de capas de concreto asfáltico..... 234
622.09 Medición.....236
622.10 Renglones de pago..... 236
SECCIÓN 623: REPARACIÓN DE ELEMENTOS DE CONCRETO PREESFORZADO..... 238
623.01 Objetivo..... 238
623.02 Alcance..... 238
623.03 Criterio de ejecución..... 238
623.04 Materiales.....239
623.05 Equipos y herramientas.....240
623.06 Procedimiento de ejecución..... 240
623.07 Procedimiento: Reparación de superficie de concreto presforzado..... 240
623.08 Medición.....242

623.09 Renglones de pago..... 242

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....243

LISTADO DE COMPONENTES Y ELEMENTOS DE PUENTES

Las actividades de conservación incluidas en las presentes especificaciones son aplicables a los distintos componentes y elementos de un puente. Con el objetivo de que estas actividades sean debidamente reportadas en el Sistema de Gestión de Puentes, es necesario disponer de una clasificación y codificación única para cada uno de estos componentes y elementos de un puente. Es por esta razón, que se presenta en la Tabla 1, el listado de componentes, elementos y tipos de elementos de un puente, siendo esta la misma tabla que se presenta en el Capítulo 6 del Manual de Puentes de Costa Rica – 2024, MP-2024 Tomo I.

Tabla 1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente

Componente	Elementos	Tipo
Accesorios **[100]**	Juntas de expansión **[10001]**	Elastomérica **[1000101]**
		Elastomérica colada **[1000102]**
		Elastomérica reforzada **[1000103]**
		Sello comprimido **[1000104]**
		Modular con sello **[1000105]**
		Junta abierta **[1000106]**
		Junta asfáltica **[1000107]**
		Placas deslizantes **[1000108]**
		Junta dentada **[1000109]**
		Junta de alivio de puente integral **[1000110]**
	Sistema de drenaje del tablero (entrada) **[10002]**	Rejilla **[1000201]**
		Drenaje a través de losa **[1000202]**
		Ranuras en base de sistema de contención vehicular **[1000203]**
	Sistema de drenaje del tablero (salida) **[10003]**	Metálico **[010301]**
		Plástico **[010302]**

Tabla 1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*)

Componente	Elementos	Tipo
Accesorios **[100]** (continuación)	Superficie de desgaste del puente **[10004]**	Concreto **[1000401]**
		Asfalto **[1000402]**
		Acero **[1000403]**
		Madera **[1000404]**
Accesos **[200]**	Losa de aproximación **[20001]**	Concreto reforzado **[2000101]**
		Concreto presforzado **[2000102]**
	Superficie de ruedo (accesos) **[020200]**	Concreto **[2000201]**
		Asfalto **[2000202]**
		Grava **[2000203]**
	Rellenos de aproximación **[20003]**	-
	Obras de retención no integrales **[20004]**	Concreto ciclópeo **[2000401]**
		Concreto reforzado **[2000402]**
		Gaviones **[2000403]**
		Suelo cosido **[2000404]**
		Tierra armada **[2000405]**
		Tablestaca **[2000406]**
		Mampostería **[2000407]**
	Sistemas de drenaje (accesos) **[20005]**	Concreto **[2000501]**
		Metálico **[2000502]**
		Plástico **[2000503]**
		Canal natural **[2000504]**

Tabla 1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*)

Componente	Elementos	Tipo
Seguridad vial y señalización **[300]**	Sistema de contención vehicular (puente) **[30001]**	Bordillo **[3000101]**
		TL-1 **[3000102]**
		TL-2 **[3000103]**
		TL-3 **[3000104]**
		TL-4 **[3000105]**
		TL-5 **[3000106]**
	Sistema de contención vehicular (accesos) **[30002]**	Terminal de impacto **[3000201]**
		TL-1 **[3000202]**
		TL-2 **[3000203]**
		TL-3 **[3000204]**
		TL-4 **[3000205]**
		TL-5 **[3000206]**
	Sistema de contención vehicular (medianera) **[30003]**	TL-1 **[3000301]**
		TL-2 **[3000302]**
		TL-3 **[3000303]**
		TL-4 **[3000304]**
		TL-5 **[3000305]**
	Infraestructura ciclista **[30004]**	-
	Acera o pasarela peatonal **[30005]**	-
	Señalización y demarcación **[30006]**	Señalización vertical **[3000601]**
		Demarcación horizontal **[3000602]**
		Señalización de carga **[3000603]**
		Señalización de altura **[3000604]**

Tabla 1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*)

Componente	Elementos	Tipo
Seguridad vial y señalización **[300]** (continuación)	Señalización y demarcación **[30006]** (*continuación*)	Estructura de señales **[3000605]**
	Iluminación **[30007]**	-
	Bordillo **[30008]**	-
	Baranda o barrera peatonal **[30009]**	-
	Acera inferior (paso a desnivel) **[30010]**	-
Superestructura (Tablero) **[400]**	Tablero **[40001]**	Concreto reforzado **[4000101]**
		Concreto presforzado **[4000102]**
		Rejilla metálica abierta **[4000103]**
		Rejilla metálica rellena **[4000104]**
		Metálico corrugado **[4000105]**
		Madera **[4000106]**
		Madera tensada **[4000107]**
		Ortotrópico **[4000108]**
		Lámina de acero **[4000109]**
Superestructura (Vigas de concreto reforzado) **[401]**	Elementos principales **[40101]**	Vigas principales **[4010101]**
	Elementos secundarios **[40102]**	Diafragmas **[4010201]**
Superestructura (Vigas de concreto presforzado) **[402]**	Elementos principales **[40201]**	Vigas principales **[4020101]**
	Elementos secundarios **[40202]**	Diafragmas **[4020201]**
Superestructura (Vigas I de acero) **[403]**	Elementos principales **[40301]**	Vigas principales **[4030101]**
		Vigas transversales **[4030102]**
		Vigas de piso **[4030103]**

Tabla 1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*)

Componente	Elementos	Tipo
Superestructura (Vigas I de acero) **[403]** (*continuación*)	Elementos secundarios **[40302]**	Diafragmas **[4030201]**
		Sistema de arriostramiento **[4030202]**
Superestructura (Vigas de madera) **[404]**	Elementos principales **[40401]**	Vigas principales **[4040101]**
	Elementos secundarios **[40402]**	Diafragmas **[4040201]**
Superestructura (Losa de concreto reforzado – concreto presforzado – madera) **[405]**	Elementos principales **[40501]**	Losa **[4050101]**
Superestructura (Arco de concreto reforzado – acero – madera) **[406]**	Elementos principales **[40601]**	Arco **[4060101]**
		Sistema de soporte del tablero **[4060102]**
		Vigas transversales **[4060103]**
		Vigas de piso **[4060104]**
	Elementos secundarios **[40602]**	Vigas de arriostramiento **[4060201]**
Superestructura (Arco de mampostería) **[407]**	Elementos principales **[40701]**	Arco **[4070101]**
		Muro de retención lateral **[4070102]**
Superestructura (Arco prefabricado) **[408]**	Elementos principales **[40801]**	Arco **[4080101]**
		Muro de retención lateral **[4080102]**
Superestructura (Viga de cajón de concreto presforzado – acero – madera) **[409]**	Elementos principales **[40901]**	Viga cajón **[4090101]**
Superestructura (Cercha de acero – madera) **[410]**	Elementos principales **[41001]**	Cerchas **[4100101]**
		Vigas transversales **[4100102]**
		Vigas de piso **[4100103]**
	Elementos secundarios **[41002]**	Sistema de arriostramiento **[4100201]**

Tabla 1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*)

Componente	Elementos	Tipo
Superestructura (Colgante) **[411]**	Elementos principales **[41101]**	Cables principales **[4110101]**
		Tirantes **[4110102]**
		Cerchas rigidizadoras **[4110103]**
		Vigas transversales **[4110104]**
		Vigas de piso **[4110105]**
	Elementos secundarios **[41102]**	Sistema de arriostramiento **[4110201]**
Superestructura (Atirantado) **[412]**	Elementos principales **[41201]**	Cables principales **[4120101]**
		Vigas principales **[4120102]**
		Vigas transversales **[4120103]**
	Elementos secundarios **[41202]**	Diafragmas **[4120201]**
Subestructura **[500]**	Cabezal de pilas **[50001]**	Concreto reforzado **[5000101]**
		Concreto presforzado **[5000102]**
	Cabezal de bastiones **[50002]**	Concreto reforzado **[5000201]**
		Concreto presforzado **[5000202]**
	Cuerpo de pilas **[50003]**	Muro **[5000301]**
		Columna sencilla **[5000302]**
		Columna doble **[5000303]**
		Columna múltiple **[5000304]**
		Cabezal sobre pilotes **[5000305]**
	Cuerpo de bastiones **[50004]**	Gravedad **[5000401]**
		Voladizo **[5000402]**
		Marco **[5000403]**

Tabla 1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*)

Componente	Elementos	Tipo
Subestructura **[500]** *(continuación)*	Cuerpo de bastiones **[50004]** (continuación)	Muro con contrafuertes **[5000404]**
		Tierra armada **[5000405]**
		Cabezal sobre pilotes **[5000406]**
	Fundaciones **[50005]**	Placa aislada de concreto **[5000501]**
		Placa sobre pilotes **[5000502]**
		Pilote **[5000503]**
		Bloque rígido (tipo “caisson”) **[5000504]**
		Placa corrida **[5000505]**
	Apoyos **[50006]**	Elastomérico **[5000601]**
		Rodillos **[5000602]**
		Balancines **[5000603]**
		Fijos (acero) **[5000604]**
		Fijos (concreto) **[5000605]**
		Confinado (“pot bearing”) **[5000606]**
		Disco **[5000607]**
		Placas deslizantes **[5000608]**
		Esférico **[5000609]**
		Unión integral a bastión o pila **[5000610]**
		Lámina asfáltica (“tar paper”) **[5000611]**
		Aisladores elastoméricos **[5000612]**
		Aisladores deslizantes **[5000613]**

Tabla 1. Componentes, elementos y tipos de elementos de un puente (*continuación*)

Componente	Elementos	Tipo
Subestructura **[500]** *(continuación)*	Aletones **[50007]**	-
	Torres **[50008]**	Concreto **[5000801]**
		Acero **[5000802]**
Sistema de protección **[600]**	Sistemas de protección contra la corrosión para elementos de acero **[60001]**	Pintura **[6000101]**
		Acero autopatinable ("*weathering*") **[6000102]**
		Galvanizado **[6000103]**
		Sistema dúplex **[6000103]**
	Sistemas de protección para elementos de madera **[60002]**	Pintura **[6000201]**
		Preservante **[6000202]**
		Repelente de agua **[6000203]**
		Retardante de fuego **[6000204]**
	Sistemas de protección para elementos de concreto **[60003]**	Recubrimiento impermeabilizante **[6000304]**
		Sellador de grietas **[6000304]**
	Sistemas de protección sísmica **[60004]**	Llaves de corte **[6000401]**
		Cadenas / Anclajes / Post-tensión externa **[6000402]**
		Dispositivos de disipación de energía **[6000403]**
	Sistemas de protección hidráulica **[60005]**	-

ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTOS DE CONSERVACIÓN PARA PUENTES

En las presentes especificaciones, se realiza una separación e identificación de distintos procedimientos dentro de las actividades de conservación. A continuación, se presentan las definiciones de actividades y procedimientos según serán utilizadas en el presente documento:

- **Actividad:** Se entenderá por actividad de conservación al conjunto de procedimientos que son agrupados debido a que tienen un alcance similar y se realizan para cumplir con un mismo objetivo. Por lo tanto, una actividad de conservación puede estar compuesta por uno o más procedimientos. En las presentes especificaciones, cada sección corresponde a una actividad de conservación y se incluye un total de 23 actividades.
- **Procedimiento:** Se entenderá por procedimiento al conjunto de pasos o labores mínimas que se deben realizar para cumplir con el objetivo de la actividad de conservación a la cual pertenece dicho procedimiento. Los procedimientos presentados incluyen una serie de pasos mínimos que deberán ser utilizados como referencia; sin embargo, será responsabilidad de la Administración identificar y definir el procedimiento a seguir aplicable de acuerdo con las necesidades del proyecto de conservación por desarrollar. En las presentes especificaciones los procedimientos se encuentran debidamente identificados en las subsecciones de cada actividad y se incluye un total de 79 procedimientos.

En la Tabla 2 se muestra un listado de estas actividades de conservación y de los procedimientos respectivos que son incluidos en las presentes especificaciones. Asimismo, en dicha tabla, se encuentra la codificación única que es asignada para cada una de las actividades de conservación y sus procedimientos. No se descarta que, en futuras actualizaciones de esta especificación, se incluyan nuevos procedimientos dentro de las actividades ya contempladas o inclusive nuevas actividades de conservación, tanto de mantenimiento como de rehabilitación menor y mayor.

Tabla 2. Listado completo de actividades de conservación y procedimientos

Actividad de conservación		Procedimiento	
Sección	**Descripción**	**Subsección**	**Descripción**
601	Limpieza manual de puentes	601.07	Limpieza manual de puentes a nivel de losa o tablero
602	Limpieza de cauces en puentes	602.07	Limpieza de cauces en puentes
603	Reparación parcial o total de sistemas de contención vehicular y barandas o barreras peatonales	603.07	Sustitución o reposición de piezas faltantes o con daños estructurales en concreto
		603.08	Reparación de piezas con deterioros no estructurales en concreto
		603.09	Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en acero
		603.10	Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en acero
		603.11	Reposición de piezas de sujeción iguales o mejor que el original en conexiones en madera

Tabla 2. Listado completo de actividades de conservación y procedimientos

Actividad de conservación		Procedimiento	
Sección	**Descripción**	**Subsección**	**Descripción**
		603.12	Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en madera
		603.13	Sustitución o reposición de piezas de sujeción en aluminio
		603.14	Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en aluminio
604	Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje	604.07	Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas
		604.08	Instalación de nuevo sumidero en losa
		604.09	Reparación o construcción de drenajes longitudinales y transversales, bordillos o canaletas
		604.10	Reemplazo o colocación de tubos de extensión de descarga vertical
		604.11	Colocación de drenajes horizontales a lo largo de muros de retención
605	Limpieza de superficies de puentes con agua a presión	605.07	Limpieza con agua a presión de superficies de concreto
		605.08	Limpieza con agua a presión de superficies de acero
606	Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto	606.07	Sellado de grietas mediante inyección
		606.08	Sellado de grietas mediante relleno por gravedad
607	Reparación de superficie de elementos de concreto	607.07	Reparación de superficie tipo I
		607.08	Reparación de superficie tipo II
		607.09	Reparación de superficie tipo III
608	Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo	608.07	Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes
609	Reemplazo de juntas de expansión	609.07	Reemplazo de juntas abiertas
		609.08	Reemplazo de juntas elastoméricas coladas
		609.09	Reemplazo de juntas con sellos comprimidos de neopreno
		609.10	Reemplazo de juntas continuas de perfil de acero
		609.11	Reemplazo de juntas de placas dentadas
		609.12	Reemplazo o colocación de juntas asfálticas
		609.13	Reemplazo de juntas especiales
610	Mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo	610.07	Limpieza de apoyos
		610.08	Lubricación de apoyos metálicos
		610.09	Pintura de apoyos metálicos
		610.10	Realineamiento de apoyos
		610.11	Reemplazo parcial (tornillería y piezas de acero de soporte)
		610.12	Reemplazo total de apoyos
611	Reparación de superficie de desgaste de concreto	611.07	Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico

Tabla 2. Listado completo de actividades de conservación y procedimientos

Actividad de conservación		Procedimiento	
Sección	**Descripción**	**Subsección**	**Descripción**
	hidráulico	611.08	Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto hidráulico
612	Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico	612.07	Bacheo de superficie de desgaste de concreto asfáltico
		612.08	Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico
		612.09	Sellado de grietas de superficie de desgaste de concreto asfáltico
613	Preparación y protección de superficies y elementos de puentes	613.07	Pintura puntual de superficies metálicas
		613.08	Pintura parcial o por zona de superficies metálicas
		613.09	Sobrecapa de pintura de superficies metálicas
		613.10	Pintura de superficies galvanizadas
		613.11	Pintura de superficies de concreto
		613.12	Pintura de superficies de madera
		613.13	Preservantes en superficies de madera
		613.14	Fumigación de elementos de madera
614	Retiro y reposición de pernos de alta resistencia	614.07	Retiro y reposición de pernos de alta resistencia
615	Reparación o reposición de elementos en puentes de acero	615.07	Reposición de elementos de acero
		615.08	Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto
		615.09	Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas por pernos de alta resistencia
		615.10	Reparación de elementos de acero con corrosión mediante reposición parcial del elemento
616	Reparación de cimentaciones con problema de socavación	616.07	Restitución del contacto suelo cimentación en seco
		616.08	Restitución del contacto suelo-cimentación bajo agua mediante bolsas rellenas de lechada
617	Protección de riberas	617.07	Protección de riberas mediante gaviones
		617.08	Protección de riberas mediante colchones para revestimiento
		617.09	Protección de riberas mediante enrocados (escolleras)
		617.10	Protección de riberas mediante concreto ciclópeo
		617.11	Protección de riberas mediante zampeados
		617.12	Protección de riberas mediante revestimientos de sacos de suelo
		617.13	Protección de riberas mediante revestimientos con geocolchones industriales
		617.14	Protección de riberas mediante revestimientos de hiladas de bloques de concreto
618	Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes	618.07	Reparación o reposición de elementos de madera
		618.08	Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios

Tabla 2. Listado completo de actividades de conservación y procedimientos

Actividad de conservación		Procedimiento	
Sección	**Descripción**	**Subsección**	**Descripción**
619	Reparación de muros de retención o de refuerzo	619.07	Reparación de muros de retención en concreto ciclópeo
		619.08	Reparación de muro de mampostería
		619.09	Reparación de muro en gaviones
		619.10	Reparación de muros de retención modulares
		619.11	Reparación de muros de retención de concreto reforzado
		619.12	Reparación de muro cosido
620	Impermeabilización de superficies de concreto	620.07	Impermeabilización mediante sistemas de membranas con superficie de desgaste de concreto asfáltico
		620.08	Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico
621	Reposición del nivel de rasante de superficie de grava en accesos	621.07	Reposición parcial de superficie de grava
622	Colocación o retiro de sobrecapas de asfalto	622.07	Colocación de sobrecapa de concreto asfáltico
		622.08	Retiro de sobrecapa de concreto asfáltico existente
623	Reparación de elementos de concreto preesforzado	623.07	Reparación de superficie de concreto preesforzado

Como complemento de la aplicación de las actividades y procedimientos mostrados en la Tabla 2, es necesario registrar los datos de costos que ayuden en la planificación de las actividades de intervención por medio de información de gestión denominada unidades de planificación:

- **Unidades de planificación:** Con el objetivo de mejorar la gestión de las actividades de conservación, en la *Sección 9.5 Costos para la planificación de la conservación* del MP-2024 Tomo I se introduce el concepto de costos para planificación. Lo anterior, implica que para cada uno de los procedimientos presentados en la Tabla 2, se encuentra definida una unidad de planificación (ver Tabla 9.7 del Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I) que podrá ser utilizada por la Administración para consolidar la base de datos de costos unitarios de los procedimientos de conservación. Esta base de datos deberá ser utilizada para elaborar los presupuestos de conservación, proyecciones de costos, priorización de actividades y consolidación de proyectos de conservación.

PROGRAMACIÓN POR TIPO DE ACTIVIDAD DE CONSERVACIÓN

En la *Sección 9.3 Tipos de actividades de conservación* del MP-2024 Tomo I se definen los dos tipos de actividades de conservación consideradas costo-efectivas, correspondientes al mantenimiento cíclico y mantenimiento basado en la condición. Según se puede observar en dichas definiciones, una de las diferencias principales radica en el tipo de programación que debe realizarse para la

planificación y ejecución de las distintas actividades. A continuación, se presentan las dos programaciones posibles que se derivan de los tipos de actividades de conservación mencionadas:

- **Programación cíclica:** Se entenderá por programación cíclica a los procedimientos que deben realizarse de manera continua según un intervalo de tiempo o recurrencia máxima que ya se encuentra preestablecida. Es importante mencionar que, para asegurar la costo-efectividad de la conservación, este tipo de programación suele solo ser aplicable a los elementos o componentes que se encuentran en condición Aceptable o mejor (clasificación igual o menor a 2 según el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I; ver además la Tabla 9.1 del MP-2024 Tomo I). Este tipo de programación es congruente con la definición de actividades de mantenimiento cíclico que se presenta en el MP-2024 Tomo I.
- **Programación basada en la condición:** Se entenderá por programación basada en la condición a los procedimientos que se deben de realizar como medida de respuesta ante defectos que son identificados mediante el proceso de inspección de puentes. En el caso de ser una aplicación extensiva se denomina rehabilitación, siempre y cuando no implique mejoras en la capacidad de carga o la capacidad operativa del puente. Es importante mencionar que, para asegurar la costo-efectividad de la conservación, este tipo de programación suele solo ser aplicable a los elementos o componentes que se encuentran en condición Deficiente o mejor (clasificación igual o menor a 4 según el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I; ver además la Tabla 9.1 del MP-2024 Tomo I). Este tipo de programación es congruente con la definición de actividades de mantenimiento basado en la condición y rehabilitación que se presenta en el MP-2024 Tomo I.

En las presentes especificaciones se establece el tipo de programación que debe ser utilizada para cada una de las actividades o procedimientos de conservación. Según se podrá observar en el documento, el tipo de programación puede ser definido para las actividades de conservación o para los procedimientos específicos de una actividad. Por lo tanto, distintos procedimientos dentro de una misma actividad de conservación pueden ser programados de manera distinta. Asimismo, el tipo de programación dependerá del componente o elemento al cual se le realizará la conservación, por lo que un procedimiento puede ser programado de manera cíclica para un componente del puente en específico, mientras que para el resto de componentes deberá ser programado basado en la condición. En las Subsecciones denominadas “Criterio de ejecución”, que se presentan dentro de cada actividad, se establecen los tipos de programación según los aspectos mencionados.

En la Tabla 3 se presenta un listado de los procedimientos de conservación que deben ser programados de manera cíclica. Asimismo, se presenta la recurrencia o el intervalo máximo recomendado en el que deben ser programados dichos procedimientos. Es importante recalcar de nuevo, según se menciona en la *Sección 9.2 Definición e implementación de la conservación* del MP-2024 Tomo I, con el objetivo de asegurar la costo-efectividad de las acciones de mantenimiento cíclico, los procedimientos especificados en la Tabla 3 deberán ser realizados en elementos o componentes que se encuentren en una condición Aceptable o mejor (clasificación de condición de elementos de 2 o menos según el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I; ver además la Tabla 9.1 del MP-2024 Tomo I). A pesar de lo anterior, la Administración puede evaluar la posibilidad de modificar estos intervalos de acuerdo con el presupuesto disponible, las

consecuencias en el cumplimiento de sus objetivos de desempeño y la evaluación del comportamiento de la estructura.

Tabla 3. Listado de procedimientos de programación cíclica e intervalos de recurrencia

Componente [(1)]	**Elemento** [(1)]	**Actividad** [(2)]	**Procedimiento** [(2)]	**Intervalo máximo**
Componentes generales [(3)]	Otros [(3)]	601	601.07	1 año
		605	605.07	4 años
			605.08	4 años
Superestructura **[400]** **[405]**	Tablero **[40001]** Elementos principales **[40501]**	606	606.07	5 años
			606.08	5 años
		607	607.07	5 años
			607.08	5 años
		620	620.07	12 años
Superestructura **[403]** **[406]** **[409]** **[410]** **[411]** **[412]** Subestructura **[500]**	Elementos principales **[40301]** **[40601]** **[40901]** **[41001]** **[41101]** **[41201]** Torres **[50008]**	613	613.07	10 años
			613.08 [(4)]	10 años
Accesorios **[100]**	Juntas de expansión **[10001]**	609	609.08	6 años
			609.09	10 años
	Superficie de desgaste **[10004]**	612	612.08	12 años
Subestructura **[500]**	Apoyos **[50007]**	610	610.07	4 años
			610.08	4 años
			610.09	10 años

Notas:

(1) Ver descripción de códigos de componentes y elementos en Tabla 1.

(2) Ver descripción de actividad y procedimientos según códigos en Tabla 2.

(3) Ver listado de componentes y elementos aplicables en la descripción de alcances en Subsección 601.02 y Subsección 605.02 de las presentes especificaciones.

(4) Procedimiento de conservación debe ser programado de manera cíclica únicamente para elementos que se consideren de alta exposición ambiental, correspondientes a: elementos estructurales de acero dentro de una distancia horizontal de 3 m a partir de las juntas de expansión, elementos de acero adyacentes a la carretera en una distancia medida verticalmente a partir de la calzada de 6 m, y almas y alas inferiores de las vigas que se encuentren a los costados del puente.

Fuente: Adaptado de Bowman y Moran, 2015

GENERALIDADES APLICABLES

En la presente sección se incluye un listado de generalidades que son aplicables para todas las actividades de conservación que se incluyen en estas especificaciones. Será responsabilidad tanto de la Administración como del Contratista, contemplar estas generalidades para la planificación y ejecución de las actividades de conservación incluidas en las presentes especificaciones. Asimismo, deberán contemplarse todos los aspectos indicados en la *Sección 1 Disposiciones para la conservación de carreteras* del MCV-2015.

A. Alcance:

1. Aplicación:

Las presentes especificaciones deberán ser utilizadas únicamente para la planificación, ejecución y control de las intervenciones de conservación en los elementos o componentes de estructuras de puentes existentes. Por lo tanto, las especificaciones, salvo en los casos en los que sea evaluado por la Administración y se justifique técnica y económicamente, no podrán ser utilizadas para acciones de intervención como la rehabilitación mayor o la reconstrucción (sustitución) de puentes. Para el diseño y construcción de obra nueva, deberá utilizarse el *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes_CR-2020* o según se indique en los documentos contractuales del proyecto específico.

2. Diseños:

Antes de iniciar los trabajos de conservación, en el plazo estipulado por la Administración en los documentos contractuales, el Contratista debe presentar los diseños pertinentes de acuerdo con el trabajo a ejecutar (estructural, diseño de mezcla de concreto, diseño de mezcla asfáltica, medidas de contención, plan integral de manejo de residuos, medidas ambientales, controles de calidad, manejo del tránsito, entre otros) que utilizará en el proyecto para la aprobación de la Administración. Asimismo, la aprobación de la Administración no exime al Contratista de su responsabilidad sobre todos los diseños y documentación presentada y su respectiva ejecución.

3. Normas de ensayo de los materiales:

Respecto a la aplicación de normas para ensayos de laboratorios y especificaciones de materiales, debe regir la última versión oficialmente emitida de la misma, salvo que se especifique lo contrario en las disposiciones especiales del proyecto.

4. Manejo del tránsito:

Con respecto al manejo del tránsito durante la ejecución de las actividades de conservación, se deberá cumplir con lo establecido en la normativa vigente. Deberán colocarse las señales informativas correspondientes, así como el diseño de la geometría de la ruta incluyendo las zonas de trabajo.

En el Apartado 5.1.5 del Capítulo 5 del MP-2024 Tomo I se menciona que el objetivo del manejo del tránsito deberá ser el de guiar el tránsito a través del puente de forma que la vía sea segura y eficiente, tanto para los peatones y usuarios de vehículos, como para los trabajadores. Asimismo, para la ejecución de los trabajos en la vía, deberá presentarse previamente la solicitud a la Dirección General de Ingeniería de Tránsito (DGIT), según se establece en el *Manual Técnico de*

Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos en las Vías (MOPT, 2015b), publicado a través del Decreto del Poder Ejecutivo de Costa Rica n.° 38799-MOPT.

El Contratista, a menos que se disponga lo contrario en los documentos del proyecto, deberá mantener controlado el tránsito durante la ejecución de las actividades de conservación. Lo anterior implica que el Contratista debe conservar en estado transitable y con la señalización adecuada, la parte del proyecto que esté siendo utilizada por los usuarios de la vía, de tal manera que cuente con un servicio adecuado. Si no es autorizado por la Administración, no será permitido cerrar un sentido de la vía mientras se efectúan las actividades de conservación en el otro. Cuando así fuese previsto en los documentos de licitación o aprobado por la Administración, el Contratista podrá desviar el tránsito por una ruta alterna autorizada o mediante la construcción de un desvío.

La superficie de todas las vías no pavimentadas, incluyendo los desvíos dentro de la zona de trabajo, debe mantenerse en estado transitable, libre de polvo o de piedras sueltas que podrían causar daños a los vehículos o usuarios de la vía, mayormente en lo que se refiere a la posibilidad de romper los parabrisas.

5. Seguridad vial y señalización temporal:

Como parte del *Punto 4 Manejo del tránsito* presentado anteriormente, debe asegurarse que, la señalización de la vía, durante el plazo del Contrato, debe estar acorde con las provisiones indicadas en el *Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos en las Vías* (MOPT, 2015b) o su versión más vigente, o con las provisiones que se indiquen los Términos de Referencia. El Contratista debe señalizar como lo estipula el Contrato (al inicio, durante y al final del Contrato) las zonas de trabajo para seguridad tanto de los trabajadores como de los usuarios. Lo anterior toma relevancia, y deberá aplicarse y mantenerse, en condiciones nocturnas para garantizar la seguridad de los usuarios.

Al igual que se menciona en el punto anterior acerca del manejo del tránsito, será responsabilidad del Contratista presentar ante la Administración para la aprobación correspondiente. No se podrá iniciar con los trabajos hasta que esta entidad emita la autorización respectiva y se efectúe la señalización indicada en el respectivo plan de control temporal del tránsito.

6. Restricciones sobre la carga:

El Contratista debe cumplir con todas las restricciones sobre las cargas relacionadas con el acarreo de los materiales en las carreteras públicas fuera de los límites del proyecto, tal como está contemplado en la normativa nacional en esta materia. Un permiso especial no eximirá al Contratista de su responsabilidad por los daños que pudiesen resultar por el traslado de material o equipo que incumpla con la normativa en esta materia.

7. Limpieza general final:

Antes de la recepción final del objeto del contrato, el puente, las fuentes de materiales locales y de préstamo, así como toda el área que fueron afectadas por el Contratista durante la obra, deben estar limpias (por parte del Contratista) de toda basura, materiales sobrantes, estructuras provisionales y equipo, dejando todas las partes de la obra en condición aceptable y debidamente drenadas. Adicionalmente, se deberá cumplir con lo que señalado en el Plan de Manejo de

Residuos para esta fase. Este trabajo será considerado como trabajo auxiliar necesario para el debido cumplimiento del Contrato y no debe hacerse ningún pago específico por este concepto.

8. Limpieza área de trabajo:

El Contratista deberá remover diariamente los residuos producidos por la actividad diaria ejecutada, de conformidad con lo indicado en esta especificación. El Contratista debe mantener un área de trabajo limpia durante todo el periodo de trabajo, asegurando un espacio seguro para los trabajadores y los usuarios del puente.

9. Consideraciones de protección del personal y seguridad ocupacional:

La ejecución de las actividades de conservación de puentes implica situaciones de peligro para los trabajadores, por lo que será responsabilidad del Contratista velar por la seguridad de los trabajadores durante la ejecución de trabajos en el puente. Será responsabilidad del Contratista velar por que las personas que laboren en las actividades de conservación se encuentren en un estado completo de bienestar físico y mental. Para el desarrollo de todos los trabajos de conservación descritas en el presente manual, se debe considerar el equipo de protección personal y otros elementos de seguridad ocupacional necesarios y suficientes para el personal, esto de conformidad con la legislación vigente respectiva según corresponda.

En el *Apartado 5.1.1 Buenas prácticas de seguridad ocupacional* del Capítulo 5 del MP-2024 Tomo I, se incluyen algunas de las buenas prácticas de seguridad ocupacional que deberán ser contempladas para la inspección de puentes. Sin embargo, estas buenas prácticas son aplicables y deberán ser consideradas por el Contratista para los encargados de la ejecución de las actividades de conservación. De igual manera, según se indica en el *Apartado 5.1.2 Vestimenta y equipo de protección personal* del Capítulo 5 del MP-2024 Tomo I y de acuerdo con lo indicado en el Código de Trabajo, el Contratista será el responsable de proveer el equipo de protección personal y de garantizar la seguridad en el trabajo a sus colaboradores. El equipo de protección mínimo que deberá ser utilizado por los trabajadores corresponde al siguiente:

a) Casco de seguridad que cumpla con la norma INTE T5:2016 o su versión vigente. El casco debe estar sin fracturas, hundimientos o perforaciones y contar con suspensión mínima de 4 puntos y estructura de soporte entera. Se recomienda que el casco cuente con barbiquejo para sujeción del casco con la barbilla. Asimismo, se debe verificar la fecha de caducidad de los cascos de seguridad para asegurar que todos se encuentren en el periodo vigente de uso.
b) Zapatos de seguridad con suela que produzca tracción, que cumplan con la norma INTE/ISO 20345:2015 o INTE/ISO 20346:2015 o su versión vigente. No se permiten zapatos de protección con cortaduras, rotos o con desgaste importante en la suela que comprometan la seguridad y salud de las personas trabajadoras.
c) Prendas de alta visibilidad retrorreflectivas como overoles, chaquetas, chalecos, camisas, capas, pantalones u otras prendas impermeables, las cuales pueden tener retrorreflectividad en toda la prenda o tener franjas reflectivas y deben cumplir con la norma INTE W67:2018 o su versión vigente.

d) En caso de que el trabajo lo requiera, se debe utilizar protección ocular que cumpla con la norma INTE 5:2016 o su versión vigente.
e) Botiquín de primeros auxilios con suplementos que se encuentren vigentes para su uso.
f) Equipo de radiocomunicación para informar sobre situaciones que se puedan o se están presentando en el sitio. Se debe verificar que el alcance del radio comunicador no sea menor del requerido en campo.

10. Consideraciones socio-ambientales:

La gestión socio-ambiental debe ser la requerida conforme a las leyes, normas y lineamientos vigentes por los órganos de control y fiscalización en materia ambiental, así como las políticas nacionales, regionales e internacionales cuando el proyecto así lo requiera, a las buenas prácticas ambientales y a los requerimientos que la Administración defina en forma específica y oportuna por medio de manuales, códigos u otros.

Para toda actividad de conservación se deberá cumplir con lo establecido en la Ley 7600 de Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad y con lo establecido en la Guía Integrada para la Verificación de la Accesibilidad al Entorno Físico. Asimismo, el Contratista deberá presentar para todas las actividades de conservación de un Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos y Líquidos. Este plan deberá incluir todas las medidas para el manejo adecuado de residuos a lo largo de todo el proyecto.

Para el desarrollo de todos los trabajos asociados a cada una de las actividades de conservación descritas en las presentes especificaciones, y para la elaboración del plan integral de manejo de residuos que deberá ser presentado a la Administración, se deberán considerar todas las medidas requeridas de mitigación, prevención y protección del medio ambiente, de acuerdo con la *Sección 111 Disposiciones ambientales generales*, así como las *Subsecciones 108.10 Protección del ambiente* y *108.11 Protección de bosques, parques y terrenos públicos* del *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes_CR-2020* (denominado de aquí en adelante como CR-2020); son aplicables al trabajo de conservación y al contrato, todas las disposiciones que correspondan con la legislación ambiental vigente y sus reglamentos. De igual forma, se deberán considerar todas aquellas directrices que al respecto la Administración considere pertinente aplicar, de manera tal que se pueda identificar, prevenir, controlar, minimizar y compensar el impacto ambiental de las labores a realizar sobre el ambiente físico, biológico y social.

En los casos en los que los trabajos se realicen en puentes que cruzan sobre un cuerpo de agua, deberán de seguirse todas las consideraciones indicadas en el *Punto a Protección al recurso hídrico* de la *Subsección 111.10 Medidas generales de control, prevención, mitigación, seguimiento y compensación ambiental para la ejecución de la obra* del CR-2020. En general, se prohibirá el lavado de maquinaria en los cuerpos de agua y sus márgenes. De igual manera, deberá garantizarse la inexistencia de eventuales fugas de aceite, combustible o cualquier otro material empleado en la labor de conservación que pueda contaminar el agua.

11. Disposición de material sobrante y desechos (botaderos, escombreras o rellenos sanitarios):

Los sitios para disposición de materiales deberán estar de acuerdo con todo lo establecido en la *Subsección 111.05 Sitios de disposición de materiales: tierra, material vegetal disminuido y escombreras* del CR-2020 y lo descrito a continuación:

- Deberán de seguirse los criterios establecidos para la disposición de tierra y material vegetal disminuido, disposición de escombros (escombreras), otros residuos no valorizables y residuos peligrosos según sea el caso del proyecto a ejecutar. En todos los casos, los sitios seleccionados deben estar indicados en los documentos de licitación, o en su ausencia deben ser aprobados por la Administración antes de que estos lleguen a ser utilizados. Estos sitios deben ser seleccionados cuidadosamente, evitando zonas inestables, áreas de importancia ambiental como humedales, pantanos o áreas de alta productividad agrícola.
- En general, los sitios preestablecidos deberán ser aquellos que no alteren el drenaje natural, ensucien o contaminen las aguas superficiales o afecten en alguna medida los cultivos en los terrenos aledaños. Igualmente, los botaderos o acumulaciones de material sobrante no deben alterar el contorno estético del área.
- Debe evitarse y prohibirse que se den acumulaciones de desechos de maquinaria a lo largo del derecho de vía o en lugares no autorizados. El manejo del drenaje es de gran importancia en el botadero, para evitar su posterior erosión, por lo cual, si se hace necesario, se colocarán filtros de desagüe que permitan el paso del agua.
- Cuando se rellenan laderas o depresiones, debe conformarse el relleno en forma de terrazas y colocar un muro de contención apropiado, previamente aprobado por la Administración. Las laderas de los rellenos deben ser estabilizadas para evitar la erosión, deslizamientos y generación de sedimentos que contaminen las aguas superficiales cercanas, con el propósito de prevenir desastres posteriores.
- En el caso del uso de rellenos sanitarios y de escombreras se deberá incluir el requerimiento de contar con las autorizaciones necesarias establecidas por la legislación vigente, incluyendo Municipalidades en caso de rellenos sanitarios, propietarios privados e inclusive la Viabilidad Ambiental otorgada por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA).

12. <u>Sitios de préstamo:</u>

Los sitios de préstamo para explotación de materiales deberán estar de acuerdo con todo lo establecido en la *Subsección 111.04 Explotación de sitios de préstamo* del CR-2020 y lo descrito a continuación:

- La responsabilidad de la búsqueda, ubicación, explotación y retiro de los sitios de préstamos como fuente de materiales para la conservación, en caso de ser necesario, será de entera y total responsabilidad del Contratista. Para ello, deberán seleccionarse fuentes de materiales que cuenten con los permisos establecidos por la ley vigentes. Estos sitios deberán ser presentados a la Administración para su aprobación previo al inicio de los trabajos de conservación.
- Será responsabilidad del Contratista comprobar la calidad de sus fuentes de materiales.
- El Contratista deberá garantizar que todas las vagonetas o equipo utilizado para el acarreo del material al sitio cuenten con dispositivos para evitar la pérdida y contaminación del

material durante el acarreo (por ejemplo, el toldo cobertor en vagonetas), afectando la calidad ambiental de los distintos sitios del recorrido, o provocando daños a otros vehículos circundantes incluyendo accidentes de tránsito.

- Deberán seguirse las indicaciones particulares según sea el tipo de préstamo para fuentes de materiales en cauces naturales de agua, cortes en caminos, áreas de préstamo, entre otros. Es importante que, en los sitios de extracción o préstamo de material a lo largo de los cauces de los ríos, no se debe alterar el borde base ni la pendiente del cauce, y deben evitarse las acumulaciones de material para que no alteren el alineamiento del cauce principal. Adicionalmente, en los sitios de extracción de material o cantera, no se dejarán cortes perpendiculares, ni se debe permitir la existencia de depresiones en lugares donde se acumule agua. En lo posible, en los sitios de cantera debe nivelarse la topografía para que se adecúe a los terrenos aledaños. Cuando sean explotaciones nuevas, el material de destape debe acopiarse para luego ser tendido sobre el sitio de explotación, al finalizar su uso.

13. Planta asfáltica y transporte de asfalto:

Deberá estar en concordancia con lo establecido en la normativa vigente. Previo a la operación de la planta asfáltica, será requisito que cuente con la Viabilidad Ambiental otorgada por la SETENA.

14. Responsabilidad del Contratista:

Todos los procedimientos ejecutados como parte de los proyectos de conservación, deben incluir la ejecución de los controles de calidad durante todo el proceso de construcción, el suministro de materiales, herramientas y equipo, la mano de obra y las operaciones necesarias para la adecuada ejecución del procedimiento previamente aprobado por la Administración.

B. Control de calidad por parte del contratista:

15. Suministro y requisitos sobre la calidad:

Deberá estar en concordancia con lo establecido en la normativa vigente. Excepto cuando se disponga lo contrario, todos los materiales empleados en la obra serán suministrados por el Contratista de conformidad con los requisitos sobre calidad señalados en las especificaciones como en el Contrato. Con el fin de acelerar la inspección de ensayos en los materiales, debe notificar al representante de la Administración cuáles serán las fuentes de materiales que propone utilizar, para que éstos puedan ser aprobados en el lugar de origen respectivo. Será responsabilidad del Contratista implementar medidas apropiadas para el control y aseguramiento de la calidad que deberán ser revisadas por la Administración.

16. Muestras, ensayos, especificaciones citadas:

Deberá estar en concordancia con lo establecido en normativa vigente. Serán inspeccionados todos los materiales para los cuales estén especificadas pruebas, y su aceptabilidad será comprobada por el representante de la Administración. Los costos en que se incurra para la realización de los ensayos, serán cubiertos por el Contratista y deberán ser considerados en su oferta.

A menos que se indique lo contrario, cuando se haga referencia a las especificaciones, normas o métodos de ensayo adoptados por una asociación técnica reconocida tal como el American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO), American Society for Testing

and Materials (ASTM) o Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), se aplicarán las que se encuentren vigentes en la fecha de la invitación de licitación

17. Fuentes de materiales locales:

El Contratista determinará la cantidad de equipo y trabajo necesario para producir un material que satisfaga las especificaciones. Asimismo, este será responsable de la calidad y cantidad del material aceptable que pueda ser producido.

18. Materiales inaceptables:

Todos los materiales que no cumplan con los requisitos de las especificaciones, de acuerdo con los ensayos realizados, serán considerados como inaceptables, siendo rechazados y retirados inmediatamente del lugar de la obra por cuenta del Contratista.

C. Aceptación de trabajo de conservación realizado:

19. Aceptación de los trabajos:

La Administración aceptará los trabajos cuando compruebe que se ha realizado a satisfacción el cumplimiento de todas las especificaciones mencionadas en los distintos procedimientos, la atención adecuada de las recomendaciones ambientales correspondientes, el adecuado desarrollo de los procedimientos de conservación y el cumplimiento de la calidad de los materiales suministrados, así como el suministro de equipo y herramientas con buen estado y desempeño, utilizados para el desarrollo de todas las actividades asociadas al procedimiento específico y demás requisitos estipulados en el Contrato.

Además, para la aceptación de los materiales y los procedimientos de conservación, en lo que razone pertinente la Administración, de acuerdo con los mecanismos que establece el Contrato para el control de la calidad y ejecución de las obras, de conformidad con la intervención técnica seleccionada, se deberá considerar lo indicado al respecto en las distintas secciones de las presentes especificaciones y las referencias a secciones del CR-2020 o documentos externos.

En general, para la aceptación del trabajo, previo a la realización del pago por el mismo, deberá seguirse lo indicado en la *Sección 107 Aceptación del Trabajo* del CR-2020. Lo anterior, incluye, según determine la Administración, cualquiera de los cuatro métodos de aceptación que se establecen en la *Subsección 107.02 Inspección visual*, *Subsección 107.03 Certificación*, *Subsección 107.04 Conformidad determinada o ensayada* y *Subsección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo)* del CR-2020.

Para todos los materiales manufacturados fuera del retiro del proyecto, deben usarse fabricantes certificados bajo normas de calidad acordes con la legislación vigente, o que resulten aptos en un procedimiento de inspección y ensayos efectivos, a criterio de la Administración. Asimismo, según se indica, todo material aceptado mediante certificación puede ser muestreado y ensayado en cualquier momento, pudiendo requerirse la certificación del producto y la declaración de conformidad del proveedor. Por lo general, los materiales que requieren de certificación o de ensayos en sitio para comprobación de la calidad corresponden a pilotes, acero estructural, acero de refuerzo, torones y accesorios de presfuerzo de concreto, láminas de acero estructural corrugado, apoyos, geotextiles, gaviones, cemento hidráulico, productos manufacturados de

concreto, cementos y emulsiones asfálticas, pinturas, materiales para señalamiento vial vertical, sistemas de contención vehicular, aditivos químicos, entre otros materiales que determine la Administración. Lo anterior, conforme a lo indicado en la *Subsección 107.03 Certificación* del CR-2020.

D. Disposiciones complementarias:

20. Procedimientos de ejecución:

En general, para la ejecución de todas las actividades se deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en el CR-2020.

Salvo que la Administración lo especifique de otra manera en el pliego de condiciones o durante la ejecución de las obras, el procedimiento de ejecución de la actividad de conservación se realizará siguiendo como mínimo lo especificado en la sección correspondiente de las presentes especificaciones; no obstante, será la Administración la que establezca el tipo de intervención propuesta que se aplicará en el proyecto. Para cualquier caso, la solución técnica recomendada se basará en los respectivos estudios y diseños técnico-económicos suficientes y pertinentes, ejecutados por personal competente, mismos que deberán formar parte del Expediente Técnico de control de obra, que se debe llevar durante el desarrollo del proyecto.

21. Acciones preliminares del proceso de ejecución:

En todos los procedimientos de ejecución que se incluyen en las presentes especificaciones, deberán de realizarse como mínimo cada una de las actividades preliminares descritas a continuación:

- Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad, para lo cual se debe hacer uso del *Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal del Tránsito*, de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito del MOPT, en su versión vigente. Lo anterior según el *Punto 5 Seguridad vial y señalización temporal* del *Alcance* explicado en la presente sección.
- El personal debe contar con los uniformes, equipo de protección personal y otros elementos de seguridad ocupacional en concordancia con las normas nacionales establecidas al respecto y conforme con lo indicado en la *Subsección 108.08 Sanidad, salud y seguridad* del CR-2020 y con lo establecido en el *Punto 9 Consideraciones de protección del personal y seguridad ocupacional* del *Alcance* explicado en la presente sección.
- Asegurar el control adecuado del tránsito, cuando sea necesario.
- Distribuir los trabajadores con base en la programación de esta actividad y las características de las obras a intervenir.
- Tomar algunas fotografías referenciadas, con indicación de ruta, sección de control y estacionamiento, que permitan evidenciar el trabajo realizado.

22. Acciones finales del proceso de ejecución

Como parte de las acciones finales de todos los procedimientos de ejecución de cada una de las actividades, debe considerarse:

a. Asegurarse de cumplir con la limpieza general del sitio de acuerdo con lo establecido en el *Punto 7 Limpieza general final* del *Alcance* explicado en la presente sección.

b. Retirar todas las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados o según el procedimiento de retiro establecido de acuerdo con el *Punto 4 Manejo del tránsito* y el *Punto 5 Seguridad vial y señalización temporal* del *Alcance* de la presente sección.

c. Tomar algunas fotografías referenciadas con indicación de ruta, sección de control y estacionamiento, que permitan evidenciar el trabajo realizado.

23. Daños a terceros o a la Administración

Las labores involucradas en la ejecución de las actividades de conservación descritas en las presentes especificaciones se deben hacer sin causar daño a otras obras existentes, a terceros o a la Administración. De producirse algún daño, su reparación será por cuenta del Contratista y de conformidad con lo establecido en el Contrato, la legislación concerniente, la *Subsección 104.11 Equipo y maquinaria* y la *Sección 108 Relaciones legales y responsabilidad respecto del público* del CR-2020.

24. Pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con los listados de renglones de pago presentes en cada sección. El pago será la compensación completa por el trabajo indicado en esta sección, ejecutado satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptado por parte de la Administración. Incluye todos los recursos involucrados para su ejecución: maquinaria, equipo y personal necesarios, acarreo y colocación de material al depósito de excedentes, así como la señalización preventiva de protección de obra y cualquier otra actividad necesaria para la adecuada y correcta realización de las actividades contempladas en esta sección. Lo anterior, con excepción de aquellos casos para los cuales algunos de esos recursos se paguen de forma separada, indicados así en el Contrato o en estas especificaciones. No se reconocerá pago adicional por concepto de corrección de defectos imputables al Contratista, obra rechazada y corregida.

25. Acciones de conservación en elementos de seguridad vial del puente

Los elementos de señalización y seguridad vial del puente no se encuentran atendidos mediante acciones de conservación de estas nuevas *Especificaciones Generales para el Mantenimiento de Puentes_CP-2024*. Las deficiencias identificadas a través de las inspecciones de puentes en relación con elementos de la seguridad vial, como lo son deficiencias en la demarcación, señalización e iluminación, deben ser atendidos a través del *Capítulo 7 Conservación de Componentes de Seguridad Vial* del MCV-2015. Asimismo, todos los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 633 Señalización vial vertical permanente, Sección 634 Demarcación vial horizontal* y la *Sección 718 Materiales para el señalamiento y demarcación* del CR-2020 y con el *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito* (Secretaría de Integración Económica Centroamericana [SIECA], 2014) en su versión vigente.

E. Puentes o elementos del puente con requerimientos especiales de conservación:

26. Especificaciones para elementos o puentes especiales

En el presente documento se incluyen las especificaciones generales de conservación aplicables a los elementos o dispositivos comúnmente encontrados en los puentes de Costa Rica. Sin embargo; en los casos en los que el puente tenga materiales o elementos específicos que necesiten disponer de requerimientos especiales de conservación, como el caso en el que se coloquen dispositivos de aislamiento sísmico, disipadores de energía, o fibras de carbono como parte de una rehabilitación menor o mayor, por citar tres ejemplos, deberá ser responsabilidad del Contratista entregar el plan de conservación del puente, material especial o dispositivo específico, el cual deberá incluir las respectivas especificaciones de conservación.

En los casos en los que las especificaciones de conservación sean brindadas por el fabricante, será responsabilidad del Contratista incluirlas en el respectivo plan. Adicionalmente, las especificaciones deberán establecer los intervalos para la ejecución de las necesidades de conservación. Finalmente, el plan de conservación deberá ser utilizado por la Administración para la contratación de la conservación y deberá de ser parte de la información que se encuentra en el archivo del puente según se indica en la *Sección 2.4 Base de datos de un SGP* del MP-2024 Tomo I. Las especificaciones para elementos o puentes especiales del plan de conservación incluidas en el archivo del puente, independientemente de su origen, deberán siempre ser traducidas al español.

SECCIÓN 601: LIMPIEZA GENERAL DE PUENTES

601.01 Objetivo

Mantener los puentes libres de basura, maleza, vegetación, materiales extraños y colonias de animales, tales como insectos, roedores, murciélagos, aves, moluscos, entre otros que puedan acelerar el deterioro, así como afectar la seguridad y comodidad de los usuarios. Asimismo, se busca mantener los drenajes y juntas de expansión libres de obstrucción y la señalización oficial de la vía limpia y libre de contaminación visual.

601.02 Alcance

Esta actividad consiste en la limpieza total (extracción y remoción), recolección y acarreo a botaderos previamente aprobados por la Administración, de todo material extraño que se encuentre a nivel de la losa y tablero. La actividad también contempla la limpieza completa de elementos del puente por encima de la losa o tablero, aunque estos sobresalgan del área superior proyectada por la losa o tablero (por ejemplo, cara externa de sistemas de contención vehicular). Asimismo, incluye la limpieza y la extracción de todos los materiales que se encuentran obstruyendo las juntas de expansión o drenajes del puente y que impidan su correcto funcionamiento.

La actividad de limpieza general de puentes puede realizarse por medios manuales o mecánicos en puentes de concreto, acero o madera y debe ser ejecutada en los siguientes componentes: Accesorios [100], Accesos [200], Seguridad vial [300], Superestructura (Tablero) [400] y Superestructura (Losa de concreto reforzado – presforzado - madera) [405]. Otros elementos de la superestructura distintos a la losa o tablero, y elementos de la subestructura no se encuentran incluidos ya que su limpieza debe realizarse mediante lo indicado en la *Subsección 605 Limpieza de superficies de puentes de concreto o acero con agua a presión*, o en el caso de apoyos, mediante la *Subsección 610.07 Limpieza de apoyos* de las presentes especificaciones.

La actividad de conservación *601 Limpieza general de puentes* se conforma de un único procedimiento el cual se muestra a continuación:

- 601.07 Limpieza de puentes a nivel de losa o tablero

601.03 Criterio de ejecución

La actividad *601 Limpieza general de puentes* debe ser programado de manera cíclica en un intervalo máximo de un año. Preferiblemente, esta actividad deberá ser llevada a cabo al final de la época seca para verificar que los drenajes se encuentren libres de obstrucciones para el inicio de la época lluviosa.

Debe monitorearse con especial atención la losa, drenajes y juntas de expansión en puentes ubicados en zonas rurales que presenten superficies de ruedo de lastre, ya que dichos elementos tienden a acumular una mayor cantidad de material suelto que pueda perjudicar su adecuado

funcionamiento y por ende afectar la seguridad de los usuarios del puente. Para estos casos y los que la Administración considere necesarios, se puede modificar el intervalo de la ejecución del procedimiento de *Limpieza de puentes a nivel de losa o tablero*.

En la Figura 01-01 se muestra la necesidad de remover la vegetación del borde y realizar una limpieza general de la losa del paso a desnivel La Galera en la Ruta Nacional n.° 2.



Figura 01-01. Necesidad de limpieza en tablero de paso a desnivel La Galera en la Ruta Nacional n.° 2
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2017

601.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 01-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 01-01. Materiales posibles para ejecución de actividad de 601

Material	Apartado del CR-2020
Agua	725.01
Detergente industrial	-

Tabla 01-01. Materiales posibles para ejecución de actividad de 601

Material	Apartado del CR-2020
Disolvente	-

601.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: cepillos, escobillas metálicas, escobas, escalera, palas, machetes, carretillas, sogas, bomba de lavado a presión, compresora de aire, tanqueta, una cámara fotográfica y cualquier otro equipo o herramienta especificado por la Administración.

601.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en el CR-2020. Asimismo, el proceso a seguir dependerá de la solución técnica aprobada por la Administración, no obstante, el procedimiento podría ser el descrito en la Subsección 601.07 de las presentes especificaciones.

601.07 Procedimiento: Limpieza de puentes a nivel de losa o tablero

El procedimiento de *limpieza de puentes a nivel de losa o tablero* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Barrer y cepillar todos los materiales sueltos que se encuentren en las barandas peatonales, barreras vehiculares, aceras y pasarelas peatonales hacia la losa del puente. Es posible utilizar equipos mecánicos de limpieza en casos en donde el equipo esté disponible.

2. Barrer y recoger todo el material suelto que fue depositado en la calzada del puente, ya sea en la superficie de ruedo o directamente sobre el tablero. En este proceso, no debe depositarse material en las juntas de expansión o drenajes. Adicionalmente, se debe minimizar la descarga de material suelto o vegetación al cuerpo de agua.

3. Remover todo el polvo y material proveniente de los pasos 1 y 2 anteriores.

4. Usando aire a presión o cuando sea necesario agua a presión, se deben limpiar los drenajes hasta asegurarse que el agua fluya de la superficie de la losa hasta el depósito sin ninguna restricción. Para ello, se deben levantar las rejillas de las tomas de agua ubicadas a lo largo del puente y verificar que no haya obstrucciones en la tubería.

5. Usando aire a presión o cuando sea necesario agua a presión, se deben limpiar las juntas de expansión hasta asegurar que el elemento se encuentra libre de obstrucciones que restrinjan su movimiento. Se debe tener atención especial en espacios donde se genera una fácil acumulación de sedimentos como lo son los espacios en juntas abiertas, espacios entre juntas de placas de acero deslizante y espacios entre juntas de placas dentadas. Se

debe evitar dañar componentes de las juntas de expansión como los sellos vertibles o sellos de compresión de neopreno durante la limpieza.

6. En el caso que sea necesario eliminar la vegetación y hacer control de vegetación en el entorno de la obra, ésta se hará y pagará según la *Sección 102 Manejo de la vegetación menor en la zona del derecho de vía* y la *Sección 103 Manejo de la vegetación menor en la zona del derecho de vía* del manual MCV-2015.

7. Eliminar las colonias de animales (insectos, roedores, murciélagos, moluscos y aves) que con sus excrementos puedan afectar la estructura o que su presencia pueda afectar la seguridad y la comodidad de los usuarios. En caso, de existir nidos de aves con huevos o polluelos, se debe activar el Protocolo de Protección, Rescate y Relocalización o la medida ambiental correspondiente que la Administración razone pertinente aplicar, de manera que se proteja la fauna.

8. Los elementos y materiales reunidos se deben extraer y transportar a sitios autorizados por la Administración.

9. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

601.08 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección será, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Limpieza de puentes a nivel de losa o tablero: horas (h).
2. Limpieza de puentes a nivel de losa o tablero: metros cuadrados (m^2). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo de limpieza de acuerdo con el área intervenida incluyendo el tablero o losa (contemplando las aceras en caso de estar disponibles) y los accesos del puente de acuerdo con lo especificado en la presente sección. En esta medición deberá incluirse tanto la limpieza de losa o tablero, drenajes, juntas de expansión y la limpieza completa de elementos del puente por encima de la losa o tablero, aunque estos sobresalgan del área proyectada de la losa o tablero (por ejemplo, cara externa de sistemas de contención vehicular).

601.09 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 01-02.

Tabla 01-02. Renglones de pago para limpieza general de puentes

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.601.01	*Limpieza de puentes a nivel de losa o tablero*	h
MP.601.02	*Limpieza de puentes a nivel de losa o tablero*	m^2

SECCIÓN 602: LIMPIEZA DE CAUCES EN PUENTES

602.01 Objetivo

Recuperar y mantener el área hidráulica del puente, para posibilitar el escurrimiento libre y adecuado del flujo de agua entre los componentes de la subestructura, para así evitar el deterioro y riesgos de estabilidad al puente.

602.02 Alcance

Esta actividad abarca la limpieza total (extracción y remoción), recolección y acarreo a botaderos, de los materiales provenientes del cauce que obstaculicen el flujo libre del agua por debajo del puente. La limpieza total debe consistir en retirar, mediante equipo o trabajo manual, troncos, ramas, basuras, arenas, rocas, suelo o cualquier tipo de material extraño que se haya depositado en la zona adyacente a las pilas y bastiones del puente disminuyendo la capacidad hidráulica y que en caso de crecientes inesperadas pueden ocasionar daños graves a estos elementos poniendo en riesgo la estabilidad del puente.

La limpieza total debe realizarse en la longitud que resulte menor entre la longitud de tres veces la distancia medida entre los bastiones del puente hacia aguas arriba y de una y media veces en el lado de aguas abajo del puente o una distancia de 30 m medida hacia ambos lados del puente. En el caso de que la Administración lo considere necesario, con el sustento técnico, puede realizar modificaciones a las longitudes que debe abarcar la limpieza, siendo estas mayores o menores según sea requerido.

Es necesario que la Administración determine la capacidad hidráulica original del cauce, para que al realizar la limpieza no se retire más material del necesario, debido a que esto puede provocar una alteración de la dinámica natural del cauce en el sitio intervenido. Se debe considerar en todo momento la protección y el buen funcionamiento de los elementos de la subestructura del puente. Asimismo, todas las labores descritas para esta actividad de conservación deben ser realizadas respetando las Disposiciones Ambientales vigentes en el país, tomando todas las medidas necesarias para evitar daños ecológicos.

La actividad de conservación *602 Limpieza de Cauces en Puentes* se conforma de un procedimiento único el cual se muestra a continuación:

- 602.07 Limpieza de cauces en puentes

602.03 Criterio de ejecución

La actividad *602 Limpieza de cauces en puentes* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un problema identificado durante las *Inspecciones rutinarias* del puente. Se ejecutará esta actividad lo más pronto posible a partir de la observación del daño, ya que de no atenderse de manera oportuna podría derivar en problemas mayores como socavación o inclusive el colapso del puente. Posterior a que se presenten casos de emergencia, asociados a eventos naturales extremos, es necesario realizar una inspección de emergencia del cauce para evaluar la necesidad inmediata de realizar el procedimiento de la presente sección.

En la Figura 02-01 se muestra la necesidad de realizar una remoción de los escombros acumulados en la pila del puente sobre el río Blanco en la Ruta Nacional n.° 32.

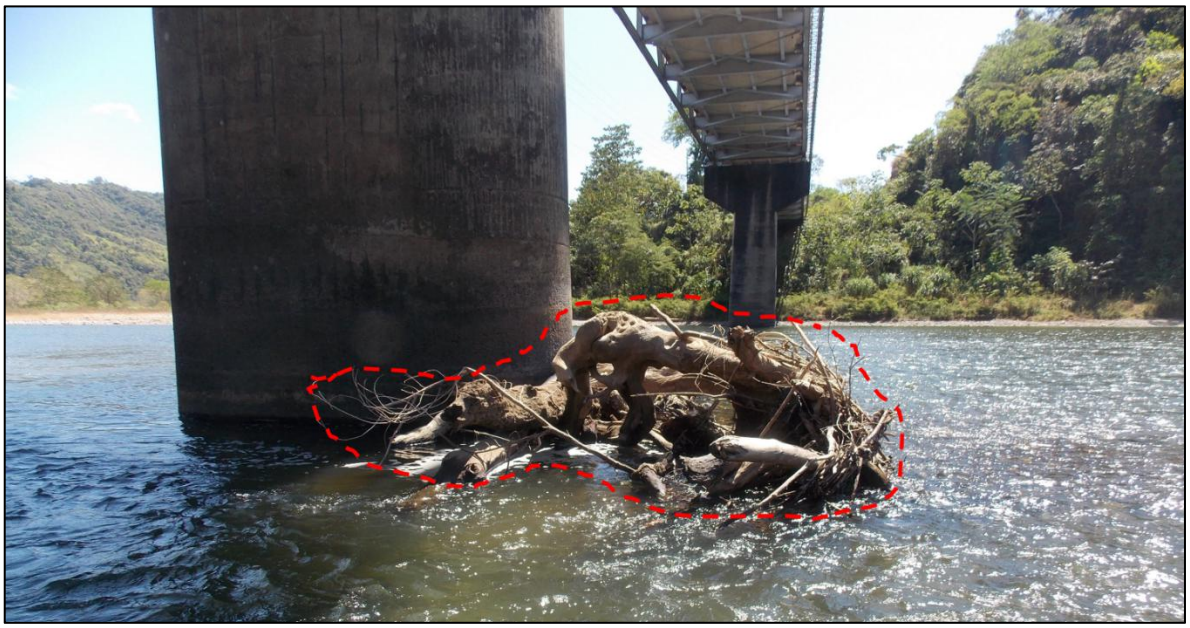


Figura 02-01. Necesidad de remoción de escombros en pila del puente sobre el río Blanco en la Ruta Nacional n.° 32
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2017

602.04 Materiales

Para la ejecución de esta actividad de conservación no se requiere el suministro de materiales específicos, a menos que se indique diferente por parte de la Administración.

602.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: cargadores, retroexcavadoras, camiones o vagonetas, sierra, cortadoras, volquete, picos, palas, machetes, carretillas, soga, una cámara fotográfica y cualquier otro equipo o herramienta especificado por la Administración.

602.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en el CR-2020. Asimismo, el proceso a seguir dependerá de la solución técnica aprobada por la Administración, caso contrario, el procedimiento deberá ser el descrito en la Subsección 602.07 de las presentes especificaciones.

602.07 Procedimiento: Limpieza de cauces en puentes

El procedimiento de *limpieza de cauces en puentes* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las siguientes operaciones que se mencionan a continuación:

1. Esta labor se debe realizar respetando las Disposiciones Ambientales vigentes en el país, tomando todas las medidas necesarias para evitar daños ecológicos. En caso de ser necesario, deberán tramitarse los permisos ambientales respectivos para los trabajos a realizarse en el cauce del cuerpo de agua.

2. Inspeccionar en detalle el cauce aguas arriba y aguas abajo, con el fin de observar e identificar los obstáculos al flujo natural de la corriente de agua.

3. Se deben retirar, mediante medios manuales o mecánicos, los troncos, ramas, basuras, material de sedimentos y demás obstáculos, que obstruyen el libre flujo de agua en la entrada y salida del puente, y que puedan ocasionar socavación en las pilas o en los bastiones de la estructura.

4. De igual forma se deben limpiar los elementos como pilas, bastiones, rellenos de aproximación y otros elementos que estén en contacto con el cauce del río.

5. Los elementos y materiales reunidos se deben extraer y transportar, en un plazo no mayor a 24 horas luego de su extracción, a sitios autorizados por la Administración y donde no constituyan peligro para el cauce limpiado ni ocasionen problemas socio-ambientales.

6. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

602.08 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección será, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Limpieza de cauces en puentes: suma global, la cual comprenderá la realización de la actividad según el procedimiento descrito en la distancia que resulte menor entre la longitud de tres veces la distancia medida entre los bastiones del puente hacia aguas arriba y de una y media veces en el lado de aguas abajo del puente o una distancia de 30 m aguas arriba y aguas abajo del puente o la indicada por la Administración.
2. Limpieza de cauces en puentes: metros cúbicos (m^3). El responsable de la Administración, en caso de que lo considere necesario, podrá evaluar y medir el trabajo de limpieza de acuerdo con los metros cúbicos de material removido medidos en la vagoneta utilizada para el acarreo del material al sitio de depósito. En estos casos, las vagonetas que serán utilizadas deberán ser previamente cubicadas por la Administración.
3. Maquinaria de limpieza de cauce: horas (h). El responsable de la Administración, en caso de que lo considere necesario, podrá evaluar y medir el trabajo de limpieza de acuerdo con las horas de la maquinaria (cargadores, retroexcavadores, de acuerdo con la maquinaria utilizada) invertidas para la limpieza del cauce. El control de horas será llevado a cabo por la Administración y respaldado por el registro de horas de los equipos (horímetros).

602.09 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 02-01.

Tabla 02-01. Renglones de pago para limpieza de cauces en puentes

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.602.01	*Limpieza de cauce en puentes*	Suma global
MP.603.02	*Limpieza de cauce en puentes*	m^3
MP.603.03	*Equipo de limpieza (maquinaría amarilla)*	h

SECCIÓN 603: REPARACIÓN PARCIAL O TOTAL DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR Y BARANDAS O BARRERAS PEATONALES

603.01 Objetivo

Ejecutar los trabajos necesarios para la reparación parcial o reposición total de los sistemas de contención vehicular, transiciones entre sistemas y barandas o barreras peatonales, ya sean en concreto, acero, aluminio o madera, que hayan sido dañados por efectos abióticos (atmosféricos, mecánicos o químicos) o bióticos (por hongos, pudrición e insectos); por colisión, de vehículos u otras circunstancias, de manera tal que se garantice la seguridad a los usuarios y se pueda conservar su funcionalidad como elemento de seguridad del puente y de sus accesos.

603.02 Alcance

Esta actividad consiste en la demolición, remoción y reposición de sistemas de contención vehicular, barandas o barreras peatonales, que presenten deterioros o daños, tanto estructurales como no estructurales, que impidan su funcionamiento adecuado como elemento de seguridad del puente y de sus accesos. Lo anterior, incluye las transiciones que son las encargadas de generar la conectividad entre el sistema de contención del puente y el utilizado en los accesos del mismo. Asimismo, se incluye el acarreo de todo el material removido al sitio debidamente aprobado por la Administración. La actividad debe realizarse en los sistemas de contención, transiciones entre sistemas y barandas o barreras peatonales en concreto, acero, aluminio o madera.

La reposición total del sistema de contención debido a que, por su capacidad, funcionalidad, geometría o altura, no cumple con los requerimientos de contención según las especificaciones de diseño vigentes, no debe ser considerado dentro de este procedimiento. Lo anterior, ya que no se considera una actividad de mantenimiento sino de rehabilitación, y requiere consideraciones de diseño y construcción adicionales de las que se presentan en este procedimiento. Para las consideraciones de diseño que correspondan se debe consultar las especificaciones "*AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*" (AASHTO, 2020)

Los casos de los sistemas de contención vehicular, transiciones entre sistemas o barreras peatonales en acero que presenten problemas asociados únicamente a daños en la superficiales o de pérdida total de recubrimiento (sin llegar a un deterioro más profundo que afecte la integridad del elemento), que de no atenderse inmediatamente puede generar el inicio del proceso de corrosión, debe aplicarse la actividad de conservación de la *Sección 613 Preparación y protección de superficies y elementos de puentes* de las presentes especificaciones y no el procedimiento de la presente sección.

Los casos de los sistemas de contención o barandas peatonales en concreto que presenten problemas de agrietamiento, deberán ser atendidos mediante la actividad de conservación de la *Sección 606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto* de las presentes especificaciones y no mediante los procedimientos de la presente sección.

La actividad de conservación de la *Sección 603 Reparación parcial o total de sistemas de contención vehicular y barandas o barreras peatonales de las presentes especificaciones* se puede separar según el tipo de reparación requerida por cada uno de los tipos de barreras en los siguientes procedimientos:

- 603.07: Sustitución o reposición de piezas faltantes o con daños estructurales en concreto
- 603.08: Reparación de piezas con deterioros no estructurales en concreto
- 603.09: Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en acero
- 603.10: Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en acero
- 603.11: Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en madera
- 603.12: Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en madera
- 603.13: Sustitución o reposición de piezas de sujeción en aluminio
- 603.14: Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en aluminio

603.03 Criterio de ejecución

La actividad *603 Reparación parcial o total de sistemas de contención vehicular y barandas o barreras peatonales* debe ser programada basada en la condición como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado. En el caso de identificación de daños o defectos en los sistemas de contención vehicular, deberá de programarse la ejecución de la presente actividad, según el procedimiento que sea aplicable, cumpliendo con lo siguiente:

a. En los casos en los que los daños del sistema de contención vehicular afecten únicamente la durabilidad, pero no la funcionalidad del sistema, deberá de programarse la ejecución de esta actividad lo más pronto posible de acuerdo con los procesos establecidos de gestión de la conservación de puentes.
b. En los casos en los que el sistema de contención vehicular del puente se encuentre colisionado o dañado en un grado tal que pierda su funcionalidad y que puedan más bien incrementar las lesiones ante una colisión, la ejecución de la presente actividad deberá realizarse en un periodo no mayor a 30 días naturales después de haberse identificado el daño en el sistema, pudiendo este tiempo ser menor cuando se identifique que el daño podría afectar directamente a los usuarios del puente, cuando el sistema de contención vehicular invade parte de la calzada, cuando existe riesgo de caída del sistema de contención vehicular sobre otra ruta vehicular o cuando exista riesgo de caída de un vehículo a un cauce, por citar algunos ejemplos.
c. En el caso de los sistemas de contención vehicular de los accesos, cuando estos presenten daños que afecten su funcionalidad, según se explicó en el punto anterior, el periodo para ejecución de la presente actividad no deberá ser mayor a 7 días naturales después de haberse identificado el daño en el sistema.

Los procedimientos de esta actividad de conservación deberán de realizarse preferiblemente durante la época seca, a menos que se trate de acometer una solución de emergencia (Punto b y Punto c presentados anteriormente). La determinación del nivel de deterioro y el tipo de

intervención, será según la metodología de evaluación que determine la Administración, sin embargo, como referencia, pero sin limitarse a ello, se deben considerar los siguientes aspectos para justificar las intervenciones que se proponen en esta sección:

- Sistema de contención vehicular o barrera de concreto hidráulico:
    - Procesos de construcción deficientes: Se evidencia por la presencia de vacíos (hormigueros) y aceros expuestos.
    - Deficiencias en la durabilidad del concreto: Producido por carbonatación o un pH bajo, lo que causa que no se pueda proteger el acero de forma adecuada.
    - Desportillamiento: Desintegración de los bordes.
    - Desprendimiento o fracturamiento: Pérdida de material de concreto en bloques.
    - Impacto de vehículos sobre el sistema de contención o la barrera: Se puede observar la fractura, falla o deterioro que se produjo en la estructura, incluyendo pérdida total del elemento.
    - Faltante: Se observan elementos faltantes dentro del sistema de contención que deben ser repuestos para asegurar su funcionamiento adecuado.

En la Figura 03-01 se observa la necesidad de una reparación temporal del sistema de contención vehicular de concreto debido a una falla parcial de uno de sus tramos en el puente sobre el Río Segundo en la Ruta Nacional n.° 124. Deberá evaluarse si el nivel de contención y tipo de sistema es adecuado o si debería de sustituirse todo el sistema de contención o barrera mediante rehabilitación.

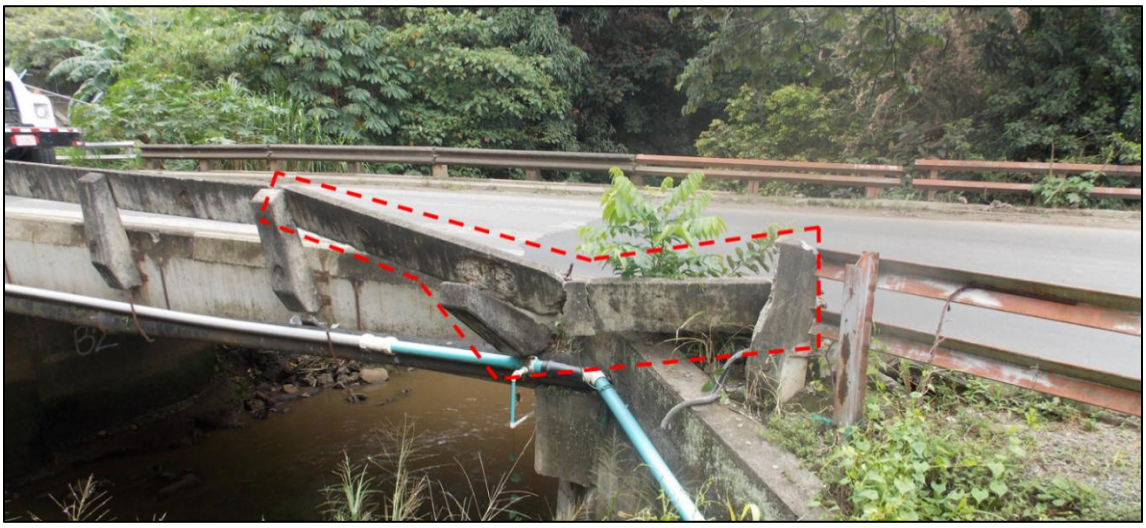


Figura 03-01. Falla parcial en sistema de contención vehicular de concreto del puente sobre el río Segundo en la Ruta Nacional n.° 124
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2016

- Sistema de contención vehicular o baranda peatonal de acero, aleaciones o aluminio:

    - Ausencia o mal estado de las conexiones: Por pérdida de pernos, arandelas, platina, entre otros, o bien, presencia de corrosión, fisuras, excentricidad, falla por tensión, aplastamiento o por cortante de la platina, falla por desgarramiento o corte del conector, rotura de la soldadura u otros daños que pueden afectar el buen funcionamiento de la conexión.

    - Corrosión leve: Situación en la que no se ha presentado pérdida de la sección transversal del elemento y puede solucionarse con la aplicación de protección. En estos casos debe aplicarse alguno de los procedimientos establecidos en la *Sección 613 Preparación y protección de superficies de puentes* de las presentes especificaciones.

    - Corrosión severa: Estado de corrosión que afecta una parte o la totalidad de la sección transversal, que se manifiesta con una disminución en el grosor de la pieza, por ende, su capacidad estructural, que por lo tanto requiere de un remplazo inmediato del mismo.

    - Impacto de vehículos sobre el sistema de contención vehicular: Se puede observar la falla o deterioro que se produjo en la estructura, incluyendo pérdida total del elemento. Algunos de los elementos presentan deformación permanente o se encuentran fracturados.

    - Faltante: Se observan elementos faltantes dentro del sistema de contención vehicular que deben ser repuestos para asegurar su funcionamiento adecuado. Adicionalmente, el faltante en las barandas o barreras peatonales que deben ser repuestos para asegurar la protección a los peatones del puente.

    En la Figura 03-02 se observa la necesidad de reparación temporal del sistema de contención vehicular de acero galvanizado debido a una falla de uno de sus tramos en el puente sobre el río San Rafael en la Ruta Nacional n.° 35. Se indica que la reparación es temporal ya que, deberá evaluarse si el nivel de contención del sistema es adecuado (considerando la pasarela peatonal) o si debería de sustituirse el sistema mediante rehabilitación.



Figura 03-02. Necesidad de reparación de sistema de contención vehicular de acero galvanizado del puente sobre el río San Rafael en la Ruta Nacional n.° 35
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2014

- Sistema de contención vehicular o baranda peatonal con elementos de madera:
    - Ausencia o mal estado de las conexiones: por pérdida de pernos, arandelas, platina, entre otros, o bien presencia de corrosión, fisuras, excentricidad, falla por tensión, aplastamiento o por cortante de la platina, falla por desgarramiento o corte del conector, rotura de la soldadura u otros daños que pueden afectar el buen funcionamiento de la conexión.
    - Agrietamiento o hinchamiento: causado principalmente por cambios bruscos de temperatura o humedad (por ejemplo, cuando la madera está húmeda y seguidamente queda expuesta al sol); o bien porque el proceso previo de secado de la madera fue inadecuado, razones por las cuales se presentan cambios dimensionales que generan grietas o hinchamiento, favoreciendo ataques de insectos y hongos.
    - Impacto de vehículos sobre el sistema de contención vehicular: se puede observar la fractura, falla o deterioro que se produjo en el sistema, incluyendo pérdida del elemento.
    - Faltante: Se observan elementos faltantes dentro del sistema de contención que deben ser repuestos para asegurar su funcionamiento adecuado.
    - En general, en los casos en los que se encuentren sistemas de contención vehicular o barandas peatonales con sistemas mixtos (acero-madera) con elementos de madera, deberá de valorarse con la Administración la aplicación de los procedimientos incluidos en la presente actividad. Lo anterior, ya que deberá de verificarse que el sistema cuente con el nivel de contención adecuado (según Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras, según se establece en el decreto n.° 37347-MOPT o su versión más vigente). De acuerdo con los resultados de la evaluación, podrá valorarse la sustitución completa del sistema de contención por uno certificado que cumpla con los requerimientos de seguridad dependiendo de las características del puente.

603.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 03-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 03-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 603

Material	Apartado CR-2020
Sistemas de contención vehicular (materiales)	617.02
Sistemas de contención vehicular de concreto (materiales)	618.02
Concreto Estructural (materiales)	552.02
Adhesivos epóxicos de resina	725.21
Encofrados	725.27
Rieles de aleación de aluminio para puentes	717.12
Pernos y tuercas de aluminio	717.13
Alambre de soldadura de aluminio	717.14
Masilla de aluminio impregnado	725.28
Acero de refuerzo	709.01
Estructuras de acero (material)	555.02
Estructuras de madera (material)	557.02
Herraje	716.02
Obras temporales (material)	562.02

603.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: mezcladora de concreto, palas, picos, llanetas, baldes, carretillas, lijas, escobilla metálica, brocha, martillo, equipo de demolición de concreto, taladro, troquel (sacabocados), dispositivo medición de tensión, equipo para soldar, niveles, máquina hincadora, torquímetro, cámara fotográfica y cualquier otro equipo o herramienta sugerido por el fabricante del sistema a instalar o especificado por la Administración.

603.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado la *Sección 556 Sistemas de contención vehicular para puentes*, *Sección 617 Sistemas de contención vehicular* y *Sección 618 Sistemas de contención vehicular de concreto* del CR-2020. Asimismo, el proceso a seguir dependerá de la solución técnica aprobada por la Administración, no obstante, el procedimiento podría ser alguno de los descritos en la Subsecciones 603.07, 603.08, 603.09, 603.10, 603.11, 603.12, 603.13 o 603.14 de las presentes especificaciones.

603.07 Procedimiento: Sustitución piezas faltantes o reposición de piezas con daños estructurales en concreto

El procedimiento de sustitución de piezas faltantes o reposición de piezas con daños estructurales en concreto deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 552 Concreto estructural* y la *Sección 618 Sistemas de contención vehicular de concreto* del CR-2020. Asimismo, deberá contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar y marcar las secciones del sistema de contención o barrera a sustituir o reponer, para lo cual se deberá contar con la aprobación por parte de la Administración antes de iniciar la ejecución de las obras.

2. En caso de ser necesario, se debe demoler y remover, todos los elementos del sistema de contención que vayan a ser intervenidos. En el caso de sistemas de contención certificados y que cuenten con especificaciones de reparaciones o sustitución realizadas por el fabricante original, deberán consultarse las recomendaciones del mismo para la demolición. En general, dicha demolición y remoción parcial del sistema debe de realizarse sin afectar los elementos del sistema de contención que no vayan a ser intervenidos. Los materiales resultantes de la demolición se deberán remover y trasladar a los sitios autorizados por la Administración, en un plazo no mayor a 24 horas. No es permitido almacenar el material demolido en el sitio del proyecto de forma tal que se obstruya la vía o que se ponga en peligro la integridad de los usuarios del puente. En caso de que el sistema de contención lo requiera (sistemas de contención continuos; es decir, con acero longitudinal continuo que conecta la estructura), para la conexión del nuevo sistema, en la demolición se debe conservar una longitud de acero de refuerzo suficiente para hacer el traslape necesario con las secciones adyacentes, con el fin de asegurar la efectiva unión entre ambas de acuerdo con lo establecido por el fabricante (en caso de que exista) o en la *Subsección 554.09 Empalmes y uniones* del CR-2020.

3. La sustitución o reposición de piezas faltantes o con daños estructurales en sistemas de contención vehicular de concreto deberá realizarse contemplando el diseño original del sistema, de forma tal que se asegure su continuidad y funcionalidad, conforme a lo indicado en la *Subsección 618.03 Generalidades* del CR-2020. Por lo tanto, los nuevos elementos por colocar deben conservar las características estructurales y dimensionales del diseño original o construirse de acuerdo con las recomendaciones del especialista en puentes, incluyendo también el criterio de un profesional en seguridad vial. En el caso de sistemas de contención certificados y que cuenten con especificaciones de reparaciones o sustitución realizadas por el fabricante original, deberá de seguirse el procedimiento de sustitución o reposición indicado por el mismo.

4. El sistema de contención de concreto se debe sustituir o reponer de manera que no siga cualquier inequidad en el cordón, acera o muro que lo soporta, además debe presentar una apariencia uniforme en su posición final. Todos los postes deben colocarse alineados verticalmente y de acuerdo con la separación del sistema de contención original. Deberá

revisarse, para los sistemas que aún utilicen postes de concreto, que el mismo esté conforme a un diseño ensayado o certificado, en cuyo caso contrario, deberá analizarse su sustitución completa a un sistema de contención apropiado a través de actividades de rehabilitación.

5. En lo que corresponda, deberán seguirse los criterios establecidos para los distintos sistemas de contención de concreto, ya sea colado en sitio, con encofrado deslizante o prefabricado conforme a lo indicado en la *Subsección 618.04 Barreras de contención de concreto* del CR-2020. Asimismo, deberán de disponerse sistemas de anclaje integrados o adecuados para las juntas entre el sistema.

6. En el caso de sistemas que vayan a ser colados en sitio, se debe realizar el encofrado de los elementos según la *Subsección 725.27 Encofrados* del CR-2020, asegurando que este no vaya a presentar deflexiones o desplazamientos durante el colado del concreto. Se debe diseñar y construir el andamiaje y los encofrados de acuerdo con lo dispuesto en la *Sección 562 Obras temporales* del CR-2020.

7. La mezcla de concreto que se va a utilizar en la reparación del sistema de contención o barrera de concreto deberá regirse por lo dispuesto en la *Tabla 552-1 (a) Composición del concreto hidráulico estructural* y la *Tabla 552-1 (b) Límites de asentamiento para concreto estructural* de la *Subsección 552.03 Composición (Diseño de mezclas de concreto hidráulico)* del CR-2020. Asimismo, el Contratista deberá presentar el diseño de mezcla a la Administración para la verificación y aprobación según lo indicado en la misma subsección mencionada anteriormente. La clase del concreto y su resistencia a la compresión a los 28 días deberá ser la misma o mayor a la del sistema de contención original, o según especifique la Administración o las indicaciones del fabricante del sistema.

8. En el caso de sistemas que vayan a ser colados en sitio, se usarán métodos de entrega, manejo y colocación de mezcla de concreto que minimicen el remezclado del concreto, y prevengan cualquier daño durante el colado a la estructura. Adicionalmente, la producción y entrega deberá permitir una colocación continua. Para la entrega del concreto, deberá de utilizarse alguno de los medios descritos en la *Subsección 552.08 Entrega* del CR-2020.

9. Se debe realizar un control de la calidad de la mezcla de concreto de acuerdo con lo indicado en el Contrato o según lo establecido en la *Subsección 552.23 Requisitos mínimos para muestreo y ensayo* del CR-2020. En general, deben seguirse las especificaciones indicadas en las *Tabla 552-10 Requisitos mínimos de muestreo y ensayo para el agregado fino, Tabla 552-11 Requisitos mínimos de muestreo y ensayo para el agregado grueso* y *Tabla 552-12 Requisitos de muestreo y ensayo para el concreto hidráulico* del CR-2020. Sin embargo, el Contratista debe presentar un plano de control de calidad que se ajuste a las condiciones propias del proyecto a realizar, aunque queda a criterio de la Administración solicitar el incremento de los ensayos o su frecuencia previa aprobación del plan.

10. Se mantendrá la temperatura de la mezcla de concreto según lo establecido en la *Subsección 552.10 Temperatura y condiciones ambientales* del CR-2020. En general, esta

se debe mantener entre 10°C y 30°C justo antes de la colocación mientras que el control de la temperatura deberá realizarse de acuerdo con la norma nacional INTE C43 vigente.

11. En caso de ser necesario, se deberán aplicar, siguiendo las indicaciones del fabricante, resinas epóxicas como puentes de adherencia entre el concreto fresco y el concreto endurecido según lo indicado en la *Subsección 725.21 Adhesivos epóxicos de resina* del CR-2020.

12. En caso de ser necesario, se deberá preparar el acero de refuerzo según la *Subsección 709.01 Acero de refuerzo* del CR-2020. El acero de refuerzo a utilizar deberá ser una barra de refuerzo de acero de baja aleación corrugada INTE C401 (ASTM A706).

13. En el caso de sistemas que vayan a ser colados en sitio, se debe realizar la colocación del concreto según lo indicado en la *Subsección 552.12 Manejo y colocación del concreto hidráulico* del CR-2020. Los métodos de colocación no deben causar desplazamiento del acero de refuerzo o cualquier otro elemento que quedara empotrado en el concreto. Asimismo, se debe manipular, colocar y compactar el concreto hidráulico siguiendo métodos que no causen segregación y que produzcan concretos hidráulicos densos y homogéneos, libres de vacíos y hormigueros. Se deberá dar acabado a las esquinas de las barandas, de forma que queden perfiladas, libres de grietas, astillas o cualquier otro defecto.

14. Realizar el curado del concreto a través del método con agua o según el método que defina la Administración, según la *Subsección 552.16 Curado del concreto hidráulico* del CR-2020.

15. Se debe dar un acabado adecuado al concreto, según lo dispuesto en la *Subsección 552.17 Acabado de superficies encofradas* del CR-2020.

16. En caso de requerirse, el recubrimiento del sistema de contención intervenido deberá de realizarse, medirse y pagarse conforme a lo establecido en la *Sección 613 Preparación y protección de superficies de elementos de puentes* de las presentes especificaciones.

17. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

603.08 Procedimiento: Reparación de piezas con deterioros no estructurales en concreto

El procedimiento de reparación de piezas con deterioros no estructurales en concreto deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 552 Concreto estructural* y la *Sección 618 Sistemas de contención vehicular de concreto* del CR-2020. Asimismo, deberá contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar y marcar las secciones del sistema de contención o barrera a reparar, previamente aprobado por la Administración.

2. Demoler las partes dañadas e inestables de los elementos, retirar el material y limpiar de forma adecuada para colocar el material de adherencia del concreto nuevo. Los materiales resultantes de la demolición se deberán remover y trasladar a los sitios autorizados por la Administración, en un plazo no mayor a 24 horas. No es permitido almacenar el material demolido en el sitio del proyecto de forma tal que se obstruya la vía o que se ponga en peligro la integridad de los usuarios del puente.

3. Se debe realizar la reparación de forma tal que los elementos conserven las características estructurales y dimensionales del diseño original, o bien, se debe atender las recomendaciones del especialista en puentes, para lo cual debe asegurar iguales condiciones de diseño o mejores que estas, conforme a lo indicado en la *Subsección 618.03 Generalidades* del CR-2020. En el caso de sistemas de contención certificados y que cuenten con especificaciones de reparaciones o sustitución realizadas por el fabricante original, deberá de seguirse el procedimiento de reparación o sustitución establecido de forma tal que se asegure el mismo nivel de contención del sistema original.

4. La reparación debe realizarse de tal forma que el sistema de contención o barrera presente una apariencia uniforme en su posición final, por lo que sus lados y parte superior deberán de tener un acabado acorde con lo indicado en la *Subsección 618.04 Barreras de contención de concreto* del CR-2020.

5. En caso de ser necesario, se debe realizar el encofrado de los elementos, según las *Subsección 725.27 Encofrados* del CR-2020, asegurando que este no vaya a presentar deflexiones o desplazamientos durante el colado del concreto. Se debe diseñar y construir el andamiaje y los encofrados de acuerdo con lo dispuesto en la *Sección 562 Obras temporales* del CR-2020.

6. Según la profundidad de la reparación requerida, un especialista en puentes deberá determinar si la reparación se realiza con mortero de reparación o con concreto estructural. En caso de que la reparación se realice con concreto estructural, la mezcla de concreto que se va a utilizar para la reparación del sistema de contención o barrera de concreto deberá regirse por lo dispuesto en la *Tabla 552-1 (a) Composición del concreto hidráulico estructural* y la *Tabla 552-1 (b) Límites de asentamiento para concreto estructural* de la *Subsección 552.03 Composición (Diseño de mezclas de concreto hidráulico)* del CR-2020. En caso de ser necesario, se deberá evaluar el uso de aditivos plastificantes para mejorar la trabajabilidad de la mezcla, en cuyo caso, deberá contarse con la aprobación de la Administración.

7. Se usarán métodos de entrega, manejo y colocación de mezcla de concreto que minimicen el remezclado del concreto, y prevengan cualquier daño durante el colado a la estructura. Adicionalmente, la producción y entrega deberá permitir una colocación continua. Para la entrega del concreto, deberá de utilizarse alguno de los medios descritos en la *Subsección 552.08 Entrega* del CR-2020.

8. Se debe realizar un control de la calidad de la mezcla de concreto de acuerdo con lo indicado en el Contrato o según lo establecido en la *Subsección 552.23 Requisitos mínimos para muestreo y ensayo* del CR-2020. En general, deben seguirse las especificaciones indicadas en las *Tabla 552-10 Requisitos mínimos de muestreo y ensayo para el agregado fino, Tabla 552-11 Requisitos mínimos de muestreo y ensayo para el agregado grueso* y *Tabla 552-12 Requisitos de muestreo y ensayo para el concreto hidráulico* del CR-2020. Sin embargo, el Contratista debe presentar un plano de control de calidad que se ajuste a las condiciones propias del proyecto a realizar, aunque queda a criterio de la Administración solicitar el incremento de los ensayos o su frecuencia previa aprobación del plan.

9. Se mantendrá la temperatura de la mezcla de concreto según lo establecido en la *Subsección 552.10 Temperatura y condiciones ambientales* del CR-2020. En general, esta se debe mantener entre 10°C y 30°C justo antes de la colocación mientras que el control de la temperatura deberá realizarse de acuerdo con la norma nacional INTE C43 vigente.

10. Aplicar, siguiendo las indicaciones del fabricante, resinas epóxicas para puentes de adherencia entre el concreto fresco y el concreto endurecido según lo indicado en la *Subsección 725.21 Adhesivos epóxicos de resina* del CR-2020.

11. Realizar el curado del concreto a través del método con agua o según el método que defina la Administración, según la *Subsección 552.16 Curado del concreto hidráulico* del CR-2020.

12. Se debe dar un acabado adecuado al concreto, según lo dispuesto en la *Subsección 552.17 Acabado de superficies encofradas* del CR-2020.

13. En caso de requerirse, el recubrimiento del sistema de contención intervenido deberá de realizarse, medirse y pagarse conforme a lo establecido en la *Sección 613 Preparación y protección de superficies de elementos de puentes* de las presentes especificaciones.

14. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

603.09 Procedimiento: Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en acero

El procedimiento de *sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en acero* deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 555 Estructuras de acero* y la *Sección 617 Sistemas de contención vehicular* del CR-2020. Asimismo, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar las piezas de sujeción, tornillería o pernos de anclaje a sustituir o reponer, previamente aprobado por la Administración.

2. La sustitución o reposición de las piezas de sujeción deberá realizarse siguiendo las indicaciones del fabricante para asegurar una adecuada instalación. En general, se deben colocar las piezas de manera precisa de forma tal que se pueda proveer un alineamiento correcto del sistema de contención o baranda. Las piezas de sujeción a utilizar deben conservar las características estructurales y dimensionales del diseño original o bien se debe atender las recomendaciones del especialista en puentes.

3. Cuando la conexión original fuese de pernos y en estos se presente el agrandamiento del agujero debido a fuerzas de aplastamiento, deberá de realizarse la sustitución del elemento completa según el procedimiento *603.10 Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en acero* de las presentes especificaciones de conservación. Salvo que sea aprobado por la Administración, no es permitido elaborar nuevos agujeros para los pernos que se van a colocar como parte de esta actividad ya que esto podría conllevar a problemas mayores como la pérdida de galvanizado.

4. Cuando se deban realizar conexiones con pernos, estas se deberán regir, según sea el caso, por lo dispuesto en la *Subsección 555.16 Conexiones utilizando pernos sin tornear*, torneados o nervados o la *Subsección 555.17 Conexiones utilizando pernos de alta resistencia* del CR-2020. En el caso de conexiones realizadas con soldadura, las superficies y bordes que van a ser soldados deben ser lisas, uniformes, limpias y libres de defectos. Se deben preparar los bordes según el código de soldadura de puentes AASHTO/AWS D1.5M/D1.5:2020 denominado "*Bridge Welding Code*" (AASHTO y American Welding Society [AWS], 2020) , según la *Subsección 555.14 Conexiones soldadas* del CR-2020. Únicamente se podrán realizar conexiones con soldadura en los sistemas que cuenten originalmente con conexiones soldadas y que dispongan de especificaciones técnicas de soldadura propias del sistema de contención.

5. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

603.10 Procedimiento: Sustitución o reposición elementos dañados o faltantes en acero

El procedimiento de *sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en acero* deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 555 Estructuras de acero* y la *Sección 617 Sistemas de contención vehicular* del CR-2020. Asimismo, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar las piezas a sustituir o reponer, previamente aprobado por la Administración. En lo que corresponda, la sustitución o reposición de elementos debe realizarse considerando lo indicado en la *Subsección 617.03 Generalidades* del CR-2020. Por lo tanto, la reparación o sustitución parcial del sistema de contención no deberá realizarse mediante la combinación de elementos que no sean compatibles entre sí, y solo

se permite el uso de elementos nuevos. No está permitida la modificación de los elementos estructurales del sistema, salvo que se cuente con la autorización previa del fabricante del sistema y de la Administración.

2. Los elementos o componentes con daños y que vayan a ser sustituidos deberán de removerse de acuerdo con lo indicado en la *Subsección 617.13 Remoción de sistemas de contención vehicular* del CR-2020. En el caso de elementos del sistema de contención que se encuentren deformados, estos deberán ser sustituidos por elementos nuevos que cumplan con las mismas características o mejores de los elementos originales. En caso de ser un sistema certificado de un fabricante, solo se podrá hacer la sustitución con elementos nuevos del mismo fabricante, ya que no está permitido combinar elementos de diferentes fabricantes. Adicionalmente, no está permitido enderezar los elementos por medios mecánicos, por calor o cualquier otro medio en los sistemas de contención o barandas.

3. La colocación de los elementos a sustituir o reponer debe realizarse de forma tal que, el sistema de contención o baranda presente una apariencia uniforme en su posición final y con todos sus elementos alineados. En el caso en el que el sistema de contención vehicular corresponda a un sistema certificado que disponga de sus especificaciones técnicas y detalles de instalación y reparación específicos, deberá de realizarse el procedimiento de instalación o reparación especificado.

4. El acero estructural debe ser fabricado en una planta que esté certificada bajo el programa de calidad certificada AISC. Para la fabricación del acero estructural en planta, se deben realizar soldaduras y pruebas de calificación para soldadores de acuerdo con lo provisto en el código de soladura de puentes AASHTO/AWS D1.5M/D1.5:2020. Lo anterior de acuerdo con la *Subsección 555.03 General* del CR-2020. En el caso de sistemas de contención de fabricantes debidamente certificados (como el caso de los sistemas certificados por la norma europea EN 1317), deberá solicitarse el detalle de las piezas a instalar, indicando el tipo de acero a instalar (podría ser certificado bajo un sistema de calidad distinta a AISC), los ensayos y certificaciones respectivas.

5. Las piezas de sujeción o tornillería se colocarán de manera precisa para proveer un alineamiento correcto del sistema de contención o baranda, según el procedimiento *603.09 Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones de acero* de las presentes especificaciones. Según se explica en la *Subsección 603.15 Medición* de las presentes especificaciones, este trabajo deberá ser contemplado, en términos de pago, como parte de este procedimiento.

6. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

603.11 Procedimiento: Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en madera

El procedimiento sustitución o *reposición de piezas de sujeción en conexiones en madera*, aplicable para sistemas mixtos con elementos de madera, deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 557 Estructuras de madera* y la *Sección 617 Sistemas de contención vehicular* del CR-2020. Asimismo, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar las piezas de sujeción, tornillería o pernos de anclaje a sustituir o reponer, previamente aprobado por la Administración.

2. La sustitución o reposición de las piezas de sujeción deberá realizarse siguiendo las indicaciones del fabricante para asegurar una adecuada instalación. En general, se deben colocar las piezas de manera precisa de forma tal que se pueda proveer un alineamiento correcto del sistema de contención o baranda. Las piezas de sujeción a utilizar deben conservar las características estructurales y dimensionales del diseño original o bien se debe atender las recomendaciones del especialista en puentes.

3. En caso de requerirse agujeros según los detalles de reparación del fabricante, estos deben estar conforme a lo indicado en la *Subsección 557.05 Agujeros para pernos, dovelas, barras y tornillos tirafondo* del CR-2020. Los agujeros para pernos galvanizados deben ser 3 mm mayores que el diámetro del perno. A toda la madera que quede expuesta después de taladrar los agujeros se les debe realizar un tratamiento adecuado, según lo dispuesto en la *Subsección 557.04 Madera tratada* del CR-2020.

4. Los accesorios y los sujetadores, incluyendo clavos, pernos, arandelas y conectores para madera deben ser galvanizados y estar conforme a lo indicado en la *Subsección 557.06 Pernos y arandelas* del CR-2020. Adicionalmente, las arandelas de hierro forjado deben tener un diámetro de aproximadamente tres veces el diámetro del perno y se deben utilizar arandelas debajo de las cabezas de los pernos y tuercas en contacto con la madera, mientras que los pernos con una longitud en exceso de 25 mm o más deben cortarse.

5. Cuando se especifique o según el encargado de la Administración, se deben avellanar las tuercas y los pernos según la *Subsección 557.07 Avellanado* del CR-2020.

6. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

603.12 Procedimiento: Sustitución o reposición elementos dañados o faltantes en madera

El procedimiento *sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en madera*, aplicable para sistemas mixtos con elementos de madera, deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 557 Estructuras de madera* y la *Sección 617 Sistemas de contención vehicular* del CR-2020. Asimismo, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar las piezas a sustituir o reponer, previamente aprobado por la Administración. En lo que corresponda, la sustitución o reposición de elementos debe realizarse considerando lo indicado en la *Subsección 617.03 Generalidades* del CR-2020. Por lo tanto, la reparación o sustitución parcial del sistema de contención no deberá realizarse mediante la combinación de elementos que no sean compatibles entre sí, y solo se permite el uso de elementos nuevos y del mismo fabricante. No está permitida la modificación de los elementos estructurales del sistema, salvo que se cuente con la autorización previa del fabricante del sistema y de la Administración.

2. Los elementos o componentes con daños y que vayan a ser sustituidos deberán de removerse de acuerdo con lo indicado en la *Subsección 617.13 Remoción de sistemas de contención vehicular* del CR-2020.

3. La colocación de los elementos a sustituir o reponer debe realizarse de forma tal que, el sistema de contención o baranda presente una apariencia uniforme en su posición final y con todos sus elementos alineados. En el caso en el que el sistema de contención vehicular corresponda a un sistema certificado que disponga de sus especificaciones técnicas y detalles de instalación y reparación específicos, deberá de realizarse el procedimiento de instalación o reparación especificado.

4. Los elementos deben conservar las características estructurales y dimensionales del diseño original, o bien, atender las recomendaciones del especialista en puentes, para lo cual debe asegurar iguales condiciones de diseño o mejores que estas.

5. Manipular la madera tratada de acuerdo con la Hoja de Información para el Consumidor ("*Consumer Information Sheet*" como se conoce en inglés) publicada por la AWPA, según lo indicado en la *Subsección 557.04 Madera tratada* del CR-2020. En el caso de sistemas de contención de fabricantes debidamente certificados (como el caso de los sistemas certificados por la norma europea EN 1317), deberá solicitarse el detalle de las piezas a instalar, indicando el tipo de madera a instalar (podría ser certificado bajo un sistema de calidad distinta a AWPA), los ensayos y certificaciones respectivas.

6. En general, la madera se debe cortar y formar de manera que todas las juntas tengan el mismo soporte sobre toda la superficie de contacto. No se podrá utilizar cuñas en las juntas. Al insertar los clavos, se debe asegurar que la cabeza del clavo quede al mismo nivel que la superficie de madera, según lo indicado en la *Subsección 557.03 Generalidades* del CR-2020. Se deberá taladrar todos los agujeros desde las caras a juntar, según la *Subsección 557.03 Generalidades* del CR-2020.Todos los agujeros taladrados se deben impregnar, después del tratamiento que se le dé a la madera, con el mismo preservante, según la *Subsección 557.04 Madera tratada* del CR-2020. En el caso de

sistemas de contención certificados, deberán seguirse los procedimientos de reparación e instalación indicados por el fabricante.

7. Los sistemas de contención o barandas deben estar cepilladas por las cuatro caras. Las juntas en los extremos de los sistemas de contención o barandas se deben realizar en los postes y en ángulo recto, según lo indicado en la *Subsección 557.15 Guardarruedas, barandas y postes* del CR-2020.

8. Las piezas de sujeción o tornillería se colocarán de manera precisa para proveer un alineamiento correcto del sistema de contención o baranda, según el procedimiento *603.11 Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en madera* de las presentes especificaciones. Según se explica en la *Subsección 603.15 Medición* de las presentes especificaciones, este trabajo deberá ser contemplado, en términos de pago, como parte de este procedimiento.

9. Cuando la pintura se especifica en el contrato, este debe realizarse y siguiendo lo indicado en el procedimiento *613.12 Pintura de superficies de madera* de las presentes especificaciones de conservación.

10. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

603.13 Procedimiento: Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en aluminio

El procedimiento de *sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en aluminio* deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 617 Sistemas de contención vehicular* del CR-2020. Asimismo, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar las piezas a sustituir o reponer, previamente aprobado por la Administración.

2. La sustitución o reposición de las piezas de sujeción deberá realizarse siguiendo las indicaciones del fabricante para asegurar una adecuada instalación. En general, se deben colocar las piezas de manera precisa de forma tal que se pueda proveer un alineamiento correcto del sistema de contención o baranda. Las piezas de sujeción a utilizar deben conservar las características estructurales y dimensionales del diseño original o bien se debe atender las recomendaciones del especialista en puentes.

3. En caso de que la conexión requiera pernos de anclaje, se debe asegurar que no sobresalgan más de 10 mm de la tuerca cuando ésta se ajusta.

4. Los agujeros para remaches y pernos se deben taladrar al tamaño de acabado o se pueden subpunzonar a un diámetro más pequeño que el del diámetro nominal del perno o remache y rimar al tamaño requerido. El tamaño del agujero subpunzonado debe ser por lo menos un cuarto del espesor de la pieza más pequeño que el tamaño de acabado. Los diámetros acabados de los agujeros deben hacerse de manera que sean mayores que 7% del diámetro nominal del remache o perno excepto cuando:

    - Los agujeros con ranura para pernos se fabrican como se especifica.
    - Los agujeros para los pernos de anclaje sean hasta 25% mayores que el diámetro nominal del perno, sin exceder 15 mm el diámetro nominal del perno.

5. Cuando se requiera la colocación de soldadura, esta se debe realizar de acuerdo con el código de soldadura de aluminio estructural AWS D1.2/D1.2M:2014 denominado *"Structural Aluminum Welding Code-Alumium"* (AWS, 2013). Únicamente se podrán realizar conexiones con soldadura en los sistemas que cuenten originalmente con conexiones soldadas y que dispongan de especificaciones técnicas de soldadura propias del sistema de contención.

6. Cuando las aleaciones de aluminio estén en contacto con otros metales, se deben revestir completamente las superficies de contacto con un componente sellador impregnado de aluminio o colocar un empaque de neopreno entre las superficies.

7. Cuando las aleaciones de aluminio estén en contacto con concreto o piedra, se deben revestir las superficies de contacto con un componente sellador impregnado de aluminio. Cuando se requiere adherencia entre las superficies de aluminio y concreto, el aluminio se debe revestir con una pintura de cromato de zinc y se debe dejar que seque antes de la instalación.

8. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

603.14 Procedimiento: Sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en aluminio

El procedimiento de *sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes en aluminio* deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 617 Sistemas de contención vehicular* del CR-2020. Asimismo, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar las piezas a sustituir o reponer, previamente aprobado por la Administración. En lo que corresponda, la sustitución o reposición de elementos debe realizarse considerando lo indicado en la *Subsección 617.03 Generalidades* del CR-2020.

Por lo tanto, la reparación o sustitución parcial del sistema de contención no deberá realizarse mediante la combinación de elementos que no sean compatibles entre sí, y solo se permite el uso de elementos nuevos. No está permitida la modificación de los elementos estructurales del sistema, salvo que se cuente con la autorización previa del fabricante del sistema y de la Administración.

2. Los elementos o componentes con daños y que vayan a ser intervenidos deberán de removerse de acuerdo con lo indicado en la *Subsección 617.13 Remoción de sistemas de contención vehicular* del CR-2020.

3. La colocación de los elementos a sustituir o reponer debe realizarse de forma tal que, el sistema de contención o baranda presente una apariencia uniforme en su posición final y con todos sus elementos alineados. En el caso en el que el sistema de contención vehicular corresponda a un sistema certificado que disponga de sus especificaciones técnicas y detalles de instalación y reparación específicos, deberá de realizarse el procedimiento de instalación o reparación especificado.

4. Los elementos deben conservar las características estructurales y dimensionales del diseño original o bien atender las recomendaciones del especialista en puentes, para lo cual debe asegurar iguales condiciones de diseño o mejores que éstas. Al colocar los pernos de anclaje, se debe asegurar que no sobresalgan más de 10 mm de la tuerca cuando esta se ajusta.

5. El material con un espesor de 13 mm, o menor a este, se puede cortar con tijeras, sierra o guillotina. Si el espesor del material es mayor de 13 mm se debe aserrar o guillotinar. No se debe utilizar llama (acetileno) para cortar el material.

6. La evidencia de fractura después del enderezado de un doblez o pliegue será causa de rechazo de la pieza dañada, según la *Subsección 555.08 Fabricación* del CR-2020.

7. Para el proceso de ensamblaje, se deben limpiar las superficies de metal en contacto antes de realizar la actividad. Las piezas se sujetan y ponen juntas firmemente antes de iniciar el taladrado, ensanchado o empernado. Se deben ensamblar los elementos libres de torceduras, curvas y otras deformaciones, según la *Subsección 555.13 Ensamblaje-Atornillado* del CR- 2020. En caso de sistemas de contención certificados que cuenten con sus propias especificaciones de instalación o reparación, deberá seguirse el procedimiento indicado en dichas especificaciones.

8. Se debe ensamblar con precisión. Se debe manipular cuidadosamente el material. No se permite martillar, dañar o distorsionar los elementos. Se deben limpiar las superficies de apoyo y de contacto permanente antes del armado, según la *Subsección 555.19 Erección de la estructura* del CR-2020.

9. Las piezas de sujeción o tornillería se colocarán de manera precisa para proveer un alineamiento correcto del sistema de contención o baranda, según el procedimiento *603.13 Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en aluminio* de las presentes especificaciones. Según se explica en la *Subsección 603.15 Medición* de las presentes

especificaciones, este trabajo deberá ser contemplado, en términos de pago, como parte de este procedimiento.

10. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

603.15 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Reparación parcial o total de sistemas de contención o barreras de concreto: metro cúbico (m^3). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo por metros cúbicos de concreto hidráulico debidamente colocado para lo cual deberá tener cuantificado los metros cúbicos de concreto necesarios previo a que se realice la reparación.
2. Reparación parcial o total de sistemas de contención o barreras de concreto: metro lineal (m). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo por metros lineales del sistema de contención de concreto reparado. Los metros lineales de barrera implican que se cuantifique la barrera como un único elemento, incluyendo elementos verticales y todos los elementos horizontales que la componen.
3. Reparación parcial o total de sistemas de contención, transiciones entre sistemas o barandas peatonales de acero, madera y aluminio: metros lineales (m). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo por metros lineales del sistema de contención o baranda peatonal de acero, madero o aluminio reparado. Los metros lineales del sistema de contención o baranda peatonal implican que se cuantifique el sistema o baranda como un único elemento, incluyendo elementos verticales y todos los elementos horizontales. Asimismo, los procedimientos de sustitución o reposición de elementos dañados o faltantes, deberán incluir las piezas de sujeción (no deberán ser cuantificado por aparte).
4. Reparación o reposición de piezas de sujeción en sistemas de contención, transiciones entre sistemas o barandas peatonales de acero, madera y aluminio: unidad (ud). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo por unidades, contemplando las conexiones como una única unidad que incluye todo el detalle de conexión.

603.16 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien, de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 03-02.

Tabla 03-02. Renglones de pago para reparación parcial o reposición total de sistemas de contención vehicular y barandas o barreras peatonales

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.603.01	*Sustitución de piezas faltantes o reposición de piezas con daños estructurales en concreto*	m^3
MP.603.02	*Sustitución de piezas faltantes o reposición de piezas con daños estructurales en concreto*	m
MP.603.03	*Reparación de piezas con deterioros no estructurales en concreto*	m^3
MP.603.04	*Reparación de piezas con deterioros no estructurales en concreto*	m
MP.603.05	*Reposición de barreras de concreto en puentes. Tipo (___)*	m
MP.603.06	*Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en acero. Tipo (___)*	ud
MP.603.07	*Sustitución o reposición elementos dañados o faltantes en acero. Tipo (___)*	m
MP.603.08	*Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en madera. Tipo (___)*	ud
MP.603.09	*Sustitución o reposición elementos dañados o faltantes en madera. Tipo (___)*	m
MP.603.10	*Sustitución o reposición de piezas de sujeción en conexiones en aluminio. Tipo (___)*	ud
MP.603.11	*Sustitución o reposición elementos dañados o faltantes en aluminio. Tipo (___)*	m

SECCIÓN 604: REEMPLAZO Y COMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS DE DRENAJE

604.01 Objetivo

Mantener las condiciones necesarias que faciliten la evacuación rápida de las aguas que caigan sobre la superficie de desgaste, aceras, tablero, así como el agua almacenada en los rellenos de los muros de los bastiones y los accesos de aproximación, con el fin de brindar comodidad y seguridad a los usuarios (evitando el hidroplaneo y levantamiento de agua al paso de los vehículos). Asimismo, se busca asegurar la correcta distribución y posicionamiento de los drenajes evitando que la descarga del agua afecte los elementos de la estructura del puente y la erosión en los puntos de salida de los ductos de drenaje.

604.02 Alcance

El alcance de esta actividad es variable según el tipo de daño o defecto que requiera ser atendido. En general, esta actividad consiste en ejecutar los trabajos necesarios en el reemplazo, alargue y complementación de los dispositivos para el drenaje del tablero y los accesos de aproximación, cualesquiera que fueran sus dimensiones características y condiciones. Como parte de las actividades, puede incluirse la demolición de concreto circundante de los drenajes, remoción de elementos dañados, así como el suministro, colocación, sustitución o construcción de los dispositivos de drenaje o sus complementos que sean requeridos. Es recomendable realizar la revisión del funcionamiento del sistema de drenaje durante la lluvia. Las labores dentro de la actividad pueden aplicarse a los siguientes de elementos del sistema de drenaje:

Elementos longitudinales: Son todos los que conducen el agua siguiendo el eje longitudinal del tablero del puente, hasta llevarla fuera del mismo o a un elemento vertical o transversal.

Elementos transversales: Son todos los que se sitúan perpendicular al eje longitudinal del tablero y permiten evacuar el agua que recogen directamente o desde los elementos longitudinales.

Elementos verticales: Son los que permiten descender el agua de forma controlada hasta el terreno, cauce o un elemento de drenaje de la infraestructura.

Elementos horizontales: Son aquellos que permiten evacuar el agua retenida en los rellenos de los muros de los bastiones que pueden ser a lo largo del muro o de forma transversal al muro.

La actividad de conservación *604 Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje se puede separar según el elemento y el tipo de reparación que sea requerida* en los siguientes procedimientos de ejecución:

- 604.07: Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas o faltantes
- 604.08: Instalación de nuevo sumidero en losa
- 604.09: Reparación de drenajes longitudinales y transversales, bordillos o canaletas
- 604.10: Reemplazo o colocación de tubos de extensión de descarga vertical

- 604.11: Colocación de drenajes horizontales a lo largo de muros de retención.

604.03 Criterio de ejecución

La actividad *604 Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado. La determinación del nivel de deterioro y el tipo de intervención, será según la metodología de evaluación que determine la Administración, no obstante, como referencia, pero sin limitarse a ello, se deben considerar los siguientes aspectos para justificar los procedimientos de esta sección:

- Ausencia, parcial o total del sistema de evacuación de aguas o fallas en la estanqueidad.
- Insuficiente pendiente longitudinal o transversal de la calzada para la correcta evacuación.
- Incumplimiento de las especificaciones técnicas en relación con la distancia entre los drenajes, distancia a puntos de descarga y diámetro interno de los dispositivos.
- Atascos y obstrucciones de rejillas y drenes o rompimiento de los dispositivos de drenaje.
- Tubos de salida de agua con longitud o inclinación insuficiente, entre otros.
- Ausencia de componentes de los dispositivos de drenaje.

En la Figura 04-01 se puede observar la ausencia de rejillas en los sumideros del paso superior en Alajuelita en la Ruta Nacional n.° 39 sobre la Ruta Nacional n.° 110.



Figura 04-01. Necesidad de colocación de rejillas en sumideros del paso a desnivel en Alajuelita en Ruta Nacional n.° 39 sobre Ruta Nacional n.° 110
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2014

En caso de no contar con las especificaciones técnicas del puente, se deben considerar como requerimientos mínimos los siguientes:

- Los dispositivos de drenaje vertical en el tablero deben ser tubos de no menos de 100 mm de diámetro interno, distanciados entre sí a una distancia máxima de 5 m.
- El punto de descarga de entre los dispositivos de drenaje vertical se deberá producir según indique la normativa vigente o por lo menos a 0,1 m por debajo del punto más bajo de la superestructura y a 1,0 m de los paramentos de bastiones y pilas, para evitar socavación de éstos.
- La ubicación de los tubos de descarga deberá ser tal que la proyección de un cono de salida de agua a 45° no toque ningún elemento estructural. En pasos a desnivel, la tubería no deberá descargar directamente sobre la carretera inferior, por lo que la tubería debería extenderse hasta el sistema de drenaje de la carretera o a un punto en el que no afecte la seguridad de los usuarios de la carretera o a la durabilidad de la estructura.
- La tubería para llevar las aguas desde el tablero a su punto final de salida, deben instalarse en sitios accesibles, con tubos de un diámetro no menor a 100 mm con codos de desvío de un ángulo máximo de 45°.
- Pendientes de la calzada deben encontrarse entre 1% y 2% para el peralte transversal (bombeo) y entre 0,4% y 0,5% para la pendiente longitudinal.

Los defectos de estancamiento de agua debido a deficiencias en la pendiente de la superficie de ruedo deberán ser evaluados para determinar si la instalación de nuevos sumideros en losa corresponde a una solución al problema o si deberá atenderse mediante los procedimientos de la actividad *612 Reparación de superficie de concreto asfáltico*. Las situaciones anteriores o el incumplimiento de los requerimientos mencionados pueden generar problemas de infiltración, eflorescencias, deterioro y contaminación del concreto circundante al drenaje, alteraciones en la superficie de desgaste, taponamiento y problemas de seguridad y confort al usuario.

604.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 04-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 04-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 604

Material	Apartado del CR-2020
Tuberías de cloruro de polivinilo (PVC) para sistemas de distribución de agua	725.15
Tubería de polietileno (PE) para sistemas de distribución de aguas	725.16
Tubería de acero	725.17
Mortero	712.02
Concreto hidráulico para estructuras menores (materiales)	601.02

Tabla 04-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 604

Material	Apartado del CR-2020
Bordillos (Cordón) (materiales)	609.02
Construcción de drenajes horizontales en taludes (materiales)	610.02
Geotextiles	714.01
Rejillas para sumideros	725.30
Acero de refuerzo	709.01
Rejillas de plástico reciclado, fibra de vidrio, resina, entre otras	-

604.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: martillos, cinceles, cepillos, equipo de demolición de concreto, compresor, equipo neumático o de agua a presión, reglillas, equipo de corte y doblado de varillas, cámara fotográfica y cualquier otro equipo o herramienta sugerido por el fabricante del sistema a instalar o especificado por la Administración.

604.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 561 Drenajes en puentes* del CR-2020. En todos los procedimientos de conservación de esta actividad deberá de considerarse la evacuación y descarga final del agua de manera que no provoque socavación, erosión, ni afectación en ninguno de los elementos de la estructura. Asimismo, el proceso a seguir dependerá de la solución técnica aprobada por la Administración, no obstante, el procedimiento podría ser alguno de los descritos en las Subsecciones 604.07, 604.08, 604.09, 604.10 o 604.11 de las presentes especificaciones.

604.07 Procedimiento: Reemplazo de rejillas para sumideros dañadas o faltantes

El procedimiento *reemplazo de rejillas para sumideros dañadas o faltantes* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Se deberá preparar la rejilla nueva que será instalada de acuerdo con las dimensiones requeridas del sumidero. Las rejillas serán fabricadas con acero laminado o fundido. Se deberá evaluar los casos en los es factible el uso de rejillas realizadas de otros materiales como plástico reciclado, resinas, fibra de vidrio, entre otros. Para el uso de este tipo de rejillas deberá de tenerse la aprobación de la Administración y seguirse el procedimiento de instalación especificado por el fabricante.

2. Remover la rejilla existente que será sustituida. Lo anterior, deberá realizarse sin ocasionar daños al resto de elementos que no serán intervenidos y a los bordes del pavimento, losa o tablero de concreto.

3. Se debe limpiar el fondo del sumidero, de forma tal que se remuevan todos los materiales extraños que pudiesen provocar problemas en el funcionamiento del drenaje. Se debe tener atención especial en la remoción de materiales extraños en los casos se está realizando la reposición de rejillas faltantes.

4. Instalar la nueva rejilla en los sumideros. Cuando se requiera del suministro y colocación de marcos metálicos nuevos, estos se cuantificarán para efectos de pago en la *Sección 709 Acero de refuerzo y cables* del CR-2020 o según lo señale la Administración en los documentos del proyecto.

5. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

604.08 Procedimiento: Instalación de nuevo sumidero en losa

El procedimiento *instalación de un nuevo sumidero en losa* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Para los casos en los que es requerido la instalación de un elemento vertical en la losa del puente, debe realizarse una revisión para determinar el espaciamiento real del acero de refuerzo, con el fin de instalar el dispositivo requerido entre las varillas existentes. En el caso en el que el dispositivo por instalar requiera de una intervención mayor que implique el corte del acero de refuerzo, será responsabilidad del Contratista determinar si se requiere de una evaluación estructural para determinar si la intervención es factible y en el caso de ser necesario, el detallado del acero de refuerzo que sería requerido para evitar daños posteriores en la losa o demás elementos del puente.

2. Una vez identificado el acero de refuerzo existente, se debe realizar la abertura en la losa. La instalación del sumidero deberá realizarse según lo indicado en la *Subsección 561.03 Procedimiento de trabajo* del CR-2020. En general, el agujero para instalar nuevos sumideros, no deberá tener un diámetro mayor que el diámetro externo del tubo por instalar de más de 20 mm.

3. Antes de colocar el mortero de adherencia, las paredes del agujero se deberán limpiar mediante aire comprimido (asegurando que el aire no contenga aceites).

4. En caso de ser necesario, se deberá remover de manera rigurosa, mediante escobillado, todo el óxido de las armaduras que hayan quedado expuestas.

5. Colocar el dispositivo de drenaje y el mortero requerido, asegurando que la superficie circundante quede adecuadamente nivelada y terminada. Además, en la entrada al drenaje se debe colocar una rejilla para retener la basura y permitir el flujo libre de agua.

6. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobados por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

604.09 Procedimiento: Reparación o construcción de drenajes longitudinales y transversales, bordillos o canaletas

El procedimiento *reparación o construcción de drenajes longitudinales y transversales, bordillos o canaletas* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Los procedimientos constructivos para la reparación o construcción de drenajes longitudinales y transversales, bordillos o canaletas rejillas deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 609 Bordillos (Cordón)* del CR-2020. En general, el tipo de cordón o bordillo a emplear será el definido en los documentos del proyecto. Los cordones o bordillos prefabricados deberán colocarse de acuerdo con los documentos de proyecto siguiendo las recomendaciones del fabricante, mientras que las coladas en sitio tendrán una longitud máxima de 3,00 m entre juntas de contracción, excepto cuando estas se construyan adosadas a un pavimento existente, en cuyo caso la separación deberá ser la misma para coincidir con las juntas de contracción de dicho pavimento. La resistencia de los bordillos deberá ser la establecida en la documentación técnica del proyecto o según establezca la Administración. Los bordillos no podrán presentar descascaramiento, grietas ni desprendimientos de borde.

2. En el caso de que sea necesario la instalación de tuberías, esta deberá atender en lo que corresponda lo indicado en la *Subsección 602.04 Instalación de tuberías* del CR-2020. Lo anterior, teniendo en consideración el tipo de tubería a instalar entre tubería de concreto, metálica, plástica o perforada.

3. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobados por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

604.10 Procedimiento: Reemplazo o colocación de tubos de extensión vertical de descarga

El procedimiento *reemplazo o colocación de tubos de extensión vertical de descarga* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. La instalación de tuberías de extensión vertical de descarga deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Subsección 602.04 Instalación de tuberías* del CR-2020. Lo anterior, teniendo en consideración el tipo de tubería a instalar entre tubería de metálica o plástica.

2. En general, los dispositivos de drenaje vertical no podrán tener un diámetro interno menor a los 100 mm. El punto de descarga de estos dispositivos se deberá producir según indique la normativa vigente o por lo menos a 0,1 m por debajo del punto más bajo de la superestructura y a 1,0 m de los paramentos de bastiones y pilas, para evitar socavación de éstos.

3. De igual forma, la tubería para llevar las aguas desde el tablero a su punto final de salida, deben instalarse en sitios accesibles, con tubos de un diámetro no menor a 100 mm con codos de desvío de un ángulo máximo de 45°.

4. Debe asegurarse la estabilidad de toda la tubería vertical instalada de forma tal que no existan vibraciones excesivas durante la operación. Lo anterior, mediante la colocación de sujetadores o estabilizadores unidos a elementos más rígidos.

5. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

604.11 Procedimiento: Colocación de drenajes horizontales a lo largo del muro del bastión

El procedimiento *colocación de drenajes horizontales a lo largo del muro del bastión* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Los procedimientos constructivos para la colocación de drenajes horizontales en el muro del bastión deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado la *Sección 610 Construcción de drenajes horizontales en taludes* del CR-2020.

2. En general, deberán instalarse los drenajes horizontales en la ubicación señalada según los documentos del proyecto. En caso de ser necesario, las excavaciones en terreno deberán realizarse según lo dispuesto en la *Sección 209 Excavación y relleno para otras estructuras* del CR-2020.

3. Para los casos en los que es requerido la instalación de un elemento horizontal nuevo en el bastión, debe realizarse una revisión para determinar el espaciamiento real del acero de refuerzo, con el fin de instalar el dispositivo requerido entre las varillas existentes. En el caso en el que el dispositivo por instalar requiera de una intervención mayor que implique el corte del acero de refuerzo, será responsabilidad de la Administración determinar si se requiere de una evaluación estructural para determinar si la intervención es factible y en

el caso de ser necesario, el detallado del acero de refuerzo que sería requerido para evitar daños posteriores en el bastión del puente.

4. La tubería por instalar, según su tipo, deberá cumplir con lo indicado en la *Subsección 610.02 Materiales* del CR-2020. Las características de los materiales, dimensiones, localización de los drenajes, diámetro y cantidad de drenajes deberá ser los indicados en los documentos del proyecto. No se debe permitir que el suelo u otros materiales extraños entren en el sistema de drenaje horizontal. Adicionalmente, los tramos finales de los drenajes se desviarán alejándolos de forma tal que el punto de descarga no implique un problema de erosión en la base del bastión.

5. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

604.12 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Reemplazo de rejillas para sumideros: unidad (ud). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo según la cantidad de rejillas para sumideros adecuadamente instaladas.
2. Instalación de nuevos sumideros en losa: unidad (ud). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo según la cantidad de sumideros adecuadamente instalados de acuerdo con los planos de proyecto.
3. Reparación o construcción de drenajes longitudinales y transversales (bordillos, canaletas): metro lineal (m). Deberá indicarse el diámetro nominal de la tubería para el caso de los drenajes.
4. Mortero de adherencia: metro cúbico (m^3).
5. Reemplazo o colocación de tubería vertical (PVC): metro lineal (m). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo según cantidad de tubería vertical de descarga adecuadamente instalada.
6. Accesorios para tuberías: unidad (ud).
7. Drenaje horizontal del muro de bastión se medirá de acuerdo con la *Sección 215 Sustitución o instalación de subdrenajes* del MCV-2015.

604.13 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 04-02.

Tabla 04-02. Renglones de pago para reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje

Ítem	Renglón de pago	Unidad
CR.204.14	*Excavación de zanjas temporales*	*m^3*
CV.215.01	*Sustitución o instalación de material filtrante*	*m^2*
CV.215.02	*Sustitución o instalación de tubería colectora de _____mm*	*m*
CV.215.03	*Sustitución o instalación de tubería de salida de_____*mm	*m*
CV.215.04	*Sustitución o colocación de relleno granular*	*m^3*
CV.215.05	*Sustitución o colocación de arena*	*m^3*
CV.215.06	*Suministro, sustitución o instalación de geosintético*	*m^2*
MP.604.01	*Remplazo tipo _____ para sumideros dañadas o faltantes*	*ud*
MP.604.04	*Instalación de nuevo sumidero en losa*	*ud*
MP.604.05	*Reparación o construcción de drenajes longitudinales y transversales, bordillos o canaletas para puentes de _____ mm*	*m*
MP.604.05	*Reemplazo o colocación de tubos de extensión vertical de descarga de _____mm*	*m*
MP.604.06	*Accesorios para tuberías tipo____*	*ud*

SECCIÓN 605: LIMPIEZA DE SUPERFICIES DE PUENTES CON AGUA A PRESIÓN

605.01 Objetivo

Preservar las superficies de puentes de concreto o acero mediante la limpieza con agua a presión hasta obtener una superficie sana, limpia y libre de basuras, vegetación, materiales extraños, óxido, manchas, insectos, roedores, murciélagos y colonias de aves que puedan afectar la estructura acelerando su deterioro y además afectar la seguridad y comodidad de los usuarios.

605.02 Alcance

Esta actividad abarca el lavado de la superficie de los puentes de concreto o acero con agua a presión. Los trabajos realizados deben incluir las tareas de limpieza de todas las superficies donde pueda haber acumulación de tierra u otros materiales que se adhieran a los elementos y que puedan retener humedad, acelerando los procesos de corrosión y por ende el deterioro del elemento. Los procedimientos de la presente actividad de conservación deben ser aplicados a todos los elementos principales y secundarios de la superestructura y a todos los elementos de la Subestructura [500], con excepción de Apoyos [50007], Fundaciones [50005] y Pilotes [50006].

En los puentes de acero, la limpieza debe ser llevada a cabo de forma tal que se elimine todo el óxido y manchas sobre la superficie, incluyendo el uso de inhibidores de óxido para superficies de acero. Adicionalmente, este trabajo debe efectuarse en circunstancias en que los elementos conserven su capacidad estructural, es decir, que no hayan sido corroídos extremadamente por el óxido. Adicionalmente, en puentes de concreto, la limpieza debe ser llevada a cabo de forma tal que se elimine el musgo u otras contaminantes adicionales que impidan al inspector detectar daños en el elemento de concreto tales como el agrietamiento.

La actividad de conservación *605 Limpieza de superficies de puentes con agua a presión* se puede separar según el tipo de superficie en los siguientes procedimientos de ejecución:

- 605.07: Limpieza con agua a presión de superficies de concreto
- 605.08: Limpieza con agua a presión de superficies de acero

605.03 Criterio de ejecución

La actividad *605 Limpieza de superficies de puentes de concreto o acero mediante agua a presión* debe ser programada de manera cíclica en un intervalo máximo de 4 años. Es recomendable realizar los procedimientos de la presente actividad de conservación previo a las *Inspecciones rutinarias* para facilitar el levantamiento y la identificación visual de los distintos defectos como lo son las fisuras, grietas, corrosión, entre otros defectos similares.

En la Figura 05-01 se observa la necesidad de realizar la limpieza con agua a presión en uno de los elementos de la cercha y en el bastión por la acumulación de basura y musgo en el puente sobre el río Macho en la Ruta Nacional n.° 408.



Figura 05-01. Necesidad de limpieza en cercha y bastiones por acumulación de basura y musgo del puente sobre el río Macho en la Ruta Nacional n.° 408
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2019

605.04 Materiales

Para la ejecución de esta actividad no se requiere el suministro de materiales, con excepción de aquellos requeridos para la efectiva limpieza como agua (según *Subsección 725.01 Agua* del CR-2020), detergente industrial, disolventes o inhibidores de óxido para superficies de acero, según lo establecido en la norma de The Society for Protective Coatings (SSPC) y de National Association of Corrosion Engineers (NACE), SSPC-SP 6/NACE n.° 3 *Limpieza Comercial* (SSPC y NACE, 2007). Los materiales deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

605.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: cisternas, compresoras, motobombas con pistolas y boquillas reductoras, grupo electrógeno, tolvas o cilindros, equipos neumáticos con pistolas y boquillas reductoras, hidrolavadora que incluye generador eléctrico, pistolas y boquillas reductoras, equipo de aire a presión para el secado de la superficie, equipo de acceso, cámara fotográfica, y cualquier otro equipo o herramienta especificado por la Administración.

605.06 Procedimiento de ejecución general

La limpieza de la superficie visible, con agua a presión (para todas las superficies), se realizará de conformidad con las especificaciones SSPC-SP 13/NACE n.° 6 *Preparación de Superficies de Concreto* (SSPC y NACE, 2003) o según las especificaciones SSPC-SP 12/NACE n.° 5 *Preparación de Superficie y Limpieza de Acero y otros Materiales Duros por Alta y Ultra Alta Presión con Chorro de Agua* (SSPC y NACE, 2002). El proceso a seguir dependerá de la solución técnica aprobada por la Administración, no obstante, el procedimiento podría ser alguno de los descritos en las Subsecciones 605.07 o 605.08 de las presentes especificaciones.

En la selección de la presión de agua en la limpieza de puentes de acero, a diferencia de la presión para limpieza de puentes de concreto, debe tenerse la precaución adicional de no afectar el sistema de protección de superficie. Lo anterior, ya que el sistema de protección del acero puede ser sensible a la presión de agua aplicada, pudiendo generarse, en el caso de aplicar una presión mayor a la requerida para la limpieza, daño o inclusive la pérdida completa del recubrimiento (normalmente con presiones iguales o mayores a 70 MPa las cuales deben ser utilizadas únicamente en los casos en los que se va a sustituir el sistema de protección de superficie).

605.07 Procedimiento: Limpieza con agua a presión en superficies de concreto

El procedimiento *limpieza con agua a presión en superficies de concreto* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Antes de iniciar con el lavado a presión, se deben retirar todos los elementos ajenos al puente que se encuentren acumulados y que no deben ser removidos mediante el uso de agua a presión ya que se debe evitar que estos caigan al cuerpo de agua o calle por la que se sobrepone la estructura. Todos estos elementos deben ser recolectados y acumulados para su traslado en sitios que no afecten el tránsito sobre la estructura o que no afecten otros componentes como drenajes o juntas de expansión.

2. Proceder a la limpieza de la superficie del puente con agua limpia, a presión variable entre 34 a 70 MPa. Se debe aplicar repetidamente el agua a presión hasta asegurarse que la superficie intervenida quede libre de malezas, musgo, polvo y demás elementos ajenos que estén acumulados en la superficie. Preferiblemente, la aplicación del chorro de agua debe realizarse avanzando en el mismo sentido en el que va a escurrir el agua a través de la estructura.

3. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

605.08 Procedimiento: Limpieza con agua a presión en superficies de acero

El procedimiento *limpieza con agua a presión en superficies de acero* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Antes de iniciar con el lavado a presión, se deben retirar todos los elementos ajenos al puente que se encuentren acumulados y que no deben ser removidos mediante el uso de agua a presión ya que se debe evitar que estos caigan al cuerpo de agua o calle por la que se sobrepone la estructura. Todos estos elementos deben ser recolectados y acumulados para su traslado en sitios que no afecten el tránsito sobre la estructura o que no afecten otros componentes como drenajes, juntas de expansión o inclusive la seguridad vial en la carretera.

2. Proceder a la limpieza hasta cubrir toda la superficie de acero, eliminando mediante la aplicación de agua a presión la oxidación, suciedad, vegetación, escombros, aceites u otra sustancia líquida hasta que la superficie de acero alcance un color mate uniforme. El trabajo debe realizarse iniciando con una limpieza con agua a presión baja, lo cual implica una presión variable menor a 34 MPa. Cuando sea necesario para la limpieza, y cuando se identifique que una presión mayor no generará ningún daño al sistema de protección del elemento, se puede realizar la limpieza con agua a alta presión, variando la presión (de forma incremental) entre 34 MPa hasta un máximo de 70 MPa. Cualquier daño generado al sistema de protección deberá ser reportado a la Administración, y deberá ser reparado por cuenta del Contratista.

3. Asegurar que todas las superficies hayan quedado libres de acumulación de tierra u otros materiales que se adhieren a las piezas metálicas y que puedan retener humedad, y si se requiere, volver a limpiar con agua a presión hasta obtener superficies totalmente limpias y libres de cualquier mancha.

4. Se debe acelerar el secado de la superficie lavada mediante el uso de equipo de aire a presión. Posterior a que el área se encuentre seca, se deben aplicar los inhibidores de óxido para superficies de acero, cuando así se requiera, según lo especificado por la norma SSPC-SP 12/NACE n.° 5 y las recomendaciones del fabricante.

5. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

605.09 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Limpieza con agua a presión en superficies de concreto: metros cuadrados (m^2).
2. Limpieza con agua a presión en superficies de concreto: horas (h).
3. Limpieza con agua a presión en superficies de acero: metros cuadrados (m^2). La aplicación de inhibidores de óxido deberá cuantificarse y pagarse según Punto 5.
4. Limpieza con agua a presión en superficies de acero: horas (h). La aplicación de inhibidores de óxido deberá cuantificarse y pagarse según Punto 5.
5. Aplicación de inhibidores de óxido: metros cuadrados (m^2). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir la aplicación de inhibidores de óxido de acuerdo con el área requerida. En casos específicos, cuando la Administración lo determine, será posible medir los trabajos realizados de acuerdo con los litros (l) de inhibidor de óxido consumido para cubrir toda la superficie. En este caso será responsabilidad de la Administración establecer el método a través del cual cuantificará y verificará el consumo del material.

605.10 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 05-02.

Tabla 05-02. Renglones de pago para limpieza de superficies con agua a presión

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.605.01	*Limpieza de superficies de concreto con agua a presión*	m^2
MP.605.02	*Limpieza de superficies de concreto con agua a presión*	h
MP.605.03	*Limpieza de superficies de acero con agua a presión*	m^2
MP.605.04	*Limpieza de superficies de acero con agua a presión*	h
MP.605.05	*Aplicación de inhibidores de oxidación*	m^2
MP.605.06	*Aplicación de inhibidores de oxidación*	l

SECCIÓN 606: LIMPIEZA Y SELLADO DE GRIETAS EN ELEMENTOS DE CONCRETO

606.01 Objetivo

Recuperar y preservar el comportamiento estructural y la resistencia a la penetración de la humedad del puente evitando que se produzcan daños mayores, limpiando y sellando las grietas en el concreto mediante la aplicación de resinas epóxicas por inyección a presión o sólo por gravedad.

606.02 Alcance

Esta actividad consiste en ejecutar la limpieza total (extracción y remoción) de todo material extraño que se encuentre dentro de las fisuras y grietas no estructurales y su reparación en los elementos de concreto y concreto presforzado de puentes; con el fin de dejarlos en condiciones similares a la construcción original. Esta actividad se hará siempre y cuando las reparaciones sean puntuales o localizadas y en concretos con más de 28 días de curado. A su vez, solo aplica para grietas que no requieran una intervención a nivel estructural que, de ser así, se deberá atender por medio de rehabilitación, según se determine mediante una evaluación estructural detallada.

La determinación del nivel de deterioro y el tipo de intervención, será según la metodología de evaluación que determine la Administración, no obstante, las técnicas para reparar este tipo de daños mantienen algunos aspectos básicos comunes, que son los que se especifican en esta sección, sin perjuicio a que los estudios especializados, aplicados a las condiciones específicas de cada caso, puedan recomendar soluciones diferentes.

Esta actividad no incluye la reparación del tipo de elemento superficie de desgaste de asfalto [1000402] ya que este se interviene por medio de la actividad de conservación *612 Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico* de este manual de conservación.

La actividad de conservación *606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto* se puede separar según la extensión, distribución de las grietas y el tipo de reparación en los siguientes procedimientos:

- 606.07: Sellado de grietas mediante inyección
- 606.08: Sellado de grietas mediante relleno por gravedad

606.03 Criterio de ejecución

La actividad *606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado, con excepción de la aplicación de este procedimiento a los componentes Superestructura (Tablero) [400] y Superestructura (Losa de concreto reforzado – concreto presforzado - madera) [405], en cuyo caso, deberá ser programado de manera cíclica en un intervalo máximo de 5 años.

La definición y las características de los trabajos por realizar deben ser el resultado de análisis y de estudios realizados por profesionales experimentados en el campo de las estructuras de puentes, en consideración a que este tipo de daños generalmente representan un potencial generador de problemas más graves. Se ejecutará esta actividad lo más pronto posible a partir de la observación de su condición defectuosa y de deterioro, que amenace con producir y acelerar daños mayores en la estructura.

En la Figura 06-01 se observa la necesidad de realizar la limpieza y el sellado de una grieta aislada en bastión de concreto en el puente sobre el río Ahogados en la Ruta Nacional n.° 01.



Figura 06-01. Necesidad de limpieza y sellado de grieta en bastión de concreto del Puente sobre el río Ahogados en la Ruta Nacional n.° 01
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2019

Según el documento *"Control of Cracking of Concrete Structures (224R-01)"* (American Concrete Institute [ACI], 2001), existe un ancho de grieta tolerable que varía según las condiciones de exposición del elemento de concreto. En caso de que el espesor de la grieta supere los anchos que se muestran en la Tabla 06-01, debe aplicarse alguno de los procedimientos de la presente sección. Para elementos de concreto presforzado, el Instituto de Concreto Prefabricado y Presforzado (PCI por sus siglas en inglés para "*Precast/Prestressed Concrete Institute*") los procedimientos descritos aplican para grietas con un ancho mayor de 0,15 mm (0,006 in).

Tabla 06-01. Espesor de grieta tolerable según condiciones de exposición

Condición de exposición	Ancho de grieta (mm)
Aire seco o membrana protectora	0,41
Humedad, aire húmedo, suelo	0,30
Agua de mar y rocío de agua de mar, humedecimiento y secado	0,15

Fuente: Adaptado de ACI, 2001

Finalmente, las grietas que son causadas por corrosión del acero de refuerzo no deben ser reparadas por los métodos descritos en esta sección, ya que la corrosión continuará causando la aparición de más grietas en el elemento de concreto. Asimismo, no deben ser reparadas por este procedimiento grietas generadas por problemas mayores como agrietamiento por asentamientos o por sobrecargas que generan esfuerzos de tensión, ya sea por flexión o cortante, mayores a la capacidad del elemento. En la Figura 06-02 se muestran los tipos de agrietamiento más comunes para los distintos elementos del puente.

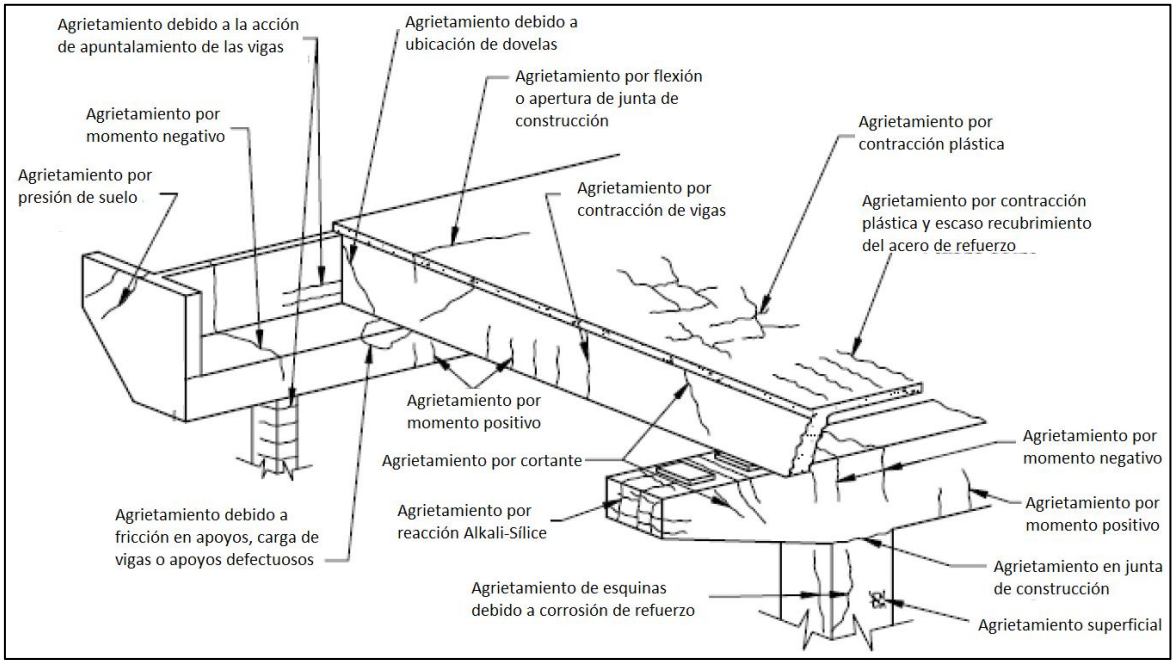


Figura 06-02. Tipos de agrietamiento más comunes en elementos de una estructura de puente
Fuente: Adaptado de VICROADS, 2018

606.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 06-02. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 06-02. Materiales posibles para ejecución de actividad 606

Material	Apartado CR-2020
Pegamentos en concreto estructural	568.02
Sellantes y relleno para juntas y grietas	712.01 (a)
Adhesivos epóxicos de resina	725.21
Agua	725.01
Boquillas de inyección	-

606.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad deberán considerar las recomendaciones de los proveedores de los materiales a utilizar, no obstante serán al menos: hidrolavadora, grupo electrógeno, boquillas, mangueras, equipo mecánico de chorro de aire a alta presión, taladro de paleta de bajas revoluciones (400 r.p.m. a 600 r.p.m.), un recipiente de mezclado limpio y seco, un equipo de inyección (pistola manual o sistema de aire comprimido), escobillones de goma, rodillos, discos y equipo abrasivo (para acabado de superficie), una cámara fotográfica y cualquier otro equipo o herramienta sugerido por el fabricante del sellador a utilizar o especificado por la Administración.

606.06 Procedimiento de ejecución general

En general los procedimientos constructivos deberán atender en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 552 Concreto estructural* del CR-2020.

La Administración antes de iniciar con esta actividad, deberá identificar, de acuerdo con los diseños o las condiciones existentes de la ruta, todos aquellos servicios públicos afectados que deban ser reubicados, lo cual será coordinado con la institución correspondiente.

Previo a realizar cualquiera de los procedimientos descritos en las Subsecciones 606.07 y 606.08, el Contratista deberá realizar, como mínimo, pero sin limitarse a ello, los pasos descritos a continuación:

1. Realizar la preparación de la grieta según lo indicado en la *Subsección 568.03 Preparación de la grieta* del CR-2020. En general, se debe:

   a) Limpiar el área de la superficie de la grieta, incluyendo un ancho de 100 mm a cada lado de ella. Lo anterior para asegurar la unión con los materiales que se utilicen para el sellado de la parte superior de la grieta. Es recomendable utilizar cepillos eléctricos para evitar el polvo excesivo que podría penetrar la grieta en el caso de utilizar esmeriladores mecánicos. Se puede utilizar equipo a presión, agua o aire, para eliminar aceite u otros contaminantes que se encuentren en la superficie.

   b) Limpiar la grieta en toda su profundidad perfectamente mediante chorro de agua, pulido, chorro de arena u otro procedimiento similar, que elimine la suciedad, el polvo, el sello o relleno antiguo y cualquier material que se encuentre suelto; se terminará con una limpieza con aire a presión, asegurándose que éste no contenga aceites u otros contaminantes que pudieran impedir o limitar la adherencia del producto sellador. En el caso en el que se utilizó agua como método de limpieza, debe asegurarse que la superficie se encuentre libre de agua una vez se vaya a aplicar la resina epóxica ya que algunas de estas son sensibles a la humedad.

   c) Revisar y conocer todos los procedimientos, limitaciones y precauciones de acuerdo con los instructivos y las recomendaciones técnicas del fabricante del sellante. Evitar el contacto con ojos y piel. Para programar adecuadamente las cantidades por preparar cada vez, es indispensable conocer el tiempo de curado del producto sellador.

2. Verificar las condiciones ambientales para la aplicación de las resinas de inyección y los sellos epóxicos, teniendo en cuenta que la temperatura ideal está comprendida entre 10˚ C y 20˚ C y que no se deben aplicar en presencia de lluvia, o con una temperatura del sustrato o del ambiente inferior a 5˚ C o superior a 30˚ C. Con temperaturas bajas aumenta la viscosidad del producto. Debido a las características de la resina, la grieta o fisura puede estar seca o húmeda, pero sin agua libre antes de ejecutar la aplicación. Deberá tenerse presente, además, cualquier otra limitante o precaución que recomiende el fabricante del producto para sellar.

3. Para el material de sello a utilizar en la reparación, se debe proporcionar una certificación del fabricante identificando las principales propiedades, así como el envase, número de lote, material, cantidad, fecha, tiempo de manufacturado, nombre y dirección según lo indicado en el Punto a de la *Subsección 712.01 Sellantes, sellos y rellenos* del CR-2020.

606.07 Procedimiento: Sellado de grietas mediante inyección

El procedimiento *Sellado de grietas mediante inyección* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. El procedimiento de inyección de grietas deberá cumplir con lo establecido en el procedimiento descrito en la *Sección 568 Pegamentos en Concreto Estructural* del CR-2020 y las recomendaciones de la guía práctica *"Structural Crack Repair by Epoxy Injection (RAP-1)"* (ACI, 2011b) o en su versión más actualizada.

2. La selección de la resina epóxica a utilizar debe realizarse teniendo en consideración los siguientes factores: viscosidad, módulo de elasticidad, tiempo de trabajabilidad, tolerancia a la humedad, color y resistencia a la compresión, flexión y tensión. Se deberá utilizar un material epóxico de dos componentes y se mantendrá la relación de mezcla, de acuerdo con lo indicado por el fabricante, con una tolerancia del 5% por volumen. Asimismo, deberá determinarse si la grieta se encuentra activa o inactiva y si hay presencia de humedad o no para la selección de la resina epóxica que se debe utilizar.

3. Verificar que las aristas o bordes de la grieta se encuentren firmes; de no ser así, se debe picar o formar mediante una herramienta adecuada una ranura en forma de "V" a lo largo de la grieta con una profundidad mínima de 10 mm o hasta encontrar concreto firme y sano.

4. Colocar las boquillas de inyección (puntos de entrada) en la superficie a lo largo de la grieta. La distancia entre esos puntos no debe exceder el espesor del elemento o la profundidad de la grieta. Si la grieta traspasa de un lado a otro, en el caso de muros se colocarán boquillas por ambas caras en alturas escalonadas, y en el caso de losas se sellará previamente la grieta en la superficie inferior con el agente adhesivo epóxico.

5. Aplicar la colocación del sello superficial teniendo en cuenta el siguiente procedimiento:

   a) Preparar el agente adhesivo epóxico y de confinamiento que funcionará como sello externo de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Mezclar totalmente los

contenidos de los envases del producto en el recipiente de mezclado, conforme lo prescrito en su hoja técnica o solamente la cantidad de material que se puede aplicar dentro del período antes que endurezca. En caso de que el volumen a inyectar sea inferior al que entregan los envases, se podrán subdividir los componentes del sellador respetando rigurosamente la proporción de mezcla indicada en los datos técnicos del fabricante del producto.

b) Sellar la grieta superficialmente en toda su longitud y alrededor de las boquillas mediante el agente adhesivo epóxico, incluso en la ranura en "V", si corresponde. La aplicación del sello superficial debe realizarse de manera consistente en todo el largo de la grieta con un ancho mínimo de 25 mm de ancho por 5 mm de espesor según se muestra en la Figura 06-03.

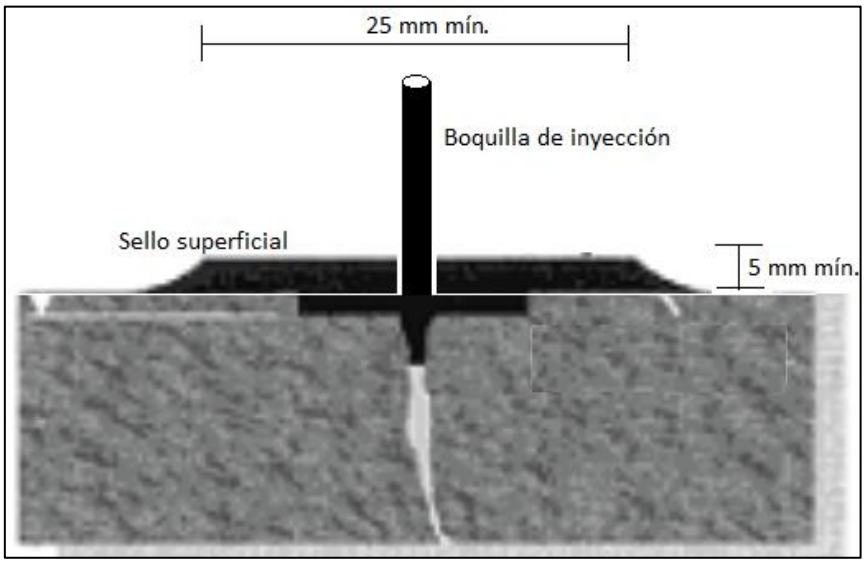


Figura 06-03. Configuración de sello superficial para inyección de grietas en concreto

c) Una vez endurecido el material sellante, para lo que generalmente se dejan transcurrir 24 horas, verificar que existe un sistema abierto aplicando aire comprimido por todos los puntos (pruebas neumáticas entre boquillas, para determinar conexiones entre ellas y la extensión de la fisura). Se efectuará el marcado de boquillas con conexión entre sí y la rectificación de boquillas sin conexión. Este procedimiento sirve, además, para expulsar restos de polvo, agua u otro contaminante de la grieta y para verificar el total confinamiento de ésta.

6. Aplicar la inyección de resina para sellar según lo indicado en la *Subsección 568.04 Procedimientos de inyección* del CR-2020 y teniendo en cuenta el siguiente procedimiento:

a) Preparar el producto para sellar de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Mezclar totalmente los contenidos de los envases del producto en el recipiente de mezclado,

conforme lo prescrito en su hoja técnica o solamente la cantidad de material que se puede aplicar dentro del período antes de que endurezca. En caso de que el volumen a inyectar sea inferior al que entregan los envases, se podrán subdividir los componentes del aditivo, respetando rigurosamente la proporción de mezcla indicada en los datos técnicos del fabricante.

b) Efectuar la inyección a presión constante (276 KPa a 689 KPa), con el fin de lograr un completo llenado y penetración de la grieta sin incorporar aire o vacíos en la resina epóxica. En una grieta horizontal, se suele comenzar realizando la inyección por la parte más ancha de la grieta mientras que en una grieta vertical se debe comenzar inyectando por el punto de entrada más bajo de la grieta y continuar hasta que el adhesivo comience a salir por la boquilla superior adyacente. Para continuar la inyección se debe asegurar que la resina ha llenado completamente la grieta entre ambos puntos; luego, obturar el primer punto e iniciar la inyección en el siguiente hasta que la resina vuelva a aflorar en el punto próximo; en el caso que la grieta atraviese el total del elemento se debe verificar, además, que el adhesivo comience a salir por el punto opuesto más próximo en la otra cara del elemento (con excepción de losas o elementos horizontales). Obturar el punto opuesto y seguir inyectando según el procedimiento descrito. Si el adhesivo no fluye por el lado opuesto, se deberá inyectar el elemento por ambas caras; en el caso que hubiera puntos en los cuales no penetró, o en que no aflora la resina, se debe dejar un registro de lo ocurrido para una evaluación posterior por parte de la Administración; continuar la secuencia hasta inyectar la totalidad de la grieta.

c) Efectuar la terminación del sellado de la grieta, una vez que ha curado o endurecido la resina de inyección, se deben remover los excesos, el sello superficial y los puertos de inyección mediante disco abrasivo u otro método mecánico, hasta lograr una superficie lisa, suave y en el mismo plano que el concreto adyacente. No deberán quedar salientes ni protuberancias en los puntos de entrada.

7. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación. Se debe cuidar que los elementos reparados queden sin manchas notorias en las áreas adyacentes a la grieta sellada.

En la Figura 06-04 se muestra un el resumen del procedimiento de inyección de grietas a presión descrito anteriormente.

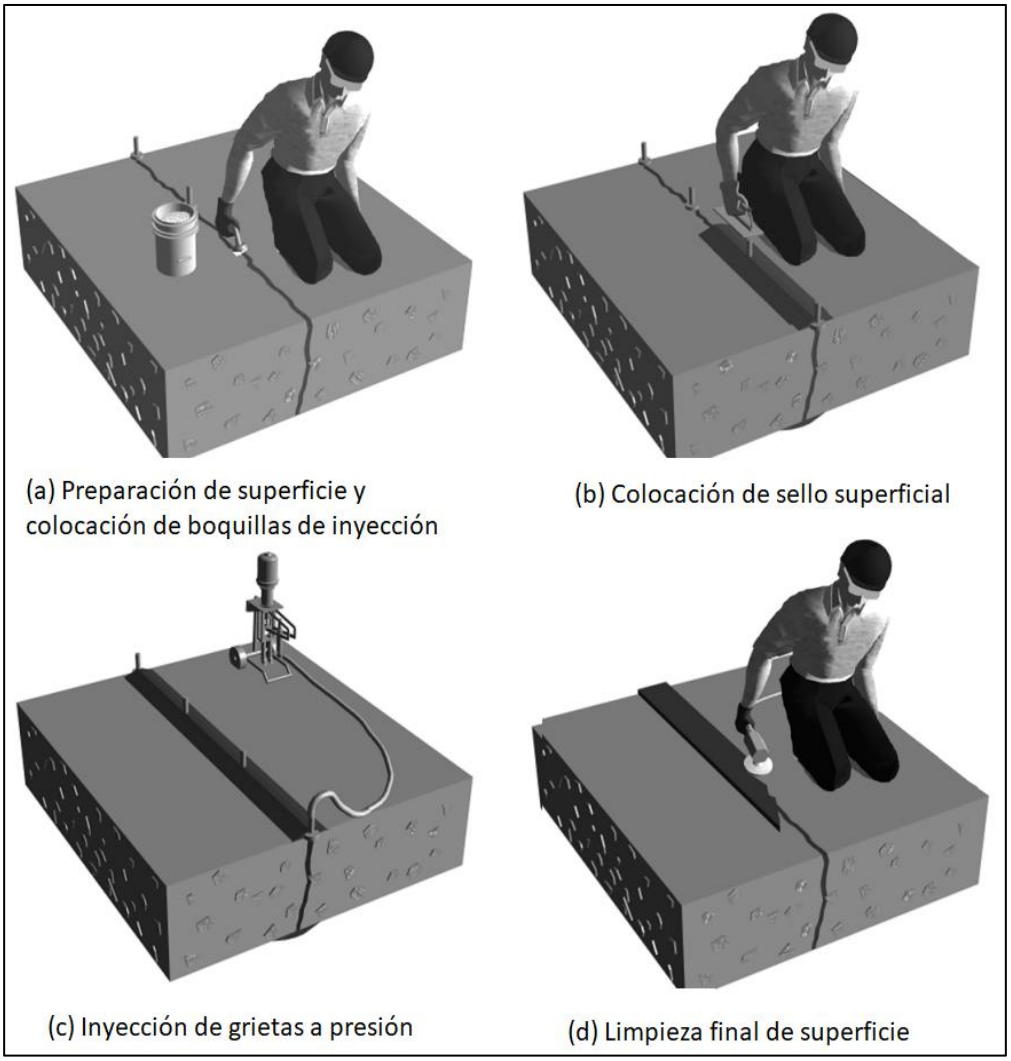


Figura 06-04. Procedimiento de sellado de grietas por inyección
Fuente: Adaptado de ACI, 2011b

606.08 Procedimiento: Sellado de grietas mediante relleno por gravedad

El procedimiento *sellado de grietas mediante relleno por gravedad* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. El procedimiento de inyección de grietas deberá cumplir con las recomendaciones de la guía práctica *"Crack Repair by Gravity Feed with Resin (RAP-2)"* (ACI, 2011a).

2. Verificar que las aristas o bordes de la grieta se encuentren firmes; de no ser así, se debe picar o formar mediante una herramienta adecuada una ranura en "V" a lo largo de la grieta con una profundidad mínima de 10 mm, o hasta encontrar concreto firme y sano. Cuando no haya sido necesario crear la ranura en forma de "V" alrededor de la grieta, se deberá formar un cordón continuo, que se debe ir cerrando cada cierto trecho de manera de crear varios diques.

3. En el caso en el que las grietas se encuentren a todo lo largo y sean de profundidad completa, debe realizarse un sellado de la parte inferior de las grietas para prevenir la pérdida de resina.

4. Preparar el agente adhesivo para confinamiento de acuerdo con las instrucciones del fabricante. En ningún caso, preparar más cantidad de la que se pueda utilizar antes que se endurezca.

5. Preparar el producto para sellar de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Debe asegurarse que el producto a utilizar tenga viscosidades menores a 200 cps (consistencia muy fluida) y una baja tensión superficial para permitir que penetren fácilmente solo por gravedad en las grietas finas. En ningún caso preparar más cantidad que la que se pueda utilizar antes que se endurezca. Vaciarlo en forma uniforme y continua a lo largo de los diques o canales en "V" de manera que se logre un llenado completo de la grieta, sin incorporar vacíos o aire al producto de sellado. Se pueden utilizar escobillones de goma planos o escobas o rodillos para facilitar la distribución de la resina a lo largo de la grieta.

6. El mínimo tiempo de penetración deberá ser de 20 minutos, sin embargo, se deben seguir las recomendaciones del fabricante para establecer el tiempo de penetración. Se debe realizar una verificación del resultado y dejar constancia por escrito por parte de la Administración, cuando se presenten situaciones en que el sellante no penetró bien en la grieta o sólo lo hizo parcialmente.

7. Efectuar el terminado final de la superficie una vez que la mezcla haya endurecido en la zona de la grieta reparada, para lo cual el sello superficial que sobresalga de la superficie del elemento se deberá remover mediante discos abrasivos u otras herramientas adecuadas, hasta lograr una superficie lisa, suave y en el mismo plano que el concreto que rodea la grieta.

8. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobados por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación. Se debe cuidar que los elementos reparados queden sin manchas notorias en las áreas adyacentes a la grieta sellada.

En la Figura 06-05 se muestra un resumen del procedimiento de sellado de grietas por gravedad descrito anteriormente.

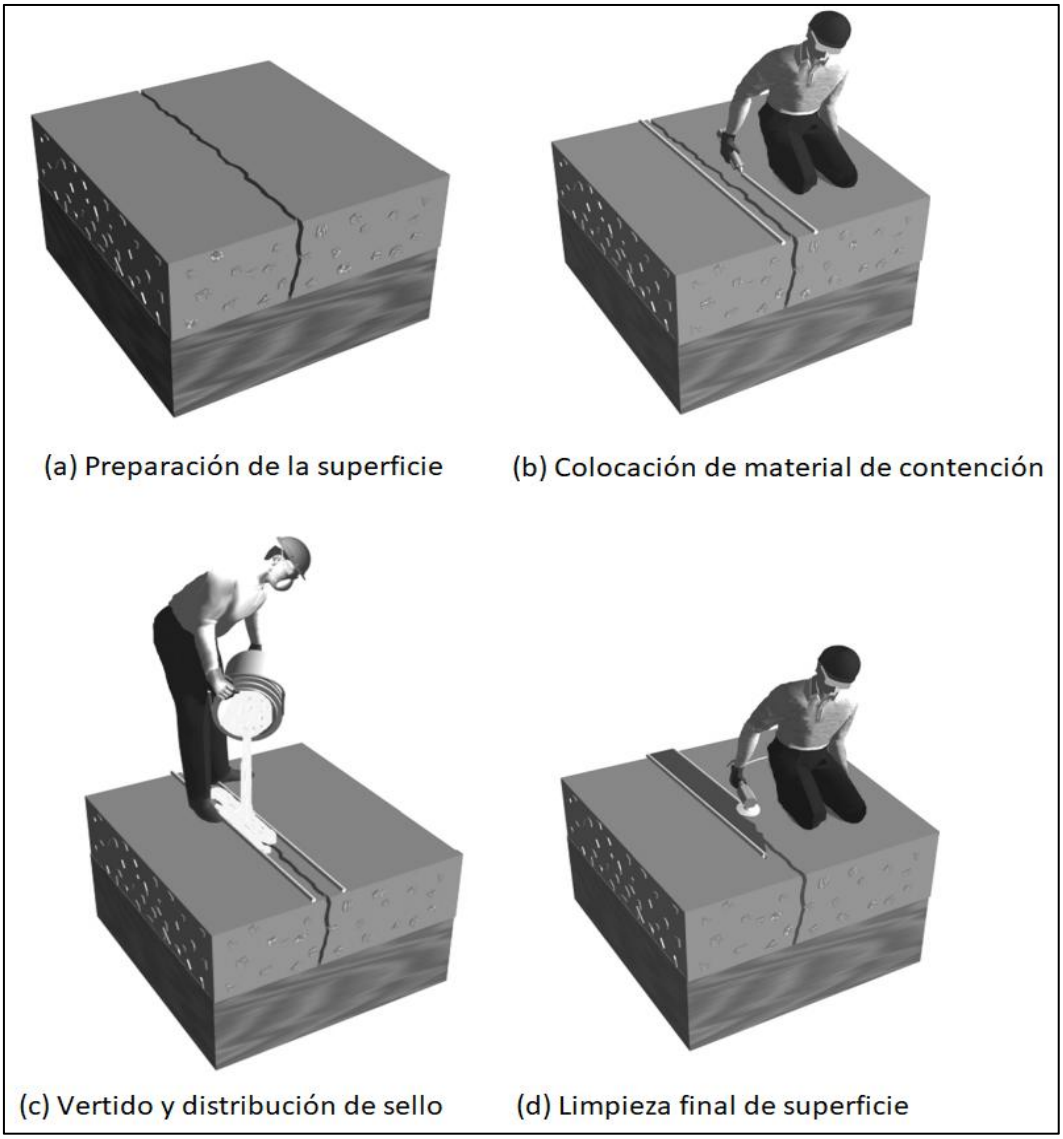


Figura 06-05. Procedimiento de sellado de grietas por gravedad
Fuente: Adaptado de ACI, 2011a

606.09 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Limpieza y sellado de grietas mediante inyección: metros lineales (m). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo de acuerdo con los metros lineales de grietas que fueron selladas adecuadamente. En casos específicos, cuando la Administración lo determine, será posible medir los trabajos realizados de acuerdo con los litros (l) de adhesivo epóxico consumido para sellar la grieta. En este caso será

responsabilidad de la Administración establecer el método a través del cual cuantificará y verificará el consumo del material.

2. Limpieza y sellado de grietas mediante relleno por gravedad: metros cuadrados (m^2). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo de sellado de grietas de acuerdo con el área delimitada para el vertido del material epóxico. En casos específicos, cuando la Administración lo determine, será posible medir los trabajos realizados de acuerdo con los litros (l) de adhesivo epóxico consumido para sellar la grieta. En este caso será responsabilidad de la Administración establecer el método a través del cual cuantificará y verificará el consumo del material.

606.10 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 06-03.

Tabla 06-03. Renglones de pago para limpieza y sellado de grietas

ITEM	RENGLÓN DE PAGO	Unidad
MP.606.01	*Limpieza y sellado de grietas mediante inyección*	m
MP.606.02	*Limpieza y sellado de grietas mediante inyección*	l
MP.606.03	*Limpieza y sellado de grietas mediante relleno por gravedad*	m^2
MP.606.04	*Limpieza y sellado de grietas mediante relleno por gravedad*	l

SECCIÓN 607: REPARACIÓN DE SUPERFICIE DE ELEMENTOS DE CONCRETO

607.01 Objetivo

Mantener la superficie del concreto en las mejores condiciones posibles para prevenir daños futuros de mayor gravedad, como corrosión de aceros, en los elementos de concreto de un puente de forma tal que se pueda asegurar su integridad estructural y adecuado funcionamiento.

607.02 Alcance

Esta actividad consiste en ejecutar los trabajos necesarios para reparar el concreto de elementos estructurales de puentes, que se han deteriorado superficialmente. Lo anterior, siempre que estos deterioros sean puntuales o localizados y no signifiquen un problema de tipo estructural. Asimismo, esta actividad consiste en la limpieza total (extracción y remoción) de todo material de las áreas dañadas, así como su recolección y acarreo al sitio debidamente aprobado por la Administración.

Esta actividad no incluye la reparación de los elementos como superficie de desgaste del puente [10004], los sistemas de contención vehicular (puente) [30001] y sistema de contención vehicular (medianera) [30003] ya que estos se intervienen por medio de otras secciones de estas especificaciones de conservación. En el caso de reparaciones superficiales en elementos de concreto presforzado, estas deben ser llevadas a cabo mediante la actividad de conservación *623 Reparación de superficie de elementos de concreto presforzado* y no mediante los procedimientos descritos en la presente sección.

La actividad de conservación *607 Reparación superficie de elementos de concreto* se puede separar según la profundidad de la reparación que es necesaria en los siguientes procedimientos de ejecución:

- 607.07: Reparación de superficie de concreto tipo I
- 607.08: Reparación de superficie de concreto tipo II
- 607.09: Reparación de superficie de concreto tipo III

607.03 Criterio de ejecución

La actividad *607 Reparación de superficie de elementos de concreto* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado, con excepción de la aplicación de los procedimientos *607.07* y *607.08* a los componentes Superestructura (Tablero) [400] y Superestructura (Losa de concreto reforzado – concreto presforzado - madera) [405], en cuyo caso, deberá ser programado de manera cíclica en un intervalo máximo de 5 años.

La definición y las características de los trabajos por realizar deben ser el resultado de análisis y de estudios realizados por profesionales experimentados en el campo de puentes, en consideración a que este tipo de daños generalmente representan un potencial generador de problemas más graves. La determinación del nivel de deterioro y el tipo de intervención, será según la

metodología de evaluación que determine la Administración, no obstante, como referencia, pero sin limitarse a ello, se deben considerar los siguientes aspectos para justificar las intervenciones que se proponen en esta sección: presencia de deterioros como desintegración, desgaste, escamaduras, descascaramiento, agujeros en toda la profundidad del elemento y daños en la superficie de concreto similares.

La actividad de conservación *607 Reparación de superficie de concreto* se divide en tres distintos procedimientos dependiendo de la profundidad de la reparación que sea necesaria. El procedimiento *607.07 Reparación de superficie de concreto tipo I* corresponde a una reparación superficial en la cual no se encuentra el acero de refuerzo expuesto. El procedimiento *607.08 Reparación de superficie de concreto tipo II* corresponde a una reparación de superficie en la cual si se observa el acero de refuerzo expuesto pero dicha reparación no alcanza toda la profundidad del elemento. Finalmente, el procedimiento *607.09 Reparación de superficie de concreto tipo III* corresponde a aquella reparación en la que se alcanza toda la profundidad del elemento de concreto. Es más común que se presente la necesidad de aplicar la reparación tipo III en componentes como Superestructura (Tablero) [400] y Superestructura (Losa de concreto reforzado – concreto presforzado - madera) [405], sin embargo, no se descarta la posibilidad de que este defecto se presente en otros componentes o elementos del puente. En cualquiera de los casos, la reparación tipo III amerita una atención inmediata una vez que el defecto ha sido identificado, así como evaluación de un experto en puentes para determinar la causa del problema y si la misma no amerita una intervención distinta a la presentada.

En la Figura 07-01 se muestra deterioro superficial de la losa de concreto del puente sobre el río Nandayure en la Ruta Nacional n.° 21 (a) y un daño correspondiente a un agujero en toda la profundidad de la losa del puente sobre el río Toro en la Ruta Nacional n.° 140 (b).



a-Puente sobre río Nandayure Ruta Nacional n˚. 21 *b- Puente sobre río Toro Ruta Nacional n˚. 140*

Figura 07-01. Necesidad de reparación de superficie de concreto tipo I (a) y tipo III (b)
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2015

607.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 07-01. Los materiales

presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 07-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 607

Material	Apartado CR-2020
Adhesivos epóxicos de resina (1)	725.21
Lechada (relleno fluido)	725.22
Mortero de polímero (2)	-
Concreto Estructural	552.02
Agua	725.01
Acero de refuerzo (materiales)	554.02
Encofrados	725.27
Obras temporales	562.02
Notas: (1) La resina sintética para puente de adherencia debe ser Tipo V según la normativa AASHTO M 235 (ASTM C 881). (2) El mortero elaborado con base en resinas sintéticas es predosificado especialmente para este tipo de reparaciones y se debe colocar ajustándose estrictamente a las instrucciones del fabricante. Con el producto por utilizar se debe obtener en obra resistencias medidas a los 28 días acorde al elemento a reparar.	

607.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: martillos, cinceles, llana metálica y otras herramientas similares, brochas, rodillos, compresor de aire, encofrado, equipo de demolición para concreto, carretillos, equipo para corte de concreto, mezcladora de concreto, equipo de doblado y corte de varilla, una cámara fotográfica y cualquier otro equipo o herramienta especificado por la Administración.

607.06 Procedimiento de ejecución general

En general los procedimientos constructivos deberán atender en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 552 Concreto estructural* del CR-2020. Asimismo, previo a realizar cualquiera de los procedimientos descritos en las Subsecciones 607.07, 607.08 o 607.09, el Contratista deberá realizar, como mínimo, pero sin limitarse a ello, los pasos descritos a continuación:

1. Realizar una limpieza general, ya sea por medios manuales o mecánicos, de la zona a intervenir. Lo anterior, para facilitar la delimitación de la zona de trabajo y evitar la contaminación como polvo u otros elementos que perjudiquen la calidad de los trabajos.

1. Demarcar las áreas a intervenir previamente aprobada por la Administración. Estas áreas deberán ser más grande que la zona fallada visible, debiendo abarcar aquellas zonas adyacentes que pudieran tener defectos ocultos. La identificación de estas zonas puede lograrse mediante simples técnicas sonaras, como golpear la región con un martillo, un tubo de acero, o arrastrando una cadena. Un sonido metálico y agudo es evidencia de una

superficie de concreto en buen estado, mientras que uno hueco o apagado alerta sobre una posible falla. En caso de que la Administración lo considere necesario, en los casos en los que el daño es muy extendido, pueden utilizarse ensayos no destructivos con el fin de evaluar la profundidad y extensión del daño.

2. En caso de que se visualice el acero de refuerzo (reparaciones tipo II y III), se debe verificar que no haya indicios de corrosión en el acero de refuerzo o de lo contrario debe aplicarse el procedimiento *608 Reparación de concreto con corrosión en el acero de refuerzo.*

607.07 Procedimiento: Reparación de superficie de concreto tipo I

El procedimiento *reparación de superficie de concreto tipo I* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

2. La zona delimitada para intervenir, deberá tener una forma regular, preferiblemente rectangular, de forma que encierre toda la zona afectada y que se encuentre alineada con cualquiera de los ejes longitudinales del elemento a intervenir.

3. Realizar un corte en un ángulo de 60˚ a lo largo de todo el perímetro del rectángulo delimitado. La profundidad del corte deberá ser cercano a los 19 mm y con la precaución de no afectar el acero de refuerzo más superficial (ver Figura 07-02).

4. Mediante el uso de martillos, cinceles y otras herramientas similares se deberá remover completamente todo el concreto que no se encuentre firme y correctamente adherido dentro la zona delimitada hasta que solo se encuentre concreto firme y sano.

5. Nuevamente, se deberá limpiar con aire a presión, asegurándose que éste se encuentre libre de aceite u otros contaminantes.

6. Verificar con las especificaciones del fabricante del producto por utilizar para la reparación si se requiere preparar la superficie por reparar, colocando algún tipo de adhesivo epóxico. En caso de ser requerido el puente de adherencia, este debe colocarse siguiendo las indicaciones del fabricante y conforme a lo indicado en la *Subsección 725.21 Adhesivos epóxicos de resina* del CR-2020.

7. Preparar el mortero de reparación de manera que se obtenga una mezcla perfectamente homogénea y que se ajuste a la dosificación prescrita; se debe colocar dentro del tiempo recomendado por el fabricante. La resistencia del mortero a utilizar deberá ser al menos la misma del elemento a reparar o según defina la Administración. El puente de adherencia o el adhesivo debe encontrarse fresco al colocar la mezcla. La aplicación puede hacerse con una llana metálica u otra herramienta similar.

8. Colocar el mortero de reparación en una operación continua. En general, salvo que las instrucciones del fabricante señalen otra cosa, no se deberá vaciar mortero de reparación cuando está lloviendo y cuando la temperatura de la superficie por reparar sea inferior a 5°C o superior a 30°C. Se debe dar una textura superficial tan parecida como sea posible a la de la superficie no intervenida.

9. Curar el mortero de acuerdo con las especificaciones del fabricante y proceder a limpiar completamente la zona de trabajo, especialmente las superficies colindantes a la intervenida. Trasladar los materiales sobrantes al depósito de excedentes previsto para tal efecto, previamente aprobado por la Administración.

10. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

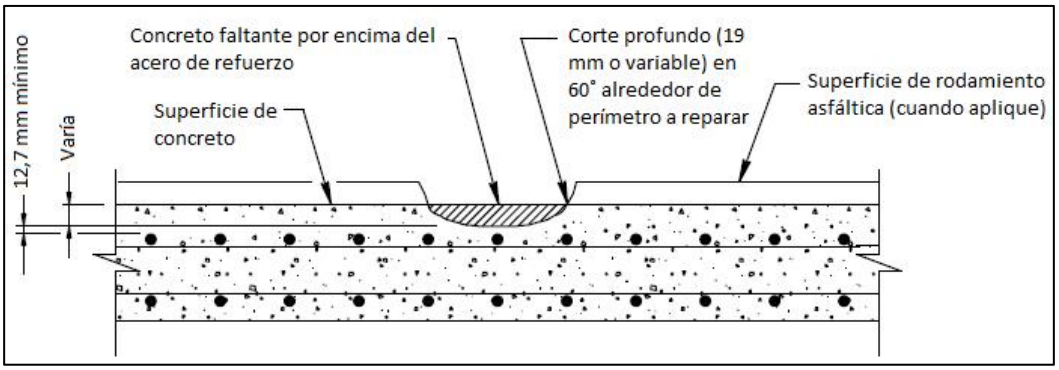


Figura 07-02. Reparación de elemento de concreto tipo I
Fuente: Adaptado de PennDOT, 2019

607.08 Procedimiento: Reparación de superficie de concreto tipo II

El procedimiento *reparación de superficie de concreto tipo II* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. La zona delimitada para intervenir, deberá tener una forma regular, preferiblemente rectangular, de forma que encierre toda la zona afectada y que se encuentre alineada con cualquiera de los ejes longitudinales del elemento a intervenir.

2. Realizar un corte en un ángulo de 60˚ a lo largo de todo el perímetro del rectángulo delimitado. La profundidad del corte deberá ser cercano a los 19 mm) y con la precaución de no afectar el acero de refuerzo más superficial (ver Figura 07-03).

3. Mediante el uso de martillos, cinceles y otras herramientas similares se deberá remover completamente todo el concreto que no se encuentre firme y correctamente adherido dentro la zona delimitada hasta que solo se encuentre concreto firme y sano. Se debe alcanzar la profundidad necesaria para despejar completamente las barras de acero de refuerzo y hasta 25 mm por detrás de ellas. La geometría recomendada para la remoción del concreto con daños o defectos es:

a) En vigas es recomendable retirar el concreto de la parte dañada en secciones uniformes, pero en franjas, principalmente en la zona de acero en tracción.

b) En columnas lo recomendable es retirar el concreto por caras, evaluando la posibilidad de reparar más de una cara a la vez.

c) En la cara superior de una losa, se procederá de tal manera que permita dejar libre la armadura de la capa superior.

d) En todos los casos la estructura a reparar debe estar convenientemente apuntalada, con el fin de liberarla de esfuerzos cuya acción puedan provocar la falla prematura o colapso de la estructura a reparar.

4. En caso de que la armadura de acero de refuerzo se encuentre con deformaciones excesivas o esté cortado de forma que se impida su adecuado funcionamiento, ésta se debe reponer con una nueva armadura debidamente empalmada de acuerdo con las instrucciones de los documentos contractuales o según lo establecido en la *Subsección 554.09 Empalmes y uniones* del CR-2020. El traslape de las barras de refuerzo debe medirse a partir del punto en el que se identifique que el acero de refuerzo sin daños o deterioros.

5. En caso de que la reparación tenga una profundidad menor a los 40 mm, debe utilizarse un mortero epóxico para la reparación, según los pasos de la reparación tipo I.

6. En el caso en el que la reparación tenga una profundidad mayor a los 40 mm, deberá utilizarse un concreto con polímeros para la reparación. La mezcla de concreto deberá ser producida de acuerdo con el diseño de mezcla, especificado o con aprobación previa de la Administración, de acuerdo con lo establecido en la *Subsección 552.03 Composición (Diseño de mezclas de concreto hidráulico)* del CR-2020. La resistencia del concreto con polímeros a utilizar deberá ser al menos la misma del elemento a reparar o según defina la Administración.

7. Verificar con las especificaciones establecidas por la Administración, si se requiere colocar sobre la superficie de concreto sano algún tipo de adhesivo epóxico para facilitar la adherencia con el concreto nuevo por colocar. En caso de ser requerido el puente de adherencia, este debe colocarse siguiendo las indicaciones del fabricante y conforme a lo indicado en la *Subsección 725.21 Adhesivos epóxicos de resina* del CR-2020.

8. Colocar y compactar el concreto siguiendo métodos que no causen segregación y que permitan la distribución del concreto fresco de forma homogénea en toda el área requerida de acuerdo con la *Subsección 552.12 Manejo y colocación del concreto hidráulico* del CR-2020.

9. Curar el concreto de acuerdo con las especificado en la *Subsección 552.16 Curado del concreto hidráulico* del CR-2020. Limpiar completamente la zona de trabajo, especialmente las superficies colindantes a la intervenida. Trasladar los materiales sobrantes al depósito de excedentes previsto para tal efecto, previamente aprobado por la Administración.

10. Asegurar que el concreto haya alcanzado la resistencia de diseño previo a que el elemento de concreto vuelva a ser sometido a las cargas normales de servicio.

11. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la Subsección 104.06 Limpieza final del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

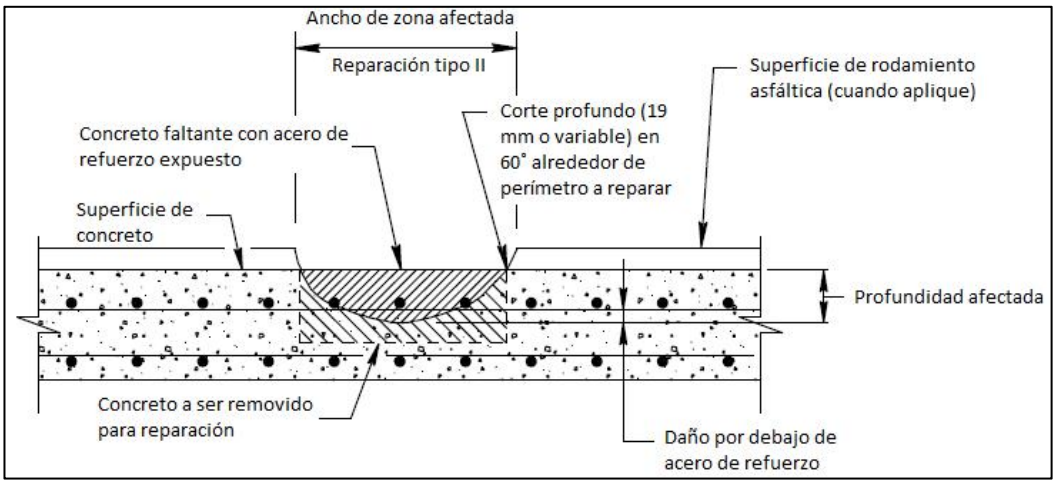


Figura 07-03. Reparación de elemento de concreto tipo II
Fuente: Adaptado de PennDOT, 2019

607.09 Procedimiento: Reparación de superficie de concreto tipo III

El procedimiento *reparación de superficie de concreto tipo III* requiere de una evaluación por parte de un experto en puentes, en la que se defina la causa de la deficiencia presentada y se brinde una solución técnica, la cual podrá estar basada en las operaciones que se mencionan a continuación:

1. La zona delimitada para intervenir, deberá tener una forma regular, preferiblemente rectangular, de forma que encierre toda la zona afectada y que se encuentre alineada con cualquiera de los ejes longitudinales del elemento a intervenir.

2. En caso de ser necesario, se deben colocar protecciones para evitar que el concreto deteriorado que va a ser removido u otros elementos como polvo o escombros puedan caer al cuerpo de agua o ruta inferior (para el caso de pasos a desnivel).

3. Realizar un corte en un ángulo de 60˚ a lo largo de todo el perímetro del rectángulo delimitado. La profundidad del corte deberá ser cercano a los 19 mm y con la precaución de no afectar el acero de refuerzo más superficial (ver Figura 07-04).

4. Mediante el uso de martillos, cinceles y otras herramientas similares se deberá remover completamente todo el concreto que no se encuentre firme y correctamente adherido

dentro la zona delimitada hasta que solo se encuentre concreto firme y sano. Se debe tener el cuidado de no afectar el acero de refuerzo que se encuentra en buen estado durante este paso del procedimiento. La geometría recomendada para la remoción del concreto con daños o defectos es:

a) En vigas es recomendable retirar el concreto de la parte dañada en secciones uniformes, pero en franjas, principalmente en la zona de acero en tracción.

b) En columnas lo recomendable es retirar el concreto por caras, evaluando la posibilidad de reparar más de una cara a la vez.

c) En la cara superior de una losa, se procederá de tal manera que permita dejar libre la armadura de la capa superior.

d) En todos los casos la estructura a reparar debe estar convenientemente apuntalada, con el fin de liberarla de esfuerzos cuya acción puedan provocar la falla prematura o colapso de la estructura a reparar.

5. Realizar el encofrado de los elementos según la *Subsección 725.27 Encofrados* del CR-2020, asegurando que este no vaya a presentar deflexiones o desplazamientos durante el colado del concreto. Se debe diseñar y construir el andamiaje y los encofrados de acuerdo con lo dispuesto en la *Sección 562 Obras temporales* del CR-2020.

6. En caso de que la armadura de acero de refuerzo se encuentre con deformaciones excesivas o cortado de forma tal que impida su adecuado funcionamiento, ésta se debe reponer con una nueva armadura debidamente empalmada de acuerdo con las instrucciones de los documentos contractuales o según lo establecido en *la Subsección 554.09 Empalmes y uniones* del CR-2020. El traslape de las barras de refuerzo debe medirse a partir del punto en el que se identifique que el acero de refuerzo esté sin daños o deterioros.

7. La mezcla de concreto deberá ser producida de acuerdo con el diseño de mezcla especificado o con aprobación previa de la Administración, conforme a la *Subsección 552.03 Composición (Diseño de mezclas de concreto hidráulico)* del CR-2020. La resistencia del concreto a utilizar deberá ser definida en la solución técnica del proyecto.

8. Aplicar, siguiendo las indicaciones del fabricante, resinas epóxicas para puentes de adherencia entre el concreto fresco y el concreto endurecido según lo indicado en la *Subsección 725.21 Adhesivos epóxicos de resina* del CR-2020. Lo anterior, a menos que en las especificaciones establecidas por la Administración o en las del fabricante del concreto nuevo a utilizar se indique lo contrario.

9. Colocar y compactar el concreto siguiendo métodos que no causen segregación y que permitan la distribución del concreto fresco de forma homogénea en el área requerida de acuerdo con la *Subsección 552.12 Manejo y colocación del concreto hidráulico* del CR-2020.

10. Curar el concreto de acuerdo con las especificado en la *Subsección 552.16 Curado del concreto hidráulico* del CR-2020. Limpiar completamente la zona de trabajo, especialmente las superficies colindantes a la intervenida. Trasladar los materiales

sobrantes al depósito de excedentes previsto para tal efecto, previamente aprobado por la Administración.

11. Asegurar que el concreto haya alcanzado la resistencia de diseño previo a remover la formaleta y obras de soporte complementarias y que el elemento de concreto vuelva a ser sometido a las cargas normales de servicio.

12. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

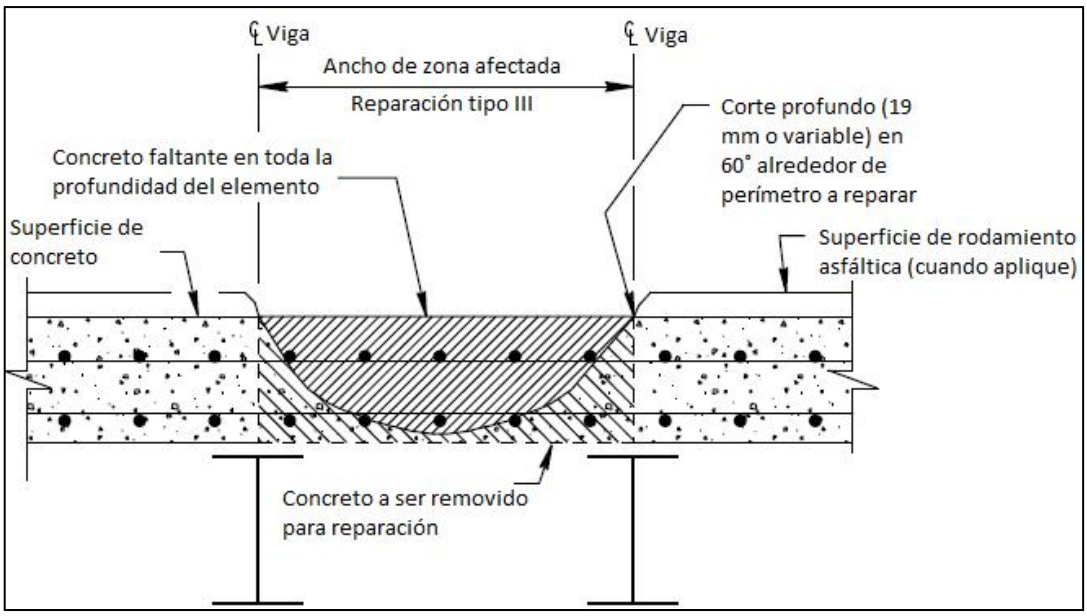


Figura 07-04. Reparación de elemento de concreto tipo III
Fuente: Adaptado de PennDOT, 2019

607.10 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de la siguiente forma:

1. Reparación de superficie de concreto (cualquier tipo): metros cuadrados (m^2). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo por metros cuadrados cuando el espesor está definido y es previamente conocido. De igual manera, si la Administración lo indica, se podrá medir el trabajo en metros cúbicos (m^3) de concreto

hidráulico debidamente colocado para lo cual deberá tener cuantificado los metros cúbicos de concreto necesarios previo a que se realice la reparación.

607.11 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 07-02.

Tabla 07-02. Renglones de pago para reparación de superficie de elementos de concreto

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.607.01	*Reparación de superficie tipo__ de elementos de concreto en puentes*	m2
MP.607.02	*Reparación de superficie tipo__ de elementos de concreto en puentes*	m3

SECCIÓN 608: REPARACIÓN DE CONCRETO CON CORROSIÓN EN ACERO DE REFUERZO

608.01 Objetivo

Intervenir oportunamente la estructura de puente para evitar el avance de la corrosión en el acero de refuerzo y con ello minimizar o evitar problemas como la fisuración interna del concreto, la disminución de la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo y disminución de la sección transversal del refuerzo que podrían derivar en la disminución de la capacidad mecánica del concreto.

608.02 Alcance

Es el conjunto de actividades necesarias para la reparación de estructuras de puentes en concreto que presentan daños debido a la corrosión del acero de refuerzo. La determinación de remover el concreto va a depender de la longitud, agrupamiento y espesor de la grieta que provoca corrosión, que dependerá a su vez de la cantidad de cloruros (eflorescencias) que contiene el concreto, el grado de carbonatación y las características propias del concreto.

Esta actividad consiste en la limpieza total (extracción y remoción) de todo material de concreto de las áreas dañadas, así como su recolección y acarreo al sitio debidamente aprobado por la Administración; colocación o reemplazo de armaduras, empleo de aditivos y puentes de adherencia.

La actividad de conservación *608 Reparación de concreto con corrosión en el acero de refuerzo* se conforma de un único procedimiento el cual se muestra a continuación:

- 608.07: Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo

608.03 Criterio de ejecución

La actividad 608 *Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado. Para ello, se deberá inspeccionar periódicamente el estado y la condición de columnas de pilas o bastiones, muros, vigas y losas en cara superior o inferior, con el fin de identificar la presencia de daños, en especial con presencia de óxidos y proceder a su reparación oportuna. Se deben considerar los siguientes daños o deterioros para justificar las intervenciones que se proponen en esta sección: Corrosión del acero de refuerzo, delaminación, desprendimiento u otro defecto que evidencia la presencia de óxidos en el acero de refuerzo.

La determinación del nivel de deterioro y el tipo de intervención, será según la metodología de evaluación que determine la Administración, y deberá ser el resultado de análisis y estudios realizados por profesionales experimentados en el mantenimiento de estructuras de puentes, dado que este tipo de daños es, muchas veces, potencialmente generador de problemas más graves. No obstante, las técnicas para reparar este tipo de daños mantienen algunos aspectos básicos comunes, que son los que se especifican en esta sección, sin perjuicio a que los estudios

especializados, aplicados a las condiciones específicas de cada caso, puedan recomendar soluciones diferentes.

En la Figura 08-01 se muestra un deterioro superficial de la superficie inferior de losa de concreto generado por corrosión del acero de refuerzo en el puente entrada al estero de Mata Limón en la Ruta Nacional n.° 32.



Figura 08-01. Necesidad de reparación en acero de refuerzo de tablero de concreto del puente DE entrada al estero de Mata Limón en la Ruta Nacional n.° 32
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2019

608.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 08-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 08-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 608

Material	Apartado del CR-2020
Concreto estructural (materiales)	552.02
Acero de refuerzo (materiales)	554.02
Impermeabilización (material)	558.02 – 559.02
Pegamentos en concreto estructural (material)	568.02
Adhesivos epóxicos con resina [(1)]	725.21
Lechada (relleno fluido)	725.22

Tabla 08-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 608

Material	Apartado del CR-2020
Mortero [2]	-

Notas:
(1) La resina sintética para puente de adherencia debe ser Tipo V según la normativa AASHTO M 235 (ASTM C 881).
(2) El mortero elaborado con base en resinas sintéticas es predosificado especialmente para este tipo de reparaciones y se debe colocar ajustándose estrictamente a las instrucciones del fabricante. Con el producto por utilizar se debe obtener una resistencia medida a los 28 días acorde al elemento a reparar.

608.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: camión pequeño de volteo, palas, carretilla, baldes, mezcladora de concreto, equipo de doblado y corte de varilla, equipo para limpieza con chorro de arena ("*sandblasting*"), una cámara fotográfica, y cualquier otro equipo o herramienta especificado por la Administración.

608.06 Procedimiento de ejecución general

El proceso constructivo a seguir depende de la solución técnica aprobada por la Administración y del procedimiento de instalación específico del producto industrial recomendado, mismo que debe ser asesorado por un profesional. Asimismo, en lo que corresponda, el procedimiento constructivo deberá atender lo indicado en las *Secciones 552 Concreto estructural*, *554 Acero de refuerzo*, *558 Impermeabilización de mampostería y concreto* y *559 Impermeabilización (agua)* del CR-2020.

608.07 Procedimiento: Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo

El procedimiento *reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Demarcar las áreas a intervenir previamente aprobadas por la Administración. Estas áreas deberán ser más grandes que la zona fallada visible, debiendo abarcar aquellas zonas adyacentes que pudieran tener defectos ocultos. La identificación de estas zonas puede lograrse mediante simples técnicas sonoras, como golpear la región con un martillo, un tubo de acero, o arrastrando una cadena. Un sonido metálico y agudo es evidencia de una superficie de concreto en buen estado, mientras que uno hueco o apagado alerta sobre una posible falla. Si el daño es muy extendido se deben utilizar ensayos no destructivos con el fin de determinar la profundidad del daño.

2. Realizar un corte en ángulo de 60˚ a lo largo de todo el perímetro del rectángulo delimitado. Remover completamente toda el área que presenta deterioro y hasta la profundidad necesaria para encontrar concreto en buenas condiciones. Efectuar la remoción, mediante el uso de martillos, cinceles y otras herramientas o máquinas similares.

3. Se debe conformar un perímetro de forma regular y alcanzar la profundidad necesaria para despejar completamente las barras de acero y hasta 25 mm por detrás de ellas. La geometría recomendada para la remoción del concreto con daños o defectos es:

    a) En vigas es recomendable retirar el concreto de la parte dañada en secciones uniformes, pero en franjas, principalmente en la zona de acero en tracción.

    b) En columnas lo recomendable es retirar el concreto por caras, evaluando la posibilidad de reparar más de una cara a la vez.

    c) En la cara superior de una losa, se procederá de tal manera que permita dejar libre la armadura de la capa superior.

    d) En losas que requieran reparación total o profunda, trabajar toda el área dañada.

    e) En todos los casos la estructura a reparar debe estar convenientemente apuntalada, con el fin de liberarla de esfuerzos cuya acción puedan provocar la falla prematura o colapso de la estructura a reparar.

4. Limpiar con aire a presión el área picada y demolida, asegurándose que éste se encuentre libre de aceite, polvo u otros contaminantes, por lo que debe lavarse con agua y permitir que se seque completamente.

5. De las barras de acero deberán removerse, óxidos, costras, escamas y contaminantes, para lo cual se deberá emplear un chorro de arena ("*sandblasting*") u otro procedimiento apropiado que deje la superficie perfectamente limpia. Si se detecta una pérdida de sección de las armaduras, ésta se debe reponer con una nueva armadura debidamente empalmada de acuerdo con las instrucciones de los documentos contractuales o según lo establecido en la *Subsección 554.09 Empalmes y uniones* del CR-2020. Para la reposición de la armadura, el Contratista debe valorar, de acuerdo con las condiciones propias de la reparación, el corte y colocación de una armadura nueva o la colocación de barras de acero de refuerzo contiguas al acero de refuerzo existente (una vez se haya inhibido o neutralizado la corrosión). El traslape de las barras de refuerzo debe medirse a partir del punto en el que se identifique que el acero de refuerzo esté sin problemas de corrosión.

6. Completada la limpieza y con el propósito de proteger la varilla, se procederá a la aplicación de un convertidor de óxido combinado con la aplicación de una pintura epoxipoliamida, inhibidores de corrosión, ánodos de sacrificio u otros sistemas de protección del acero de refuerzo de acuerdo con la *Subsección 554.07 Acero de refuerzo con recubrimiento epóxico* del CR-2020 y las recomendaciones del fabricante del producto que será aplicado. Se debe aplicar una capa de adherencia entre el concreto viejo y el concreto fresco para reemplazar el volumen demolido, los más usados son: lechada a base de cemento, epóxicos y emulsiones a base de látex. En la aplicación de este se deberán seguir las recomendaciones del fabricante. Además, previo a su aplicación, se debe controlar lo siguiente:

    a) Se requiere una superficie limpia, sana y firme, las áreas que no cumplan deberán ser repicadas.

b) La superficie de concreto por reparar debe tener una estructura de poros abiertos, lo cual es de vital importancia, pues si está obstruida con polvo, lechada o agua, el proceso de adhesión estará impedido y reducirá la adhesión.

c) El nivel de humedad debe ser controlado. Un sustrato muy seco puede absorber mucha agua del material de reparación y provocaría un agrietamiento excesivo. Un sustrato con excesiva humedad puede obstruir los poros e impedir absorción.

7. Aplicar, siguiendo las indicaciones del fabricante, resinas epóxicas para puentes de adherencia entre el concreto fresco y el concreto endurecido según lo indicado en la *Subsección 725.21 Adhesivos epóxicos de resina* del CR-2020. Lo anterior, a menos que en las especificaciones establecidas por la Administración o en las del fabricante del concreto nuevo a utilizar se indique lo contrario.

8. Colocar el concreto de reparación empleando lo indicado por el fabricante y dar acabado final de superficie. Se debe permitir el curado completo del concreto siguiendo las recomendaciones del fabricante. En caso de que se observen problemas de humedad en la zona intervenida, con la aprobación de la Administración, se debe realizar la impermeabilización conforme a lo indicado, según corresponda, en la *Subsección 558 Impermeabilización de mampostería y concreto* y *Subsección 559 Impermeabilización (agua)* del CR-2020 o su versión vigente. En los casos en los que la impermeabilización abarque más allá del área intervenida, está deberá de realizarse y pagarse según lo indicado en la actividad *620 Impermeabilización de superficies de concreto* de las presentes especificaciones de conservación.

9. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

608.08 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Reparación de concreto con corrosión en el acero: metro cúbico (m^3) o metro cuadro (m^2) en caso de que el espesor sea previamente conocido. En el caso de que se use esta medida, se incluyen todas las operaciones del procedimiento presentado anteriormente, así como todos los materiales requeridos. En caso de que la solución técnica amerite una cuantificación separada ya que no se realizan todas las operaciones del procedimiento presentado, se debe utilizar los otros renglones de pago.

2. Concreto hidráulico estructural o mortero: metro cúbico (m^3) el cual incluye tanto el material como la colocación.
3. Acero de refuerzo con o sin recubrimiento epóxico: kilogramo (kg) el cual incluye tanto el material como la colocación.
4. Epóxico con resina: litro (l) el cual incluye tanto el material como la colocación.
5. Pintura de impermeabilización: litro (l) el cual incluye tanto el material como la colocación.
6. Sistema de protección contra la corrosión: metro cuadrado (m^2) o unidad (ud) dependiendo del sistema de protección que se indique en la solución técnica del proyecto (por ejemplo los ánodos de sacrificio).

608.09 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 08-02.

Tabla 08-02. Renglones de pago para reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo

Ítem	Renglón de pago	Unidad
CR.552.01	*Concreto hidráulico estructural para puentes clase A (28 MPa)*	m^3
CR.554.02	*Acero de refuerzo de baja aleación, INTE 06-09-02 (ASTM A 706 M grado 60)*	kg
CR.554.03	*Acero de refuerzo con recubrimiento epóxico*	kg
MP.608.01	*Mortero*	m^3
MP.608.02	*Epóxico con resina*	l
MP.608.03	*Sistema de protección contra la corrosión*	m^2
MP.608.04	*Sistema de protección contra la corrosión*	ud
MP.608.05	*Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo*	m^2
MP.608.06	*Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo*	m^3

SECCIÓN 609: MANTENIMIENTO O REEMPLAZO DE JUNTAS DE EXPANSIÓN

609.01 Objetivo

Preservar el comportamiento estructural del puente a través del mantenimiento o reemplazo, ya sea parcial o total de las juntas de expansión, cuando estas se encuentren deterioradas o dañadas de forma tal que no puedan desempeñar sus funciones básicas de permitir la rotación o traslación de la estructura y la protección de los elementos de la superestructura contra los efectos del intemperismo.

609.02 Alcance

La actividad consiste en la remoción parcial o total de las juntas de expansión que se encuentren sueltas o en mal estado y su reemplazo por una unidad nueva. Asimismo, comprende, en los casos en los que sea requerido, el retiro de todo el pavimento y el concreto deteriorado de la zona de las juntas de expansión, la remoción de la junta existente, la reposición de los bordes deteriorados de la losa de concreto adyacentes a la junta de expansión, la instalación de las nuevas juntas de expansión, el suministro, acarreo y colocación del acero estructural, acero de refuerzo, material adhesivo, entre otros. En todos los casos, dado la naturaleza del trabajo a realizar, incluye la presentación y aplicación de un plan para el manejo y control del tránsito.

La junta por colocar deberá ser de características iguales o mejores a la junta de expansión anterior según los aspectos que deberán ser definidos en los documentos contractuales elaborados por un especialista en estructuras de puentes. Previo a la colocación de la junta, esta deberá ser aprobada por la administración de acuerdo con los criterios de importancia de la vía, nivel de tránsito y de la experiencia en su uso, según documentos contractuales elaborados por un especialista en estructuras de puentes.

Las juntas de expansión que se incluyen en el presente procedimiento son las abiertas, rellenas con sello vertible, rellenas con sello comprimido de neopreno, juntas continuas de perfil de acero, juntas de placas dentadas y juntas asfálticas. En el caso en que el puente presente un tipo de junta no mencionado anteriormente, está deberá ser clasificada en la categoría de juntas especiales, para las cuales deberá de seguirse el procedimiento de instalación de acuerdo con las especificaciones o indicaciones brindadas por el fabricante de la junta según se explica más adelante.

La actividad de conservación *609 Mantenimiento o reemplazo de juntas de expansión* se puede separar según el tipo de junta de expansión en los siguientes procedimientos de ejecución:

- 609.07: Reemplazo de juntas abiertas
- 609.08: Reemplazo de juntas elastoméricas coladas
- 609.09: Reemplazo de juntas con sellos comprimidos
- 609.10: Reemplazo de juntas de placas deslizantes

- 609.11: Reemplazo de juntas dentadas
- 609.12: Reemplazo colocación de juntas asfálticas
- 610.13: Reemplazo de juntas especiales

609.03 Criterio de ejecución

La actividad *609 Mantenimiento o reemplazo de juntas de expansión* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado, con excepción de la aplicación de los procedimientos 609.08 y 609.09 que deben programarse de manera cíclica con una frecuencia máxima de 6 y 10 años respectivamente.

Se deberá inspeccionar periódicamente el estado y la condición de juntas de expansión. Adicionalmente, deben evaluarse los elementos justo debajo de las juntas de expansión para identificar fallas en la impermeabilización de la junta. Se planificará esta actividad para realizarse mediante cierres parciales nocturnos, previamente aprobados por la Administración, de forma tal que la afectación hacia los usuarios del puente sea mínima.

Se deben considerar los siguientes daños o deterioros para justificar las intervenciones que se proponen en esta sección: Pérdida de material, daños en los sellos, deterioro o fractura en componentes metálicos, ausencia de componentes, daños en el drenaje de la junta, filtración de agua a través de la junta, daños en zona aledaña de concreto, entre otros deterioros relacionados.

Adicionalmente, para los casos en los que se identifique que una junta de expansión se encuentre obstruida debido a la presencia de una sobrecapa de asfalto que fue colocada por encima de la junta, se debe remover el asfalto y colocar una junta asfáltica según el procedimiento de ejecución 609.12.

En la Figura 09-01 se muestra la necesidad de reposición parcial de una junta de placas dentadas en el paso a desnivel en la intersección de la Ruta Nacional n.° 110 y la Ruta Nacional n.° 39 mientras que en la Figura 09-02 se muestra la necesidad de reposición completa de la junta rellena debido un alto grado de deterioro de la losa de puente sobre el Río Nuevo en la Ruta Nacional n.° 2.

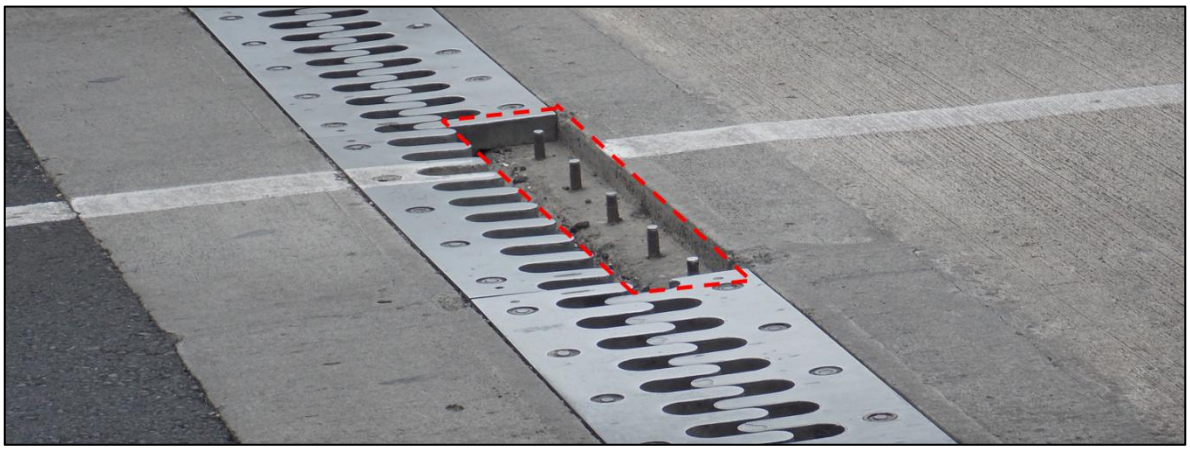


Figura 09-01. Necesidad de reemplazo parcial de junta de expansión del paso a desnivel sobre la rotonda de Alajuelita en la intersección de la Ruta Nacional n.° 110 y la Ruta Nacional n.° 39
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2014



Figura 09-02. Necesidad de sustitución de junta de expansión en losa del Puente sobre el Río Nuevo en la Ruta Nacional n.° 2
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2016

Aunque no forme parte del alcance de las presentes especificaciones de conservación, se insta a la Administración, en los casos en los que las juntas de expansión presenten problemas recurrentemente que requieran atención, a evaluar la posibilidad de sustituir la junta de expansión por una junta integral en el puente. Lo anterior, a través de la ejecución de un análisis económico que permita evaluar la costo-efectividad de realizar dicha solución, así como una evaluación estructural para analizar los posibles efectos en el comportamiento del puente en caso de construirse la junta integral. En el Capítulo 8 del "*Bridge Maintenance Reference Manual*" (Federal Highway Administration [FHWA], 2015), se establecen algunos lineamientos y posibles soluciones técnicas para eliminar las juntas de expansión en el puente, sin embargo, será responsabilidad de la Administración la evaluación de la solución técnica según las consideraciones específicas de cada puente.

609.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 09-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 09-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 609

Material	Apartado del CR-2020
Concreto estructural (materiales)	552.02

Tabla 09-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 609

Material	Apartado del CR-2020
Acero de refuerzo	709.01
Juntas impermeabilizantes del agua (materiales)	567.02
Acero estructural	717.01
Adhesivos epóxicos con resina (1)	725.21
Mortero (2)	-
Riegos de emulsión asfáltica	414.02
Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente (materiales)(3)	405.02

Nota:
(1) La resina sintética para puente de adherencia debe ser Tipo V según la normativa AASHTO M 235 (ASTM C 881).
(2) El mortero elaborado con base en resinas sintéticas es predosificado especialmente para este tipo de reparaciones y se debe colocar ajustándose estrictamente a las instrucciones del fabricante. Con el producto por utilizar se debe obtener una resistencia medida a los 28 días acorde al elemento a reparar.
(3) Agregado con aglutinante para elaboración de junta asfáltica.

609.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: camión pequeño de volteo, palas, grifas, carretilla, equipo de oxicorte, cortadora de concreto, compresor hidráulico, rompedora neumática, mezcladora de concreto, equipo de cortado y corte de varilla, escobillas, cepillos de acero, una cámara fotográfica, GPS y cualquier otro equipo o herramienta sugerido por el fabricante de la junta de expansión a utilizar o especificado por la Administración.

609.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 567 Juntas impermeabilizantes del agua* del CR-2020 o su versión vigente. Asimismo, en los casos en los que es requerido realizar la reparación del concreto adyacente a la junta, esta reparación deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 552 Concreto estructural* del CR-2020.

El Contratista debe presentar un plan para el manejo del tránsito que debe ser aprobado por la Administración previo al inicio de los trabajos. Se debe valorar, dependiendo de la extensión de la reparación, la necesidad de realizar un cierre parcial o total del puente. El proceso a seguir para la ejecución de los trabajos, dependerá de la solución técnica aprobada por la Administración, no obstante, el procedimiento podría ser alguno de los descritos en las Subsecciones 609.07, 609.08, 609.09, 609.10, 609.11 o 609.12 de las presentes especificaciones.

609.07 Procedimiento: Reemplazo de juntas abiertas

El procedimiento *reemplazo de juntas abiertas* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. La junta por reemplazar deberá ser removida mediante procedimientos que aseguren que no se producirán daños a los concretos adyacentes a la zona ni a las armaduras de los mismos. Para retirar la junta deberá formarse un cajón dentro del concreto que la rodea, para lo cual el área por remover deberá primeramente marcarse, para luego cortarse con sierra por su perímetro, hasta una profundidad mínima de 50 mm, salvo que existan armaduras de refuerzo a menor profundidad, en cuyo caso el corte deberá ser menos profundo para evitar dañarlas. El concreto deberá demolerse hasta el nivel necesario para retirar la junta existente mediante herramientas manuales, pudiéndose usar también martillos neumáticos livianos (de no más de 7 kg de peso), debiéndose dejar paredes verticales y un mínimo de irregularidades en el perímetro del corte.

2. Antes de dar por terminado el trabajo de remoción de la antigua junta, se deberá comprobar, golpeando suavemente con un martillo o por otro procedimiento no destructivo, que tanto las paredes como el fondo del cajón se encuentran formados por concretos firmes, limpios de aceites, grasas y de otros contaminantes. En el caso de la auscultación mediante un martillo o una barra de acero se basa en el tipo de sonido de la respuesta, como referencia práctica en campo, si suena metálico significa que el concreto se encuentra en buenas condiciones, si es apagado o suena a hueco, el concreto se encuentra deteriorado. Si hay dudas al respecto, se sugiere la aplicación de otro procedimiento no destructivo aprobado por la Administración.

3. Las paredes y fondo del cajón deberán limpiarse mediante aire comprimido (asegurando que el aire no contenga aceites). Asimismo, deberá removerse, mediante escobillado, todo el óxido de los hierros a la vista.

4. Colocar la armadura que sostiene la junta de expansión, la cual debe estar bien anclada a la estructura existente, en caso de no haber varillas para anclar el acero de la junta, se deberán utilizar adhesivos epóxicos de resina para anclar las varillas en la estructura existente de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

5. Para la unión del concreto nuevo con el concreto ya endurecido, se debe aplicar, siguiendo las indicaciones del fabricante, resinas epóxicas para puentes según lo indicado en la *Subsección 725.21 Adhesivos epóxicos de resina* del CR-2020. Lo anterior, a menos que en las especificaciones establecidas por la Administración o en las del fabricante del concreto nuevo a utilizar se indique lo contrario.

6. Una vez colocado el acero de refuerzo y las fijaciones de la junta según lo indicado por el fabricante o por los planos, se procede a colocar el concreto. El concreto debe poder alcanzar altas resistencias iniciales de forma que se pueda habilitar el tránsito vehicular por el puente de la manera más rápida posible.

7. Reponer el borde de las losas de concreto, aplicando el mortero de reparación de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

8. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la

seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

609.08 Procedimiento: Reemplazo de juntas elastoméricas coladas

El procedimiento *reemplazo de juntas elastoméricas coladas*, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. La junta por reemplazar deberá ser removida mediante procedimientos que aseguren que no se producirán daños a los concretos adyacentes a la zona ni a las armaduras de los mismos. En caso de ser necesario, para retirar la junta deberá formarse un cajón dentro del concreto que la rodea, para lo cual el área por remover deberá primeramente marcarse, para luego cortarse con sierra por su perímetro, hasta una profundidad mínima de 50 mm, salvo que existan armaduras de refuerzo a menor profundidad, en cuyo caso el corte deberá ser menos profundo para evitar dañarlas. El concreto deberá demolerse hasta el nivel necesario para retirar la junta existente mediante herramientas manuales, pudiéndose usar también martillos neumáticos livianos (de no más de 7 kg de peso), debiéndose dejar paredes verticales y un mínimo de irregularidades en el perímetro del corte.

2. Antes de dar por terminado el trabajo de remoción de la antigua junta, se deberá comprobar, golpeando suavemente con un martillo o por otro procedimiento no destructivo, que tanto las paredes como el fondo del cajón se encuentran formados por concretos firmes, limpios de aceites, grasas y de otros contaminantes. En el caso de la auscultación mediante un martillo o una barra de acero se basa en el tipo de sonido de la respuesta, como referencia práctica en campo, si suena metálico significa que el concreto se encuentra en buenas condiciones, si es apagado o suena a hueco, el concreto se encuentra deteriorado. Si hay dudas al respecto, se sugiere la aplicación de otro procedimiento no destructivo aprobado por la Administración.

3. Las paredes y fondo del cajón deberán limpiarse mediante aire comprimido (asegurando que el aire no contenga aceites). Asimismo, deberá removerse, mediante escobillado, todo el óxido de los hierros a la vista.

4. Colocar el tapajuntas de goma que sostiene el relleno premoldeado.

5. Para la unión del concreto nuevo con el concreto ya endurecido, se debe aplicar, siguiendo las indicaciones del fabricante, resinas epóxicas para puentes según lo indicado en la *Subsección 725.21 Adhesivos epóxicos de resina* del CR-2020. Lo anterior, a menos que en las especificaciones establecidas por la Administración o en las del fabricante del concreto nuevo a utilizar se indique lo contrario.

6. Una vez colocado el tapajuntas según lo indicado por el fabricante o por planos, se procede a colocar el concreto, el cual debe poder alcanzar altas resistencias iniciales de forma que se pueda habilitar el tránsito vehicular por el puente de la manera más rápida posible.

7. Reponer el borde de las losas de concreto, aplicando el mortero de reparación de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

8. Colocar la tirilla de respaldo ("*backer rod*"). La instalación de la tirilla de respaldo debe realizarse de acuerdo con las indicaciones del fabricante, con las precauciones necesarios para no estirarla o retorcerla durante su manipulación e instalación de forma esta se dañe. Asimismo, debe asegurarse que la configuración de la tirilla de respaldo mantenga una curva convexa hacia la superficie superior (ver Figura 09-03).

9. Una vez instalada la tirilla de respaldo, se debe colocar el sello vertible o elastomérico colado de acuerdo con las indicaciones del fabricante. Es importante que previo a su uso, la información técnica del desempeño del elastomérico a utilizar sea enviada a la Administración para su aprobación. Con respecto a la aplicación del elastómero, en general, debe asegurarse una superficie densa, homogénea, sin porosidad y libre de defectos a lo largo de toda la sección transversal. A su vez, el sello o elastómero no deberá extenderse por encima de los bordes de la losa, y deberá mantener una configuración según se muestra en la Figura 09-03.

10. Se debe dejar curar el sello de acuerdo con las indicaciones del fabricante antes de habilitar el paso de vehículos por encima de la junta.

11. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

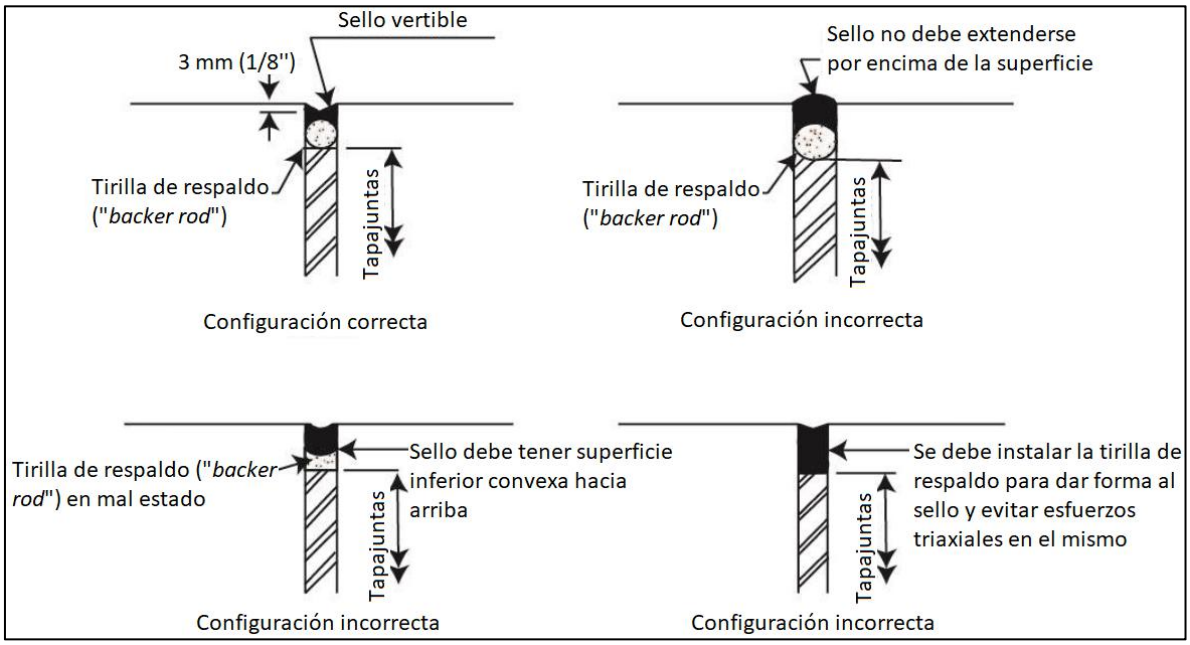


Figura 09-03. Configuraciones correctas e incorrectas para juntas de sello vertible
Fuente: Adaptado de FHWA, 2015

609.09 Procedimiento: Reemplazo de juntas con sellos comprimidos

El procedimiento *reemplazo de juntas con sellos comprimidos* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. La junta por reemplazar deberá ser removida mediante procedimientos que aseguren que no se producirán daños a los concretos adyacentes a la zona ni a las armaduras de los mismos. Para retirar la junta deberá formarse un cajón dentro del concreto que la rodea, para lo cual el área por remover deberá primeramente marcarse, para luego cortarse con sierra por su perímetro, hasta una profundidad mínima de 50 mm, salvo que existan armaduras de refuerzo a menor profundidad, en cuyo caso el corte deberá ser menos profundo para evitar dañarlas. El concreto deberá demolerse hasta el nivel necesario para retirar la junta existente mediante herramientas manuales, pudiéndose usar también martillos neumáticos livianos (de no más de 7 kg de peso), debiéndose dejar paredes verticales y un mínimo de irregularidades en el perímetro del corte.

2. Se sugiere que antes de dar por terminado el trabajo de remoción de la antigua junta, deberá comprobarse, golpeando suavemente con un martillo o por otro procedimiento no destructivo, que tanto las paredes como el fondo del cajón se encuentran formados por concretos firmes, limpios de aceites, grasas y de otros contaminantes. En el caso de la auscultación mediante un martillo o una barra de acero se basa en el tipo de sonido de la respuesta, como referencia práctica en campo, si suena metálico significa que el concreto se encuentra en buenas condiciones, si es apagado o suena a hueco, el concreto se encuentra deteriorado. Si hay dudas al respecto, se sugiere la aplicación de otro procedimiento no destructivo aprobado por la Administración.

3. Las paredes y fondo del cajón deberán limpiarse mediante aire comprimido (asegurando que el aire no contenga aceites). Asimismo, deberá removerse, mediante escobillado, todo el óxido del acero de refuerzo a la vista.

4. Colocar la armadura que sostiene la junta de expansión, la cual debe estar bien anclada a la estructura existente, en caso de no haber varillas para anclar el acero de la junta, se deberán anclar las varillas en la estructura existente mediante epóxico con el fin de poder asegurar un anclaje correcto entre la junta y la estructura.

5. Para la unión del concreto nuevo con el concreto ya endurecido, se debe aplicar, siguiendo las indicaciones del fabricante, resinas epóxicas para puentes según lo indicado en la *Subsección 725.21 Adhesivos epóxicos de resina* del CR-2020. Lo anterior, a menos que en las especificaciones establecidas por la Administración o en las del fabricante del concreto nuevo a utilizar se indique lo contrario.

6. Una vez colocado el acero de refuerzo y las fijaciones de la junta según lo indicado por el fabricante o por los planos, se procede a colocar el concreto, el cual debe poder alcanzar altas resistencias iniciales de forma que se pueda habilitar el tránsito vehicular por el puente de la manera más rápida posible.

7. Reponer el borde de las losas de concreto, aplicando el mortero de reparación de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

8. Instalar el perfil elastomérico o sello comprimido de neopreno siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante.

9. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

609.10 Procedimiento: Reemplazo de juntas de placas deslizantes

El procedimiento *reemplazo de juntas de placas deslizantes* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. La junta por reemplazar deberá ser removida mediante procedimientos que aseguren que no se producirán daños a los concretos adyacentes a la zona ni a las armaduras de los mismos. Para retirar la junta deberá formarse un cajón dentro del concreto que la rodea, para lo cual el área por remover deberá primeramente marcarse, para luego cortarse con sierra por su perímetro, hasta una profundidad mínima de 50 mm, salvo que existan armaduras de refuerzo a menor profundidad, en cuyo caso el corte deberá ser menos profundo para evitar dañarlas. El concreto deberá demolerse hasta el nivel necesario para retirar la junta existente mediante herramientas manuales, pudiéndose usar también martillos neumáticos livianos (de no más de 7 kg de peso), debiéndose dejar paredes verticales y un mínimo de irregularidades en el perímetro del corte.

2. Antes de dar por terminado el trabajo de remoción de la antigua junta, deberá comprobarse, golpeando suavemente con un martillo o por otro procedimiento no destructivo, que tanto las paredes como el fondo del cajón se encuentran formados por concretos firmes, limpios de aceites, grasas y de otros contaminantes. En el caso de la auscultación mediante un martillo o una barra de acero se basa en el tipo de sonido de la respuesta, como referencia práctica en campo, si suena metálico significa que el concreto se encuentra en buenas condiciones, si es apagado o suena a hueco, el concreto se encuentra deteriorado. Si hay dudas al respecto, se sugiere la aplicación de otro procedimiento no destructivo aprobado por la Administración.

3. Las paredes y fondo del cajón deberán limpiarse mediante aire comprimido (asegurando que el aire no contenga aceites). Asimismo, deberá removerse, mediante escobillado, todo el acero de refuerzo a la vista.

4. Colocar la armadura que sostiene la junta de expansión, la cual debe estar bien anclada a la estructura existente, en caso de no haber varillas para anclar el acero de la

junta, se deberán inyectar varillas en la estructura existente mediante epóxico con el fin de poder asegurar un anclaje correcto entre la junta y la estructura.

5. Para la unión del concreto nuevo con el concreto ya endurecido, se debe aplicar, siguiendo las indicaciones del fabricante, resinas epóxicas para puentes según lo indicado en la *Subsección 725.21 Adhesivos epóxicos de resina* del CR-2020. Lo anterior, a menos que en las especificaciones establecidas por la Administración o en las del fabricante del concreto nuevo a utilizar se indique lo contrario.

6. Una vez colocado el acero de refuerzo y las fijaciones de la junta según lo indicado por el fabricante o por los planos, se procede a colocar el concreto, el cual debe poder alcanzar altas resistencias iniciales de forma que se pueda habilitar el tránsito vehicular por el puente de la manera más rápida posible.

7. Reponer el borde de las losas de concreto, aplicando el mortero de reparación de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

8. Con un torquímetro o gato de pretensión se debe alcanzar el torque solicitado por el fabricante para los tornillos y una vez alcanzado mediante aprobación de la inspección se podrán sellar los tornillos con epóxico o con el material que especifique el fabricante.

9. Instalar el perfil de hule para evitar que el agua ingrese debajo del puente siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante.

10. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

609.11 Procedimiento: Reemplazo de juntas dentadas

El procedimiento *reemplazo de juntas de placas dentadas* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. La junta por reemplazar deberá ser removida mediante procedimientos que aseguren que no se producirán daños a los concretos adyacentes a la zona ni a las armaduras de los mismos. Para retirar la junta deberá formarse un cajón dentro del concreto que la rodea, para lo cual el área por remover deberá primeramente marcarse, para luego cortarse con sierra por su perímetro, hasta una profundidad mínima de 50 mm, salvo que existan armaduras de refuerzo a menor profundidad, en cuyo caso el corte deberá ser menos profundo para evitar dañarlas. El concreto deberá demolerse hasta el nivel necesario para retirar la junta existente mediante herramientas manuales, pudiéndose usar también martillos neumáticos livianos (de no más de 7 kg de peso), debiéndose dejar paredes verticales y un mínimo de irregularidades en el perímetro del corte.

2. Antes de dar por terminado el trabajo de remoción de la antigua junta, deberá comprobarse, golpeando suavemente con un martillo o por otro procedimiento no destructivo, que tanto las paredes como el fondo del cajón se encuentran formados por concretos firmes, limpios de aceites, grasas y de otros contaminantes. En el caso de la auscultación mediante un martillo o una barra de acero se basa en el tipo de sonido de la respuesta, como referencia práctica en campo, si suena metálico significa que el concreto se encuentra en buenas condiciones, si es apagado o suena a hueco, el concreto se encuentra deteriorado. Si hay dudas al respecto, se sugiere la aplicación de otro procedimiento no destructivo aprobado por la Administración.

3. Las paredes y fondo del cajón deberán limpiarse mediante aire comprimido (asegurando que el aire no contenga aceites). Asimismo, deberá removerse, mediante escobillado, todo el óxido del acero de refuerzo a la vista.

4. Colocar la armadura que sostiene la junta de expansión, la cual debe estar bien anclada a la estructura existente, en caso de no haber varillas para anclar el acero de la junta, se deberá utilizar, siguiendo las indicaciones del fabricante, un epóxico aprobado por la administración para poder asegurar un anclaje correcto entre la junta y la estructura varillas en la estructura existente.

5. Para la unión del concreto nuevo con el concreto ya endurecido, se debe aplicar, siguiendo las indicaciones del fabricante, resinas epóxicas para puentes según lo indicado en la *Subsección 725.21 Adhesivos epóxicos de resina* del CR-2020. Lo anterior, a menos que en las especificaciones establecidas por la Administración o en las del fabricante del concreto nuevo a utilizar se indique lo contrario.

6. Una vez colocado el acero de refuerzo y las fijaciones de la junta según lo indicado por el fabricante o por los planos, se procede a colocar el concreto, el cual debe poder alcanzar altas resistencias iniciales de forma que se pueda habilitar el tránsito vehicular por el puente de la manera más rápida posible.

7. Reponer el borde de las losas de concreto, aplicando el mortero de reparación de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

8. Instalar el drenaje para evitar que el agua ingrese debajo del puente siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante.

9. Con un torquímetro o gato de pretensión se debe alcanzar el torque solicitado por el fabricante para los tornillos y una vez alcanzado mediante aprobación de la inspección se podrán sellar los tornillos con epóxico o con el material que especifique el fabricante.

10. Instalar el perfil de hule para evitar que el agua ingrese debajo del puente siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante.

11. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad

vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

609.12 Procedimiento: Reemplazo o colocación de juntas asfálticas

El procedimiento *reemplazo o colocación de juntas asfálticas* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Cuando este procedimiento sea utilizado para solventar el problema de juntas de expansión obstruidas con capas de concreto asfáltico encima, se debe remover el concreto asfáltico en un espacio que contenga mínimo 250 mm a cada lado de la abertura.

2. La junta por reemplazar deberá ser removida mediante procedimientos que aseguren que no se producirán daños a los concretos de la losa ni a las zonas de la superficie de desgaste adyacentes fuera de la zona delimitada de trabajo. El cajón deberá tener el ancho especificado por la Administración o un ancho de 250 mm a cada lado de la abertura (ver Figura 09-04). Para retirar la junta deberá formarse un cajón dentro de la superficie de desgaste que la rodea, para lo cual el área por remover deberá primeramente marcarse, para luego cortarse con sierra por su perímetro, hasta abarcar la totalidad de la profundidad de la superficie. Para conocer la profundidad de la superficie de desgaste, se deben consultar los planos del puente, información provista por la Administración o realizar la extracción de núcleos que deberán ser posteriormente reparados. Debe asegurarse dejar paredes completamente verticales y un mínimo de irregularidades en el perímetro del corte.

3. Antes de dar por terminado el trabajo de remoción de la antigua junta, deberá comprobarse, que no se generaron afectaciones a la losa durante este proceso y que todo el concreto se encuentra firme. En el caso de que se haya afectado la losa, es necesario la reparación, por el método aprobado por la Administración, previo a la colocación de la nueva junta, asegurando una superficie firme y que se encuentre debidamente nivelada.

4. Las paredes y fondo del cajón deberán limpiarse de forma tal que se remueva por completo todo aceite, grasa, polvo y otro contaminante.

5. Se debe instalar la tirilla de respaldo ("*backer rod*") a una profundidad de 25,4 mm por debajo del borde superior de la losa. La instalación de la tirilla de respaldo debe realizarse de acuerdo con las indicaciones del fabricante, con las precauciones necesarios para no estirar o retorcer durante su manipulación e instalación de forma esta se dañe.

6. Una vez instalada la tirilla de respaldo, se debe recubrir toda la superficie dentro del cajón con un riego de liga que deberá aplicarse conforme la *Sección 414 Riegos de emulsión asfáltica* del CR-2020. Para lo cual deberá utilizarse equipo que cumpla con lo indicado en la *Subsección 414.04 Equipo* del CR-2020, de forma tal que la distribución sea uniforme.

7. Se debe instalar las placas de acero completamente centradas sobre la apertura, aseguradas con pines con una separación adecuada de forma tal que restrinja su

movimiento. La placa metálica deberá cumplir con las especificaciones establecidas por la Administración o con ASTM A29/A29M. Está deberá tener un ancho de 200 mm (8”) y un espesor mínimo de 6 mm (1/4”) según se muestra en la Figura 09-04.

8. Se debe recubrir nuevamente la superficie con riego de liga aplicado conforme la *Sección 414 Riegos de emulsión asfáltica* del CR-2020, asegurándose de cubrir la totalidad de la superficie de la placa.

9. Se debe preparar el agregado que se colocará, asegurándose de que se encuentre adecuadamente graduado y clasificado. Posteriormente, se debe calentar el agregado a una temperatura apropiada (aproximadamente entre 130˚C y 150˚C) y adicionar el aglutinante polimérico, debidamente aprobado por la Administración.

10. Se debe colocar la mezcla de agregado con el aglutinante calentado en el bloque de trabajo, vertiéndolo de manera homogénea y nivelada. Se debe realizar la compactación del material colocado en capas que no sean superiores al mínimo entre 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado o 50 mm (2”).

11. Se debe verter el aglutinante polimérico, calentado a la temperatura especificada por el fabricante, asegurándose de inundar por completo la capa de agregado colocada.

12. Se debe repetir este proceso hasta completar la profundidad del bloque de trabajo. En la colocación de la última capa, se debe asegurar que el agregado no sobresalga por encima de la superficie de desgaste adyacente. Asimismo, en el vertido del aglutinante polimérico se debe asegurar una cobertura total de todos los vacíos entre los agregados. El nivel terminado de la junta asfáltica debe ser el mismo de la carpeta asfáltica adyacente.

13. Se debe colocar sobre la última capa el tratamiento de sello final y corrugación para evitar el deslizamiento de vehículos, previamente aprobado por la Administración.

14. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

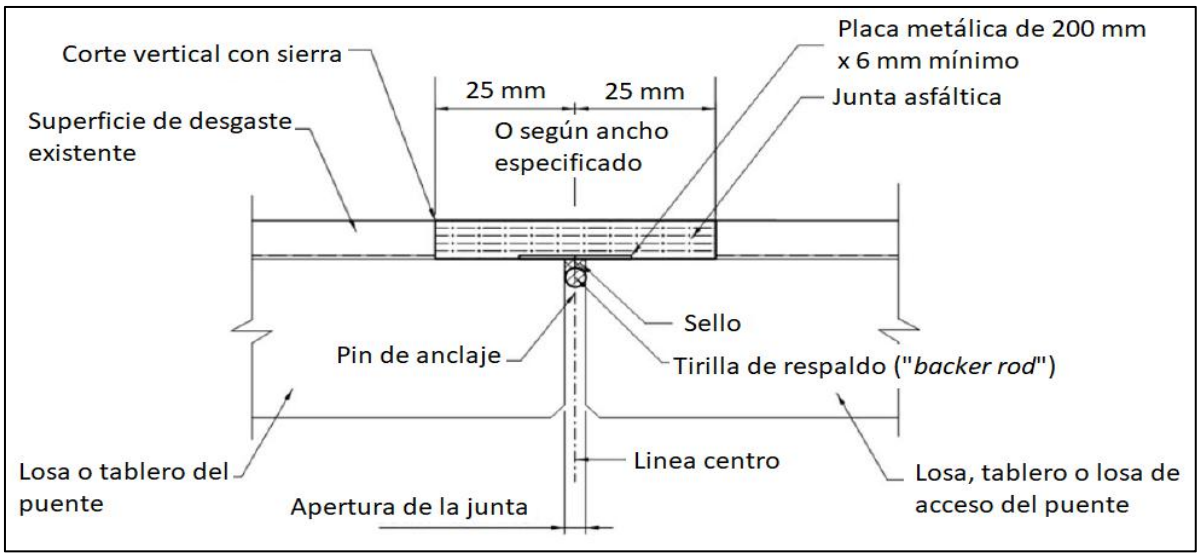


Figura 09-04. Instalación de junta de concreto asfáltico
Fuente: Adaptado de FHWA, 2015

609.13 Procedimiento: Reemplazo de juntas especiales

El procedimiento *reemplazo de juntas especiales* deberá de estar basado en las especificaciones para remoción e instalación elaboradas por el fabricante de la junta a reemplazar. Estas especificaciones, junto con el manual de conservación específico de la junta a instalar (ver Punto 26 de las *Generalidades Aplicables* de las presentes especificaciones) deberán de guardarse en español en el archivo del puente. Este procedimiento, deberá contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. La junta por reemplazar deberá ser removida, siguiendo las indicaciones del fabricante, mediante procedimientos que aseguren que no se producirán daños a los concretos adyacentes a la zona ni a las armaduras de los mismos.

2. Una vez removida la junta, deberán limpiarse, mediante aire comprimido (asegurando que el aire no contenga aceites), las paredes y el fondo del espacio donde se instalará la junta. En caso de ser necesario, deberá removerse, mediante escobillado, todo el óxido de del acero de refuerzo a la vista.

3. Proceder a instalar la junta de expansión de siguiendo el procedimiento descrito en las especificaciones de la junta de expansión realizado por el fabricante.

4. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

609.14 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Junta de expansión sin tipo definido: metro lineal (m). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo de colocación de las juntas, independientemente del tipo, de acuerdo con la cantidad de metros lineales de junta debidamente instalados, considerando todos los pasos descritos en las subsecciones anteriores (incluyendo reparación de bordes y colocación de acero de refuerzo). Para las juntas clasificadas como especiales, deberá utilizarse el renglón de pago MP.609.01 incluido en la Tabla 09-02.
2. Mortero de reparación: metro cúbico (m^3).
3. Acero de refuerzo: kilogramo (kg).
4. Epóxico con resina: litros (l).

609.15 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 09-02.

Tabla 09-02. Renglones de pago para mantenimiento o reemplazo de juntas de expansión

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.609.01	*Reemplazo de junta de expansión especial, tipo _____*	*m*
MP.609.02	*Reemplazo de juntas abiertas*	*m*
MP.609.03	*Reemplazo de juntas elastoméricas coladas*	*m*
MP.609.04	*Reemplazo de juntas con sellos comprimidos*	*m*
MP.609.05	*Reemplazo de juntas de placas deslizantes*	*m*
MP.609.06	*Reemplazo de juntas de placas dentadas*	*m*
MP.609.07	*Reemplazo o colocación de juntas asfálticas*	*m*
CR.554.02	*Acero de refuerzo de baja aleación, INTE 06-09-02 (ASTM A 706 M grado 60)*	kg
MP.608.09	*Mortero*	*m^3*
MP.608.10	*Epóxico con resina*	*l*

SECCIÓN 610: MANTENIMIENTO O REEMPLAZO DE DISPOSITIVOS DE APOYO

610.01 Objetivo

Preservar el comportamiento estructural del puente al dar mantenimiento o en su defecto sustituir los apoyos que se encuentren deteriorados o dañados, debido a efectos como el intemperismo o eventos sísmicos, y que puedan representar un daño mayor para la estructura.

610.02 Alcance

Esta actividad consiste en el reemplazo de los dispositivos de apoyo del puente. Asimismo, incluye proveer la plataforma de trabajo, efectuar la limpieza, apoyar provisionalmente sobre gatos hidráulicos la superestructura y el retiro de los apoyos existentes, preparar las bases, suplir y colocar los dispositivos de apoyo nuevos. En el caso del mantenimiento consiste en la limpieza, pintura, eliminación de corrosión, reposición de lubricante, reemplazo de tornillería y piezas de acero que sean de soporte, según corresponda. Asimismo, para el mantenimiento de apoyos, en caso de ser necesario, se incluye el apoyo provisional sobre gatos hidráulicos de la superestructura durante la realización de los trabajos. En ambos casos, dado la naturaleza del trabajo a realizar, incluye la presentación y aplicación de un plan para el manejo y control del tránsito.

Adicionalmente al alcance mencionado, esta actividad incluye también el mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyos de puentes calificados como especiales. Este tipo de apoyos incluye los dispositivos para aislación sísmica del puente, como los apoyos de péndulo friccional o aisladores elastoméricos con núcleo del plomo, por mencionar dos ejemplos. El mantenimiento o reemplazo de este tipo de apoyos deberá de realizarse siguiendo las especificaciones, en cuanto a procedimientos e intervalos de aplicación, que deberán ser brindadas por el fabricante del dispositivo o apoyo especial. Asimismo, estas especificaciones deberán estar disponibles en el plan de conservación que deberá ser parte del archivo del puente.

La definición y cambio de los dispositivos de apoyo debe estar en el Expediente Técnico de control de obra, elaborado por un especialista en estructuras de puentes y debe tomar en cuenta el régimen estático de la estructura en caso de estructuras continuas en las cuales se pueden presentar solicitaciones excesivas, durante el trabajo, generadas por desplazamientos diferenciales.

La actividad de conservación *610 Mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo* se puede separar según distintos alcances del mantenimiento o reemplazo en los siguientes procedimientos:

- 610.07: Limpieza de apoyos
- 610.08: Lubricación de apoyos metálicos
- 610.09: Pintura de apoyos metálicos
- 610.10: Realineamiento de apoyos
- 610.11: Reemplazo parcial (tornillería y piezas de acero de soporte)

- 610.12: Reemplazo total de apoyos
- 610.13: Mantenimiento o reemplazo de dispositivos o apoyos especiales

610.03 Criterio de ejecución

La actividad *610 Mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado, con excepción de la aplicación de los procedimientos *610.07, 610.08 y 610.09* que deben programarse de manera cíclica en un intervalo máximo de 2 años, 4 años y 10 años respectivamente. Este intervalo establecido para estas actividades puede modificarse para apoyos que se encuentren sobre bastiones o pilas con juntas de expansión abiertas, según lo considere la Administración.

Los procedimientos de lubricación y pintura de los apoyos, deben ser programados únicamente para apoyos metálicos, que involucren el movimiento entre superficies de metal con metal.

Previo a aplicar el procedimiento de realineamiento de apoyos, se debe realizar una evaluación para determinar la causa del daño. Lo anterior, ya que la necesidad de realineamiento puede ser indicio de problemas mayores que pueden estar sucediendo en la estructura, como por ejemplo la inclinación de bastiones o pilas o de problemas adicionales como errores en el diseño de los apoyos. Una vez identificada la causa de la necesidad de realineamiento de los apoyos, será responsabilidad de la Administración determinar si es conveniente o no realizar el procedimiento de ejecución que se describe en esta sección.

Un criterio que puede ser utilizado para definir si se debe hacer un mantenimiento del apoyo o la sustitución del mismo se basará en la inspección visual de un experto en puentes a través de la cual se determine si el apoyo permite los movimientos para los que fue concebido (rotación, traslación, ambas o ninguna). Si el apoyo no permite los desplazamientos para los que fue diseñado deberá evaluarse con mayor detalle si requiere ser reemplazado.

En la Figura 10-01 se muestra la necesidad de mantenimiento de un apoyo de móvil (a) y la necesidad de sustitución de un apoyo fijo (b).



a-Puente sobre río Barbilla Ruta Nacional n.° 32 01 *b- Puente sobre río Tempisquito Ruta Nacional n.°*

Figura 10-01. Necesidad de mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo

Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2014

610.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 10-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 10-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 610

Material	Apartado del CR-2020
Accesorios de apoyo (materiales)	564.02
Pintura para estructuras de acero	708.05
Metal de uso estructural	717
Aceite o material para lubricación de apoyos	-
Agua	725.01
Adhesivos epóxicos con resina (1)	725.21
Mortero (2)	-

Nota:
(1) La resina sintética para puente de adherencia debe ser Tipo V según la normativa AASHTO M 235 (ASTM C 881).
(2) El mortero elaborado con base en resinas sintéticas es predosificado especialmente para este tipo de reparaciones y se debe colocar ajustándose estrictamente a las instrucciones del fabricante. Con el producto por utilizar se debe obtener una resistencia medida a los 28 días acorde al elemento a reparar.

610.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: camión pequeño de volteo, palas, gato hidráulico, bomba hidráulica, mezcladores mecánicos, brocha, rodillo, rociador, una cámara fotográfica, GPS y cualquier otro equipo o herramienta sugerido por el fabricante del dispositivo de apoyo a utilizar o especificado por la Administración.

610.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 564 Accesorios de Apoyo* del CR-2020 o su versión vigente. Previo a realizar cualquiera de los procedimientos descritos en las Subsecciones 610.07, 610.08, 610.09, 610.10, 610.11 o 610.12 el Contratista deberá realizar, como mínimo, pero sin limitarse a ello, los pasos descritos a continuación:

1. El Contratista debe presentar un plan para el manejo del tránsito que debe ser aprobado por la Administración previo al inicio de los trabajos. Se debe valorar, dependiendo de la extensión de la reparación, la necesidad de realizar un cierre parcial o total del puente.

2. En caso de ser necesario realizar el levantamiento de la estructura, se debe modificar la estructura para soportar el levantamiento de la misma durante la realización de los trabajos. Previamente a la realización de los trabajos, el Contratista deberá presentar a la Administración el plan de trabajo, incluyendo los planos y las especificaciones de la plataforma de trabajo de modo que se puedan llevar a cabo con seguridad y comodidad todos los trabajos necesarios. Estos planos y eventualmente sus hojas de cálculo respectivas, serán presentadas a la Administración para su información y visto bueno, antes de iniciarse su construcción. Para el diseño, se debe considerar el peso propio y la sobrecarga, y deben construirse empleando materiales adecuados que resistan los esfuerzos solicitados. En todo caso deben evitarse métodos que impliquen riesgo o peligro para las personas o la estructura.

3. Para el caso de estructuras metálicas como puentes colgantes o reticulados, se debe previamente reforzar la viga donde se va a colocar el gato utilizando para ello piezas metálicas de unión en el eje de posición del gato para evitar deformar o sobre esforzar el patín inferior de la viga.

4. La aprobación del plan de trabajo por parte de la Administración no exime al Contratista de cualquier daño o accidente que pueda ocurrir durante la ejecución del presente procedimiento.

5. Construir la plataforma de trabajo de acuerdo con el diseño y las especificaciones especiales del caso que garanticen su efectividad y la seguridad para ejecutar el trabajo posterior. Cuando sea necesario utilizar elementos de anclaje fijados a la estructura, estos deberán contar con la aprobación la Administración. Una vez terminado el uso de estos anclajes, deberán ser retirados y los posibles daños, reparados a satisfacción de la Administración.

6. En caso de ser necesario, se debe proceder a las maniobras de levantamiento del tablero del puente, después de haber procedido a la suspensión temporal del tránsito por el tiempo que duren las maniobras de levantamiento de la estructura y colocación de los tacos de madera. Las gatas deberán levantar de manera simultánea y uniforme, lenta y gradualmente, los extremos de todas las vigas de un tramo del tablero (un eje transversal de apoyo). Si se advierte alguna restricción para elevar las vigas, se deberá suspender el levantamiento. La capacidad de las gatas debe cubrir al menos un 50% adicional de la carga de la estructura a levantar, operación que debe permitir liberar de carga al aparato de apoyo, proveyendo de una holgura aproximada de 5 mm sobre la dimensión no esforzada del dispositivo de apoyo que se va a intervenir. Cuando las planchas de neopreno o el apoyo correspondiente queden libres del peso del tablero, se colocarán apoyos temporales como tacos de madera cuando sea posible, apoyos de neopreno temporales o platinas de acero dependiendo de la carga.

610.07 Procedimiento: Limpieza de apoyos

El procedimiento *limpieza de apoyos* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Proceder a la limpieza en la zona de los apoyos mediante el retiro de escombros y en general de toda partícula suelta extraña a dichos apoyos y sus alrededores. Esta labor se podrá realizar mediante herramientas manuales, aire comprimido o con chorros de agua. Se debe minimizar la descarga de material suelto o vegetación al cuerpo de agua.

2. Eliminar las colonias de animales (insectos, roedores, murciélagos, moluscos y aves) que con sus excrementos puedan afectar los apoyos o que su presencia pueda afectar la seguridad y la comodidad de los usuarios. En caso, de existir nidos de aves con huevos o polluelos, se debe activar el Protocolo de Protección, Rescate y Relocalización o la medida ambiental correspondiente que la Administración razone pertinente aplicar.

3. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

610.08 Procedimiento: Lubricación de apoyos

El procedimiento *lubricación de apoyos* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. En caso de ser necesario, modificar la estructura para soportar el levantamiento de la misma durante la realización de los trabajos según los pasos generales presentados en Subsección 610.06 de las presentes especificaciones.

2. Remover las partes de los apoyos que sean fácilmente removibles y que no puedan ser lubricadas en su posición actual.

3. Proceder a realizar la limpieza de los componentes removidos y los que no pudieron ser removidos. Antes de proceder a la lubricación, se debe asegurar que todos los componentes se encuentren secos y libres de polvo o cualquier tipo de contaminación que pueda afectar la misma.

4. Proceder a realizar la lubricación con el aceite o material, previamente aprobado por la Administración, según las indicaciones del fabricante.

5. Ensamblar nuevamente el apoyo, asegurándose que quede en las mismas condiciones de ensamblaje previo a la lubricación.

6. En caso de que se hayan colocado, quitar los tacos y descender cuidadosamente la estructura para que se apoye en los nuevos dispositivos. Remover todo el equipo necesario utilizado para el levantamiento de la estructura.

7. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por

la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

610.09 Procedimiento: Pintura de apoyos

El procedimiento *pintura de apoyos* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. En caso de ser necesario, modificar la estructura para soportar el levantamiento de la misma durante la realización de los trabajos según los pasos generales presentados en Subsección 610.06 de las presentes especificaciones.

2. Con respecto a la protección al público, propiedades y trabajadores durante el trabajo de pintura, se debe seguir las disposiciones de la *Subsección 563.03 Protección al público, propiedades y trabajadores* del CR-2020. Se deben tomar todas las medidas indicadas para proteger el ambiente, el público, las propiedades adyacentes y los trabajadores, presentando un plan que será previamente aprobado por la Administración. La aprobación del plan de trabajo por parte de la Administración no exime al Contratista de su responsabilidad sobre daños o accidentes ocurridos durante la ejecución del presente procedimiento.

3. Remover las partes de los apoyos que sean fácilmente removibles y que no puedan ser pintadas en su posición actual.

4. Proceder a realizar la limpieza de los todos los componentes del apoyo. Usar un cepillo de alambre o un chorro abrasivo para remover toda la suciedad y residuos que no estén adheridos adecuadamente a la superficie. De igual manera, los mismos equipos podrían utilizarse para eliminar la corrosión presente en las superficies metálicas. Antes de proceder a la pintura, se debe asegurar que todos los componentes se encuentren secos y libres de polvo o cualquier tipo de contaminación que pueda afectar la misma.

5. Previo a iniciar con la pintura, debe asegurarse que la temperatura de la superficie se encuentre entre 10 y 40˚C y que la humedad sea del 85% o menor, a menos que se indique de otra manera en las especificaciones del fabricante del producto.

6. Se debe proceder con la aplicación de la pintura según lo indicado en la *Subsección 563.07 Hierro y acero estructural* del CR-2020. aplicando cada capa de pintura con el espesor de película húmeda especificada por el fabricante para obtener el espesor requerido de película seca. Ninguna capa de pintura puede aplicarse hasta que la capa previamente colocada haya secado en su totalidad. Se debe verificar la razón de aplicación de cada capa con un medidor de espesor de película húmeda inmediatamente después de aplicar la pintura de la superficie. Se debe confirmar la razón de aplicación midiendo el espesor de la película seca después de que el solvente se ha evaporado de la superficie. En caso de que el apoyo contara con pintura en buen estado, debe asegurarse la compatibilidad de la nueva capa de pintura que será aplicada.

7. Una vez que se haya brindado el tiempo de secado especificado por el fabricante, volver a ensamblar el apoyo.

8. En caso de que se hayan colocado, quitar los tacos y descender cuidadosamente la estructura para que se apoye en los nuevos dispositivos. Remover todo el equipo necesario utilizado para el levantamiento de la estructura.

9. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

610.10 Procedimiento: Realineamiento de apoyos

El procedimiento *realineamiento de apoyos* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Se debe realizar el levantamiento de la estructura hasta la altura que permita realizar el re-alineamiento o reposición de los apoyos afectados según los pasos generales presentados en Subsección 610.06 de las presentes especificaciones.

2. Realinear el apoyo de forma tal que la longitud total que pueda desplazarse o rotar pueda ser dividida de forma igual con respecto a su posición media. Para ello, debe presentarse una memoria de cálculo incluyendo una tabla basada en la longitud del desplazamiento del puente (ya sea contracción o expansión) para varias temperaturas probables, siendo esta memoria de cálculo obligatoria para puentes sesgados y no sesgados.

3. En caso de ser necesario, deben reconstruirse o nivelarse los pedestales o zonas de asiento para los apoyos de forma tal que se asegure una superficie plana para el apoyo. Pequeñas depresiones pueden ser llenadas con un epóxico de baja viscosidad previamente aprobado por la Administración o en su defecto con mortero de nivelación estructural. Su perfecta horizontalidad deberá ser controlada para asegurar un asiento uniforme de los apoyos realineados.

4. Quitar los tacos y descender cuidadosamente la estructura para que se apoye en los nuevos dispositivos. Remover todo el equipo necesario utilizado para el levantamiento de la estructura.

5. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

610.11 Procedimiento: Reemplazo parcial (tornillería y piezas de acero de soporte)

El procedimiento *reemplazo parcial (tornillería y piezas de acero de soporte)* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. En caso de ser necesario, modificar la estructura para soportar el levantamiento de la misma durante la realización de los trabajos según los pasos generales presentados en Subsección 610.06 de las presentes especificaciones.

2. Desarmar el apoyo o los componentes según sea necesario para remover las piezas que vayan a ser reemplazadas.

3. Instalar los nuevos componentes prefabricados, ya sean placas de acero, tornillería o pernos de anclaje asegurándose que sean perfectamente compatibles con el resto de componentes del apoyo. Los pernos de anclaje y su debida instalación deberán de realizarse conforme a lo indicado en la *Subsección 564.08 Pernos de anclaje* del CR-2020. En caso de ser necesario, para fijar los pernos de anclaje, se deben fijar con una lechada con contracción compensada (cuando el agujero es 25 mm mayor que el diámetro del perno) o con un adhesivo químico aprobado para asegurar el anclaje adecuado de los pernos.

10. En caso de que hayan sido necesario, quitar los tacos y descender cuidadosamente la estructura para que se apoye en los dispositivos. Remover todo el equipo necesario utilizado para el levantamiento de la estructura.

11. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

610.12 Procedimiento: Reemplazo total de apoyos

El procedimiento *reemplazo total de apoyos* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Realizar la modificación y el levantamiento de la estructura de forma tal que se puedan remover los apoyos que serán reemplazados según los pasos generales presentados en Subsección 610.06 de las presentes especificaciones.

2. Realizar la limpieza en la zona de los apoyos mediante el retiro de escombros y en general de toda partícula suelta extraña a dichos apoyos y sus alrededores. Esta labor se podrá realizar mediante herramientas manuales, aire comprimido o con chorros de agua a alta presión.

3. Verificar en el sitio el procedimiento a seguir y el plazo para el retiro de los apoyos existentes.

4. Realizar el retiro de los dispositivos de apoyo que no estén fijados por barras de anclaje, o dispongan internamente de barras pasantes entre viga y bastiones. En los dispositivos de apoyo que contengan estas restricciones, se deberán liberar eliminando las restricciones y en la instalación se proveerá de otro mecanismo de fijación como el uso de adhesivos epóxicos.

5. Enrasar y pulir a los niveles necesarios las bases de mortero que soportan los dispositivos de apoyo, antes de colocar los nuevos dispositivos de apoyo. Su perfecta horizontalidad deberá ser controlada para asegurar un asiento uniforme de los nuevos aparatos de apoyo a colocar.

6. Efectuar la colocación de los nuevos dispositivos de apoyo preparados en fábrica, según los planos y especificaciones especiales del caso. Los apoyos a utilizar, deberán fabricarse cumpliendo con las especificaciones "*Standard Specifications for Highway Bridges*" (AASHTO, 2002b) en su versión vigente. Asimismo, deberán ser ensamblados previamente en el taller, en donde deberá revisarse que estos posean todas sus partes y geometría adecuada. Será responsabilidad del Contratista que el apoyo a reemplazar posea la compatibilidad requerida con la estructura.

7. Quitar los tacos y descender cuidadosamente la estructura para que se apoye en los nuevos dispositivos.

8. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

610.13 Procedimiento: Mantenimiento o reemplazo de dispositivos o apoyos especiales

El procedimiento mantenimiento o *reemplazo de dispositivos o apoyos especiales* deberá de estar basado en las especificaciones elaboradas por el fabricante del dispositivo o apoyo especial a intervenir. Estas especificaciones, junto con el manual de conservación específico del dispositivo o apoyo especial a intervenir (ver *Punto 26 Especificaciones para elementos o puentes especiales* de *Generalidades Aplicables* de las presentes especificaciones) deberán de guardarse en español en el archivo del puente. Este procedimiento, deberá contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. En caso de ser necesario, modificar la estructura para soportar el levantamiento de la misma durante la realización de los trabajos según los pasos generales presentados en Subsección 610.06 de las presentes especificaciones.

2. Proceder a realizar el mantenimiento o reemplazo del dispositivo o apoyo especial siguiendo el procedimiento descrito en las especificaciones realizadas por el fabricante.

3. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

610.14 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Limpieza de apoyos: metro cuadrado (m^2). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo de limpieza de acuerdo con el área a la que corresponde toda la zona de asiento de los apoyos, ya sea sobre el bastión o la pila. La Administración podrá utilizar unidad (ud) en los casos en los que no sea necesario limpiar la zona de asiento o solo se requiera la limpieza de alguno de los apoyos.
2. Lubricación, pintura, realineamiento, remplazo parcial y remplazo parcial de apoyos: unidad (ud). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo por unidad siendo la unidad cada uno de los apoyos con todos sus componentes. La conservación de dispositivos de apoyo clasificados como especiales, deberá utilizarse el renglón de pago MP.610.07 incluido en la Tabla 10-02.

610.15 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 10-02.

Tabla 10-02. Renglones de pago para mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.610.01	*Reemplazo de apoyos de puentes*	*ud*
MP.610.02	*Limpieza de apoyos de puentes*	*ud*
MP.610.03	*Limpieza de apoyos de puentes*	*m^2*
MP.610.03	*Lubricación de apoyos de puentes*	*ud*
MP.610.04	*Pintura de apoyos de puentes*	*ud*
MP.610.05	*Realineamiento de apoyos*	*ud*
MP.610.06	*Reemplazo parcial (tornillería y piezas de soporte)*	*ud*
MP.610.07	*Mantenimiento o reemplazo de dispositivos de apoyo especiales. Tipo____*	*ud*

SECCIÓN 611: REPARACIÓN DE SUPERFICIE DE DESGASTE DE CONCRETO HIDRÁULICO

611.01 Objetivo

Recuperar las condiciones funcionales de la superficie de desgaste de concreto hidráulico para garantizar la protección e impermeabilización del tablero o losa mediante la reparación de daños que se hayan producido e impidan la transitabilidad cómoda y segura de los usuarios.

611.02 Alcance

Esta actividad de conservación consiste en realizar todos los trabajos necesarios para reparar daños o deterioros producidos en la superficie de desgaste de concreto hidráulico del puente tales como huecos, desprendimientos, agrietamientos, irregularidad superficial y otros similares. Lo anterior, implica la demolición de la superficie de desgaste deteriorada, el acarreo del material removido al sitio debidamente aprobado por la Administración, el suministro, acarreo y colocación de los materiales necesarios para realizar la sustitución total o parcial de la capa según corresponda.

El costo de esta actividad incluye, adicional a los trabajos descritos en el procedimiento de ejecución, la realización de los estudios, ensayos en sitio y el diseño de las soluciones definitivas, mismas que deben contar con la aprobación de la Administración antes de iniciar con la ejecución de las respectivas obras. Estos diseños deben contemplar que la superficie de desgaste no exceda el espesor y la carga máxima que puede soportar el tablero.

La actividad de conservación *611 Reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico s*e puede separar según el tipo de reparación en los siguientes procedimientos:

- 611.07: Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico
- 611.08: Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto hidráulico

611.03 Criterio de ejecución

La actividad *611 Reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado. Es importante inspeccionar periódicamente el estado y la condición de la superficie de desgaste de los puentes para identificar los daños y proceder a su reparación oportuna de manera que no se afecte la seguridad de los usuarios ni el comportamiento de la estructura. En este caso, es importante la protección e impermeabilización del tablero o losa del puente.

Esta actividad se podrá realizar siempre y cuando se demuestre por medio de una evaluación que la losa o el tablero no tiene ningún daño que comprometa la estructura y que la deficiencia detectada afecta únicamente la superficie de desgaste de concreto hidráulico. De lo contrario, se debe proceder inicialmente con la corrección de los daños existentes en la misma, para luego proceder con la reparación de la superficie de desgaste.

Se deben considerar los siguientes daños o deterioros para justificar las intervenciones que se proponen en esta sección: Fracturas en los bordes de las losas, baches, fracturas en las esquinas, descaramientos u otros defectos superficiales en un pavimento de concreto hidráulico.

En la Figura 11-01 se observa la necesidad de reparar el agrietamiento en la superficie de desgaste de concreto asfáltico en la losa del puente sobre el río Tiribi en la Ruta Nacional n.° 2.



Figura 11-01. Agrietamiento en superficie de desgaste de concreto hidráulico en tablero de puente sobre río Tiribi en la Ruta Nacional n.° 2
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2015

611.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 11-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 11-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 611

Material	Apartado del CR-2020
Pavimento de concreto hidráulico (materiales) (1)	501.02
Impermeabilización (material)	559.02
Materiales de curado	711.01
Aditivos químicos	711.03
Adhesivos epóxicos de resinas (2)	725.21
Sellantes, sellos y rellenos	712.01
Tirilla de respaldo (backer rod)	-

Tabla 11-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 611

Material	Apartado del CR-2020
Agua	501.02 (e)

Notas:

(1) El concreto hidráulico para pavimento rígido podrá incluir aditivos y productos químicos para curado, todo conforme a la *Sección 501 Pavimento de concreto hidráulico* del CR-2020 o su versión vigente, además deberá colocarse un concreto de características iguales o similares a la del pavimento circundante.

(2) La resina sintética para puente de adherencia debe ser Tipo V según la normativa AASHTO M 235 (ASTM C 881).

611.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad, son al menos: herramientas manuales, pudiéndose usar también martillos neumáticos livianos (de no más de 7 kg de peso), sierra de corte, escobillas, equipo de aire, densificadores, martillo, vibradores de inmersión, equipo para acabado de superficie de concreto, equipo de chorro de arena, una cámara fotográfica, entre otros. De acuerdo con la magnitud de la obra y bajo la aprobación del ingeniero encargado, se podrá utilizar maquinaria especializada, para lo cual deberá contarse con la aprobación de la Administración.

611.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 501 Pavimento de concreto hidráulico* y *Sección 502 Rehabilitación de pavimentos de concreto hidráulico* del CR-2020 o su versión vigente. El proceso de ejecución se llevará a cabo durante los periodos indicados por la Administración, pero preferiblemente en época seca y cuando la temperatura del aire no sea muy elevada para que no se afecte la temperatura de colocación del concreto, la cual en ningún caso deberá ser mayor a 32°C.

Previo a realizar cualquiera de los procedimientos descritos en las Subsecciones 611.07 o 611.08, el Contratista deberá realizar, como mínimo, pero sin limitarse a ello, los pasos descritos a continuación:

1. El contratista debe presentar un plan para el manejo del tránsito que debe ser aprobado por la Administración previo al inicio de los trabajos. Se debe valorar, dependiendo de la extensión de la reparación, la necesidad de realizar un cierre parcial o total del puente. Debe contemplarse dentro del tiempo de trabajo, que posterior a la colocación del concreto, no se podrá abrir el tránsito hasta que el concreto colocado alcance una resistencia mínima de 80% de la resistencia indicada por la especificación correspondiente.

2. Evaluar las condiciones de drenaje y en caso de ser necesario debe repararse, antes de iniciar con los trabajos y si resulta necesaria la canalización de aguas para evitar la saturación del área en cuestión, se construirán o repararán las estructuras de drenaje superficial requeridas. Todo lo anterior, de acuerdo con la Actividad *604 Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje*, de las presentes especificaciones.

611.07 Procedimiento: Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico

El procedimiento *reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico* debe realizarse conforme a lo indicado en la *Subsección 502.05 Reparación (Bacheo) a profundidad parcial o total* del CR-2020. En general, se deben contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. La reparación debe realizarse utilizando un mortero epóxico o un concreto con polímeros como material de reparación para baches menores o iguales a 40 mm de profundidad. Para parches mayores a 40 mm de profundidad, debe utilizarse concreto de cemento hidráulico, concreto de alta resistencia temprana, o concretos con cementos especiales. En cualquiera de los casos, el diseño de mezcla debe contar con la aprobación previa por parte de la Administración.

2. Identificar y delimitar la zona deteriorada que se quiere corregir, así como toda zona circundante hasta encontrar concreto que se encuentre perfectamente sano y firme. Para detectar esto último se deben utilizar ensayos y herramientas definidas por el ingeniero encargado, tales como golpear el concreto con un martillo o una varilla de acero y así verificar si se mantiene sólido y firme, o, por el contrario, si se encuentra deteriorado. Delimitada el área por remover, se demarcará dándole la forma de un cuadrado o rectángulo con los lados paralelos y perpendiculares al eje de la calzada. Se debe incluir dentro del área por remover 100 mm adicionales a partir del límite entre el concreto sano y el deteriorado para garantizar una adherencia eficiente en las juntas de construcción entre los concretos antiguo y nuevo. Dependiendo de la magnitud del área por reparar, el ingeniero encargado podrá solicitar la utilización maquinaria para perfilado, siempre y cuando no se aplique vibración al puente y las dimensiones del mismo lo permitan, todo previamente aprobado por la Administración.

3. Cortar el concreto por el perímetro con sierra hasta una profundidad de 30 mm, salvo que existan armaduras de refuerzo a menor profundidad, en cuyo caso el corte será menos profundo para no dañarlas.

4. Demoler el concreto dentro del perímetro aserrado mediante herramientas manuales, se pueden usar también martillos neumáticos livianos (de no más de 7 kg de peso), y se deben dejar paredes verticales y un mínimo de irregularidades en el perímetro del corte, formando una caja. Se demolerá hasta la profundidad en que se encuentre concreto sano, sin fisuramiento, aún más abajo del nivel de las armaduras (si existen) si fuese necesario, aunque esto implique demoler manualmente para no dañar las armaduras.

5. Limpiar las paredes y el fondo de la caja, mediante equipo con chorro de arena a alta presión y deberá de realizarse el secado mediante aire comprimido (asegurando que el aire no contenga aceites) y cuidando de eliminar toda suciedad, polvo y cualquier material que se encuentre suelto.

6. Remover todo el óxido y adherencias del concreto antiguo en las armaduras y aplicar la resina epóxica designado para adherencia del concreto nuevo con el existente, a las paredes y fondo mediante las herramientas indicadas por el ingeniero encargado o según lo recomiende el fabricante del producto (brochas rodillos u otros elementos similares).

7. Aplicar, siguiendo las indicaciones del fabricante, resinas epóxicas para puentes de adherencia entre el concreto fresco y el concreto endurecido según lo indicado en la *Subsección 725.21 Adhesivos epóxicos de resina* del CR-2020. Lo anterior, a menos que en las especificaciones establecidas por la Administración o en las del fabricante del concreto nuevo a utilizar se indique lo contrario.

8. Vaciar el concreto de relleno mientras la capa de adherencia se encuentre aplicada y en la condición apta (de acuerdo con indicaciones del fabricante del producto utilizado). Se debe consolidar el concreto colocado mediante el método de vibrado más adecuado de acuerdo con el espesor de la capa de concreto colocada. Lo anterior, debe realizarse en concordancia con lo indicado en la guía *"Guide for Consolidation of Concrete (309R-05)"* (ACI, 2005), en su versión más vigente, considerando los métodos de vibrado interno o externo de forma tal que se evite la segregación del concreto. La pavimentación deberá avanzar de forma continua, para lo cual todas las operaciones de mezclado, transporte, colocación, extendido y compactación del concreto deberán coordinarse para permitir un avance uniforme.

9. Dependiendo del área por intervenir o si se repone toda el área de la capa de desgaste, el ingeniero encargado podría solicitar la utilización de una pavimentadora para la colocación del concreto hidráulico, siempre y cuando el Ingeniero garantice que no se aplique vibración que no afecte estructuralmente al puente y las dimensiones del mismo lo permitan, todo previamente aprobado por la Administración. En ninguna circunstancia deberá levantarse el nivel de rasante.

10. Posteriormente, proceder a darle la textura a la superficie antes de que el concreto endurezca, de acuerdo con la *Subsección 501.09 Acabado de la Superficie* del CR-2020. No se podrá agregar agua y/o aditivos durante las operaciones de acabado. El acabado final de la superficie consistirá en lograr una microtextura longitudinal áspera y una macrotextura estriada transversal, que tenga una profundidad entre 3 y 6 mm, espaciadas no más de 19 mm. Lo anterior, siempre que la superficie colindante tenga la misma textura, en caso contrario, debe definirse con la Administración el acabado final de la superficie. La superficie deberá quedar exenta de áreas ásperas, porosas, irregularidades y sin depresiones.

11. Se deberá de realizar el curado inicial y el curado final según lo establecido en la *Subsección 501.10 Curado* del CR-2020. El curado final, deberá de realizarse según el método aprobado por la Administración, ya sea mediante mantas de curado, compuestos líquidos formadores de membrana de curado, aspersión, nebulización o materiales absorbentes. La finalización del curado debe realizarse por al menos 7 días a una temperatura mínima de 10 ˚C o hasta que se alcance el 70% de resistencia a la compresión requerida. En los casos en los que, durante la época seca se presenten vientos fuertes rasantes y temperaturas elevadas, deberá de proveerse una doble aplicación de

membrana de curado a razón de un litro por metro cuadrado, para obtener un espesor uniforme de aproximadamente un milímetro. Deben protegerse las losas contra acciones accidentales de origen climático.

12. Si existieran juntas, estas se deben tratar y sellar de acuerdo con lo establecido en la *Sección 501.11 Juntas* y *Sección 501.12 Sellado de Juntas* del *CR-2020*, utilizando los materiales compatibles más adecuados previamente aprobados por la Administración.

13. Es necesario llevar a cabo la impermeabilización de la losa o tablero del puente según lo que corresponda de acuerdo con la *Sección 559 Impermeabilización (agua)* del CR-2020.

14. Se rechazará el trabajo si la superficie presenta desniveles superiores a 3 mm respecto del pavimento que lo rodea.

15. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

611.08 Procedimiento: Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto hidráulico

El procedimiento *reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto hidráulico* deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 502.06 Reparación de juntas y grietas* del CR-2020. Asimismo, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Deben limpiarse y resellarse las juntas longitudinales y transversales según se requiera. Debe removerse todo el material existente de las juntas y limpiarlas debidamente con una antelación máxima de 24 horas previo a realizar los trabajos. Deben utilizarse procedimientos que no dañen las juntas que se encuentran en buen estado y no serán reparadas. Debe removerse el sello existente en las juntas a reparar utilizando una fresadora ("*router*") en una profundidad mínima de 2,5 veces el ancho de la junta. Posterior al fresado, deben limpiarse las superficies adyacentes del pavimento.

2. En el caso de las grietas, deben refaccionarse con una sierra de concreto. Cuando el ancho de las grietas es variable y las caras son irregulares, debe aserrarse a una profundidad de 20 mm. Debe limpiarse a fondo la junta o grieta de todo material extraño. La limpieza de la junta debe realizarse con un chorro de arena o con un chorro de alta presión de agua. Lo anterior, debe realizarse hasta que quede expuesta una cara del concreto nueva y limpia. Previo a la colocación del material de sello, debe asegurarse que la junta o grieta se encuentre seca, para lo cual, se puede acelerar el secado mediante el uso de aire a compresión.

3. Se debe aplicar el sello en la profundidad completa de la junta o grieta. Se deben presentar las fichas técnicas con las características del sello a utilizar a la Administración para la aprobación previo a su uso. Durante la aplicación, debe controlarse la temperatura para asegurar el cumplimiento de las indicaciones del fabricante. Inmediatamente después de la aplicación, el sellante se repuja con la herramienta apropiada para proveer un contacto firme con las caras de la junta y para formar la hendidura por debajo de la superficie de la losa.

4. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y aprobados por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o sitios que afecten la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 h posterior a finalizado los trabajos de conservación.

611.09 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Reparación de la superficie de desgaste: metro cúbico (m^3). En casos en los que el responsable de la Administración lo considere necesario, podrá medir y evaluar el trabajo en metros cuadrados siempre y cuando la reparación se encuentre en un promedio de profundidad entre 40 y 100 mm.
2. Reparación de juntas y grietas: metro lineal (m). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo de reparación y juntas considerando la longitud total a lo largo del alineamiento de la junta resellada o la grieta reparada adecuadamente.

611.10 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 11-02.

Tabla 11-02. Renglones de pago para reparación de superficie de desgaste de concreto hidráulico

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.611.01	*Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico*	*m^3*
MP.611.02	*Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico con aditivo acelerante*	*m^3*
MP.611.03	*Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico*	*m^2*
MP.611.04	*Reparación de baches en superficie de desgaste de concreto hidráulico con aditivo acelerante*	*m^2*
MP.611.05	*Reparación de juntas y grietas en superficie de desgaste de concreto hidráulico*	*m*

SECCIÓN 612: REPARACIÓN O SUSTITUCIÓN DE SUPERFICIE DE DESGASTE DE CONCRETO ASFÁLTICO

612.01 Objetivo

Reparar los daños que se hayan producido en la capa de desgaste de concreto asfáltico, con el fin de recuperar sus condiciones funcionales, para garantizar la protección e impermeabilización del tablero o la losa y de esta manera asegurar la transitabilidad cómoda y segura a los usuarios. Asimismo, se busca impedir la entrada de agua y materiales incompresibles (piedras, metales, entre otros) en las grietas o fisuras de forma tal que se generen problemas mayores en la superficie de desgaste de concreto asfáltico.

612.02 Alcance

Esta actividad consiste en ejecutar los trabajos necesarios para reparar daños en la superficie de desgaste existente del puente tales como huecos, desprendimientos, irregularidad superficial y otros similares, ya sea removiendo parcial o totalmente la superficie de desgaste existente en malas condiciones y reemplazándola por otra nueva o realizando la limpieza. La actividad de conservación también incluye el sellado de las grietas y fisuras que se hayan reflejado claramente en la superficie de desgaste.

Adicionalmente, la actividad de conservación consiste en el acarreo de todo material que sea removido al sitio debidamente aprobado por la Administración; el suministro, acarreo y colocación de los materiales necesarios para realizar el sellado de grietas o fisuras y la sustitución total o parcial de la capa de desgaste existente, según corresponda. De igual forma, el suministro de mano de obra, suministro y acarreo de materiales, equipo y las operaciones necesarias para la adecuada ejecución de la reparación o sustitución de superficie de desgaste de concreto asfáltico en puentes, previamente aprobado por la Administración.

El costo de esta actividad incluye los estudios, ensayos en sitio y el diseño de las soluciones definitivas, mismas que deben contar con la aprobación de la Administración antes de iniciar con la ejecución de las respectivas obras. Estos diseños deben contemplar que la carpeta de desgaste no exceda el espesor y la carga máxima que puede soportar el tablero.

La actividad de conservación *612 Reparación o sustitución de superficie de desgaste de concreto asfáltico* se puede separar según el tipo de reparación necesario en los siguientes procedimientos de ejecución:

- 612.07: Reparación parcial de superficie de desgaste de concreto asfáltico
- 612.08: Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico
- 612.09: Sellado de grietas de superficie de desgaste de concreto asfáltico

612.03 Criterio de ejecución

La actividad *612 Reparación o sustitución de superficie de desgaste de concreto asfáltico* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado, con excepción del procedimiento *612.08* que debe programarse de manera cíclica con un intervalo máximo de 12 años. Es importante inspeccionar periódicamente el estado y condición de la superficie de desgaste de los puentes para identificar los daños y proceder a su reparación oportuna de manera que no se afecte la seguridad de los usuarios ni la estructura.

La determinación del nivel de deterioro y el tipo de intervención, será según la metodología de evaluación que determine la Administración, no obstante, como referencia, pero sin limitarse a ello, se deben considerar los siguientes aspectos para justificar las intervenciones que se proponen en esta sección: presencia de deterioros como abultamientos, hundimientos, ahuellamiento, desplazamiento de la mezcla, corrugación, depresiones, desgaste superficial (pérdida de textura superficial) o huecos. Asimismo, se realizará el procedimiento cuando se identifiquen fisuras (aberturas iguales o menores a 6 mm) o en grietas (aberturas mayores a 6 mm, pero menores a 25 mm) ya sean longitudinales, transversales, patrones o por reflejo de juntas. En los casos en los que el agrietamiento sea severo (ancho mayor a 25 mm) no debe intervenirse el defecto mediante el procedimiento de sellado de grietas sino mediante la reparación parcial de superficie.

El procedimiento *612.08 Sustitución total de la superficie de desgaste de concreto asfáltico* de la presente actividad será aplicable únicamente en los casos en los que la sustitución se realice colocando una superficie de desgaste nueva con el mismo espesor de la superficie indicada en el diseño original del puente. Para ello, debe evidenciarse a través de los planos de diseño, memorias de cálculo o especificaciones que la superficie colocada corresponde al mismo espesor del diseño original del puente o de alguna intervención realizada posteriormente (rehabilitación). En el caso de que la evidencia mencionada no se encuentre disponible o de que el espesor de la superficie de desgaste por colocar sea mayor a la contemplada en el diseño original, deberá utilizarse la actividad *622 Colocación o retiro de sobrecapas de concreto asfáltico* de las presentes especificaciones.

En la Figura 12-01 se muestra un hueco en la superficie de desgaste sobre el tablero del puente sobre el Río Diría en la Ruta Nacional n.° 21.

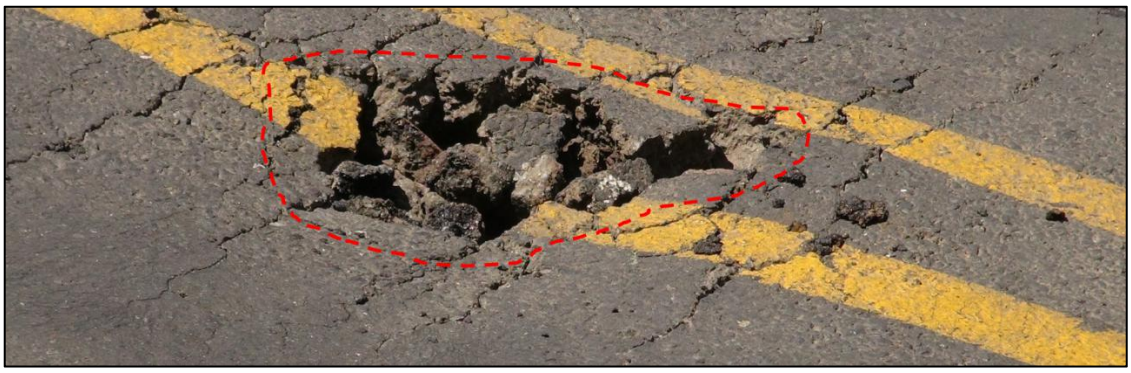


Figura 12-01. Necesidad de reparación de hueco en la superficie de rodamiento sobre el tablero del Puente sobre el Río Diría en la Ruta Nacional n.° 21
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2014

612.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el siguiente listado que se presenta en la Tabla 12-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 12-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 612

Material	Apartado del CR-2020
Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente (materiales)	405.02
Riegos de emulsión asfáltica (materiales)	414.02
Impermeabilización (material)	559.02
Sellantes, sellos y rellenos	712.01
Material de secado	703.13

612.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad, son al menos: herramientas manuales, pudiéndose usar también martillos neumáticos livianos (de no más de 7 kg de peso), escobillas, rastrillos, compresor, sierras para corte, equipo de soplado, rodillo neumático o liso, espátulas, equipo de aplicación de sello, esparcidor de arena, calentador térmico, enrasador, ruteadora, pistola de aplicación, calentador térmico, una cámara fotográfica, entre otros. De acuerdo con la magnitud de la obra y bajo la aprobación del ingeniero encargado, se podrá utilizar maquinaria como perfiladora, pavimentadora asfáltica, camión distribuidor de asfalto, para lo cual deberá contarse con la aprobación de la Administración.

612.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *División 400 Pavimentos asfálticos y tratamientos superficiales* del CR-2020. Los procedimientos que se describen en las siguientes subsecciones no pueden ser realizados en condiciones lluviosas, por lo que es preferible que los trabajos sean programados durante la época seca.

Previo a realizar cualquiera de los procedimientos descritos en las Subsecciones 612.07, 612.08 o 612.09 el Contratista deberá realizar, como mínimo, pero sin limitarse a ello, los pasos descritos a continuación:

1. Evaluar las condiciones de drenaje y repararlo si es necesario, antes de iniciar con los trabajos y si resulta necesaria la canalización de aguas para evitar la saturación del área en cuestión, se construirán o repararán las estructuras de drenaje superficial requeridas. Todo lo anterior, de acuerdo con la *Sección 604 Reemplazo y complementación de dispositivos de drenaje* de las presentes especificaciones de conservación.

2. En caso de ser necesario, el diseño de mezcla de concreto asfáltico a colocar debe ser presentado a la Administración para su aprobación previo al inicio de las reparaciones.

3. En caso de ser necesario, se debe determinar la profundidad de la superficie de rodamiento que será removida, para evitar dañar el tablero o la losa durante la intervención. Se puede realizar una exploración en sitio con un cincel y mazo, de forma tal que pueda realizarse un agujero en la capa asfáltica para determinar su espesor u otro método aprobado por la Administración. En cualquiera de los métodos utilizados, será responsabilidad del Contratista restaurar la zona intervenida para identificar el espesor de la capa de concreto asfáltico.

4. Los procedimientos que involucren la remoción del concreto asfáltico, ya sea parcial o totalmente, deberán ser realizados sin generar ningún daño a la losa o tablero del puente. En caso de presentarse un daño en esos elementos del puente, ya sea de forma voluntaria o involuntaria, deberá ser reparado por el Contratista sin generarse cobros adicionales hacia la Administración. Será responsabilidad de la Administración realizar una revisión completa del estado de la losa o tablero posterior a la remoción de la superficie de ruedo para verificar que no se presenten daños. El Contratista no podrá continuar con el proceso de asfaltado hasta no contar con la revisión y aprobación por parte de la Administración.

612.07 Procedimiento: Reparación parcial de superficie de desgaste de concreto asfáltico

El procedimiento *reparación parcial de superficie de desgaste de concreto asfáltico* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar y delimitar la zona deteriorada que se quiere corregir, así como toda zona circundante en que la superficie de desgaste se presente deteriorada o agrietada. Delimitada el área por remover, se demarcará dándole la forma de un cuadrado o rectángulo cuyos lados sean paralelos y perpendiculares al eje longitudinal de la calzada; el perímetro se deberá cortar con sierra hasta la profundidad total de la capa de ruedo o hasta encontrar el concreto de la losa del puente, teniendo el cuidado de no dañarla. Se debe incluir dentro del área por remover 30 cm adicionales a partir del límite entre el concreto asfáltico sano y el deteriorado para garantizar una adherencia y una impermeabilización eficiente en las juntas de construcción entre la mezcla asfáltica antigua y la nueva.

2. Remover las mezclas asfálticas dentro del perímetro aserrado mediante herramientas manuales, pudiéndose usar también martillos neumáticos livianos (de no más de 7 kg de peso), debiéndose dejar paredes verticales y un mínimo de irregularidades en el perímetro del corte, para formar una caja. Se removerán las capas asfálticas hasta la profundidad total de la capa existente o por lo menos donde se encuentre la capa asfáltica perfectamente firme. Dependiendo de la magnitud del área por reparar, el ingeniero encargado podrá solicitar la utilización maquinaria para perfilado, siempre y cuando no se aplique vibración al puente y las dimensiones del mismo lo permitan, todo previamente aprobado por la Administración.

3. Limpiar las paredes y fondo de la caja mediante un barrido que elimine todas las partículas sueltas y luego, de preferencia mediante soplado con aire a compresión, se deberá retirar el polvo; las paredes deben quedar firmes y perfectamente limpias conforme a lo indicado en la *Subsección 414.06 Preparación de la superficie* del CR-2020.

4. Recubrir la superficie con un riego de liga que deberá aplicarse conforme la *Sección 414 Riegos de Emulsión Asfáltica* del CR-2020. Para lo cual se utilizarán aspersores de emulsión asfáltica o cemento asfáltico que permitan esparcirlo uniformemente conforme a lo indicado en la *Subsección 414.04 Equipo* del CR-2020. El riego de liga deberá colocarse únicamente cuando la temperatura del aire a la sombra y de la superficie sean ambas mayores a 10˚C y cuando el ambiente no esté con neblina o lluvioso conforme a la *Subsección 414.05 Limitaciones climáticas* del CR-2020. La colocación del riego de liga y el tiempo de curado deberá estar conforme a lo indicada en la *Subsección 414.07 Aplicación del riego* del CR-2020.

5. El contrato o en su caso la Administración, deberán establecer para la reparación, el método de diseño para la mezcla asfáltica a colocar, de acuerdo con su uso, volumen de tránsito, vehículos pesados, entre otros. El Contratista deberá suministrar a la Administración, con 30 días hábiles antes del inicio de la producción, el diseño de mezcla para su revisión y verificación según lo establecido en la *Subsección 405.03 Aprobación del diseño y la fórmula de trabajo para la mezcla asfáltica* del CR-2020 o los criterios específicos que establezca la Administración para el método de diseño para la mezcla que haya sido definido.

6. Se deberán verificar las condiciones climáticas previo a la colocación de la mezcla asfáltica, asegurando que las condiciones sean aptas. Deberá evitarse cualquier presencia de agua en la superficie mientras que se debe procurar que la temperatura mínima para iniciar la colocación en sitio sea por lo menos la temperatura de compactación definida por el proveedor del asfalto, dependiendo también de la temperatura de la superficie del pavimento y del espesor de la capa compactada, siendo en ningún caso menor la temperatura a 125˚ C. La temperatura de la mezcla deberá ser homogénea y medida justo antes de ser descargada a la superficie. Asimismo, se deberá verificar antes de colocar la mezcla asfáltica que la emulsión del riego de liga haya roto. La colocación de la mezcla debe realizarse en un tiempo no mayor a 1 hora después de que se haya identificado la rotura del riego de liga.

7. La mezcla asfáltica se extenderá y nivelará mediante rastrillos, colocando la cantidad adecuada para que sobresalga unos 6 mm por sobre el pavimento circundante. En los extremos, y coincidiendo con las líneas de corte de la zona, se deberá recortar la mezcla de manera que se retire cualquier exceso. La compactación se deberá realizar con un rodillo neumático o liso de un peso compatible con la estructura y que asegure obtener la densidad especificada y de acuerdo con la *Sección 405 Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente* del CR-2020. La compactación deberá realizarse de forma uniforme, de manera que no haya desplazamiento lateral, agrietamiento o corrugación de la superficie, siguiendo el proceso y control establecido en la *Subsección 405.06 Proceso y*

control de compactación de la mezcla asfáltica del CR-2020. El desnivel máximo tolerable entre la zona reparada y el pavimento que la rodea será de 3 mm.

8. En las conexiones con el pavimento existente, la junta transversal deberá ser vertical. Asimismo, se deberá aplicar una capa de emulsión asfáltica de rompimiento rápido al borde de la junta.

9. Dependiendo de la extensión de la reparación podría ser necesario cerrar por completo el tránsito de vehículos, aunque quede espacio en el carril paralelo. No se puede abrir el tránsito hasta que se compacte adecuadamente la mezcla asfáltica. En el caso de que el tránsito tenga que estar totalmente suspendido, será necesario anunciar que el puente se va a cerrar durante cierto lapso de tiempo. Si fuese solo parcial, se debe controlar el tránsito por medio de banderilleros o vehículos guía. Todos los cierres parciales o totales deben ser coordinados previamente con la Administración.

10. Se debe verificar el alineamiento de la sección transversal la lisura del bache con una regla o escantillón.

11. En caso de que las reparaciones sean solo superficiales, se pueden utilizar tratamientos superficiales o sellos de acuerdo con lo especificado en la Sección 303 Sellos y tratamientos superficiales asfálticos del MCV-2015.

12. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

612.08 Procedimiento: Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico

El procedimiento *sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Previo a iniciar los trabajos, se debe presentar un plan de trabajo a la Administración, en donde se indique cómo se realizarán los cierres parciales o totales para la ejecución de los trabajos. Este paso es de vital importancia debido a la extensión del trabajo que se debe realizar y las posibles afectaciones a los usuarios del puente. Adicionalmente, el contratista deberá incluir en su plan de trabajo toda la maquinaria que pretende utilizar, de forma tal que se asegure que el puente tiene la capacidad para soportar la carga viva y las vibraciones a los cuales será sometido durante la fase constructiva.

2. Se debe realizar un barrido completo de la superficie de desgaste, con el objetivo de remover toda la suciedad o polvo que pueda encontrarse sobre la superficie de desgaste a remover.

3. Se debe iniciar con el proceso de eliminación de la capa de asfalto existente. Este proceso debe ser llevado a cabo con equipo autopropulsado con un control automatizado para la profundidad de corte, de forma que se pueda mantener una profundidad de corte uniforme y que se pueda remover a la profundidad requerida en una única pasada. Este proceso deberá ser llevado a cabo sin generarse ningún daño a la losa o tablero del puente. Finalmente, la Administración deberá definir si es posible utilizar el material removido, mezclado con material nuevo para la nueva carpeta asfáltica por colocar o si debe colocarse una carpeta asfáltica en caliente compuesta únicamente por material nuevo de planta.

4. Una vez se haya finalizado la remoción de la superficie asfáltica a sustituir, se debe realizar una limpieza nuevamente de toda la superficie expuesta. En los casos en los que se remueve el asfalto hasta alcanzar la losa o tablero, se debe impermeabilizar según el procedimiento *620 Impermeabilización de superficies de concreto* de las presentes especificaciones o algún otro método de impermeabilización de la losa aprobado por la Administración.

5. Recubrir la superficie con un riego de liga que deberá aplicarse conforme la *Sección 414 Riegos de Emulsión Asfáltica* del CR-2020. Para lo cual se utilizarán aspersores de emulsión asfáltica o cemento asfáltico que permitan esparcirlo uniformemente conforme a lo indicado en la *Subsección 414.04 Equipo* del CR-2020. El riego de liga deberá colocarse únicamente cuando la temperatura del aire a la sombra y de la superficie sean ambas mayores a 10˚C y cuando el ambiente no esté con neblina o lluvioso conforme a la *Subsección 414.05 Limitaciones climáticas* del CR-2020. La colocación del riego de liga y el tiempo de curado deberá estar conforme a lo indicada en la *Subsección 414.07 Aplicación del riego* del CR-2020.

6. El contrato o en su caso la Administración, deberán establecer para la reparación, el método de diseño para la mezcla asfáltica a colocar, de acuerdo con su uso, volumen de tránsito, vehículos pesados, entre otros. El Contratista deberá suministrar a la Administración, con 30 días hábiles antes del inicio de la producción, el diseño de mezcla para su revisión y verificación según lo establecido en la *Subsección 405.03 Aprobación del diseño y la fórmula de trabajo para la mezcla asfáltica* del CR-2020 o los criterios específicos que establezca la Administración para el método de diseño para la mezcla que haya sido definido.

7. Se deberán verificar las condiciones climáticas previo a la colocación de la mezcla asfáltica, asegurando que las condiciones sean aptas. Deberá evitarse cualquier presencia de agua en la superficie mientras que se debe procurar que la temperatura mínima para iniciar la colocación en sitio sea por lo menos la temperatura de compactación definida por el proveedor del asfalto, dependiendo también de la temperatura de la superficie del pavimento y del espesor de la capa compactada, siendo en ningún caso menor la temperatura a 125 ˚C. La temperatura de la mezcla deberá ser homogénea y medida justo antes de ser descargada a la superficie. Asimismo, se deberá verificar antes de colocar la mezcla asfáltica que la emulsión del riego de liga haya roto. La colocación de la mezcla debe realizarse en un tiempo no mayor a 1 hora después de que se haya identificado la

rotura del riego de liga. En ninguna circunstancia deberá levantarse el nivel de rasante con respecto a las zonas circundantes.

8. La mezcla asfáltica se extenderá y nivelará mediante una pavimentadora (una vez verificada su compatibilidad con la capacidad del puente) complementada con rastrillos, colocando la cantidad adecuada según el diseño de mezcla y fórmula de trabajo. La compactación se deberá realizar con un rodillo neumático o liso de un peso compatible con la estructura y que asegure obtener la densidad especificada y de acuerdo con la *Sección 405 Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente* del CR-2020. La compactación deberá realizarse de forma uniforme, de manera que no haya desplazamiento lateral, agrietamiento o corrugación de la superficie, siguiendo el proceso y control establecido en la *Subsección 405.06 Proceso y control de compactación de la mezcla asfáltica* del CR-2020.

9. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

612.09 Procedimiento: Sellado de grietas de superficie de desgaste

El procedimiento *sellado de grietas de superficie de desgaste* deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 416 Sello de juntas y grietas en pavimentos asfálticos* del CR-2020. Asimismo, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar y demarcar el área dañada a intervenir, para lo cual deberá contar previamente con la aprobación de la Administración. Para ello se debe marcar directamente sobre la superficie de desgaste con yeso, tiza u otro material de color visible. Estas marcas indican el inicio y final de cada grieta. El Contratista deberá rutear, limpiar y sellar las grietas en una operación continua según lo indicado en la *Subsección 416.04 Ruteo* del CR-2020. Con la ruteadora se deberá hacer el corte de grietas de 3 a 13 mm de ancho para producir paredes verticales intactas y un fondo plano con un reservorio centrado sobre la grieta. Se deberá formar el reservorio de dos a tres veces el ancho de la grieta, mientras que la profundidad de las mismas deberá ser de 13 a 19 mm.

2. Se debe realizar la limpieza de la grieta conforme a lo indicado en la *Subsección 416.05 Limpieza* del CR-2020. La limpieza debe abarcar la zona del agrietamiento y la zona aledaña, para lo cual puede utilizarse un barrido y pala para remover toda la basura depositada cerca del agrietamiento. Asimismo, se debe barrer la zona de la grieta, y en caso de estar disponible, se debe utilizar agua a presión y un compresor de aire para limpiar y secar la grieta en toda su profundidad.

3. Aplicar el material sellante conforme a lo indicado en la *Subsección 416.06 Relleno y sellado de grietas* del CR-2020 y de acuerdo con las instrucciones y procedimientos recomendados por el fabricante, con el especial cuidado de producir una adherencia efectiva del sellante con las paredes de la fisura o grieta. Al tender el sellante sobre la grieta, no debe permitirse la formación de charcos o exceso de material sellante sobre la misma o que fluya por la superficie circúndate. Lo anterior, ya que esto afecta negativamente la estética de la vía y ocasiona un leve impacto en la comodidad y seguridad de conducción del usuario de la carretera, ya que podría disminuir la resistencia al deslizamiento. Debido a lo anterior, debe utilizarse un enrasador o escobilla de goma para quitar el material sobrante. No debe permitirse el tránsito sobre las grietas selladas o rellenas hasta que el sellado o relleno haya curado.
4. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

612.10 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Concreto asfaltico: tonelada (t), colocado efectivamente.
2. Perfilado: metro cuadrado (m^2).
3. Sello con lechada asfáltica o tratamiento superficial: metro cuadrado (m^2).
4. Reparación parcial o total de superficie de concreto asfáltico: metros cuadrados (m^2). El responsable de la Administración deberá evaluar y medir el trabajo de reposición parcial o total de superficie de concreto asfáltico de acuerdo con el área intervenida para lo cual deberá conocer el espesor de la capa de concreto asfáltica colocada de acuerdo con los documentos del proyecto. El uso de esta medición implica todas las operaciones mencionadas en los procedimientos respectivos, por lo que ya se incluye el perfilado, el sello con lechada asfáltica y el suministro, colocación y compactación de la mezcla asfáltica. Por lo tanto, no deberán de utilizarse el resto de renglones de pago presentados en la Tabla 12-02.
5. Sellado de grietas en superficie de desgaste de concreto asfáltico: metro lineal (m) de grietas o fisuras debidamente reparadas.

612.11 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 12-02.

Tabla 12-02. Renglones de pago para reparación o sustitución de superficie de desgaste de concreto asfáltico

Ítem	Renglón de pago	Unidad
CV.302.01	*Suministro, colocación y compactación de capa de mezcla asfáltica en caliente, tipo _____*	t
CR.415.01	*Perfilado de capa asfáltica, espesor (profundidad de corte) _____mm*	m^2
CR.412.01	*Sello con lechada asfáltica del tipo "slurry" o microcapa (debe especificar granulometría)*	m^2
MP.612.01	*Reparación parcial de superficie de desgaste de concreto asfáltico*	m^2
MP.612.02	*Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico*	m^2
MP.612.03	*Sellado de grietas en superficie de desgaste*	m

SECCIÓN 613: PREPARACIÓN Y PROTECCIÓN DE SUPERFICIES Y ELEMENTOS DE PUENTES

613.01 Objetivo

Asegurar la integridad del recubrimiento superficial y de los elementos del puente para garantizar su durabilidad evitando que se produzcan daños mayores como corrosión, degradación abiótica o biótica que podrían derivar en problemas como en la disminución de la capacidad mecánica del elemento.

613.02 Alcance

Esta actividad consiste en la reparación superficial y del recubrimiento de toda la estructura de puentes con superficies de acero, de madera o de concreto, incluyendo barandas y barreras según se indica en la *Sección 603 Reparación parcial o total de sistemas de contención vehicular y barandas o barreras peatonales* de las presentes especificaciones. Adicionalmente, en el caso específico de puentes de madera, incluye la aplicación de tratamientos de protección, ya sean superficiales o internos, para evitar el decaimiento y extender la vida útil del puente.

En todos los procedimientos de la presente actividad, se incluye adicionalmente el suministro, acarreo y almacenamiento de los materiales y equipos necesarios, la limpieza de la superficie y posterior aplicación de la protección (pintura, sello o agente protector). De igual manera, incluye la ejecución de los controles de calidad durante todo el proceso de construcción, el suministro de materiales y equipo, la mano de obra y las operaciones necesarias para la adecuada ejecución de la preparación y protección de superficies de puentes, previamente aprobado por la Administración.

La actividad de conservación *613 Preparación y protección de superficies y elementos de puentes* se puede separar dependiendo del material de los elementos y de la extensión de la intervención en los siguientes procedimientos:

- 613.07: Pintura puntual de superficies metálicas
- 613.08: Pintura parcial o por zona de superficies metálicas
- 613.09: Sobrecapa de pintura de superficies metálicas
- 613.10: Pintura de superficies galvanizadas
- 613.11: Pintura de superficies de concreto
- 613.12: Pintura de superficies de madera
- 613.13: Preservantes en superficies de madera
- 613.14: Fumigación de elementos de madera

613.03 Criterio de ejecución

La actividad *613 Preparación y protección de superficies de puente* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado, con excepción de la aplicación de los siguientes procedimientos:

a. El procedimiento 613.07 deberá ser programado de manera cíclica en los elementos de Superestructura (Vigas I de acero) [403], Superestructura (Arco acero) [406], Superestructura (Viga de cajón de acero) [409], Superestructura (Cercha de acero) [410], Superestructura (Colgante) [411], Superestructura (Atirantado) [412], Cabezal de pilas [50001], Cabezal de bastiones [50002], Cuerpo de pilas [50003] y Cuerpo de bastiones [50004] con una frecuencia máxima de 10 años.

b. El procedimiento 613.08 deberá ser programado de manera cíclica en los elementos de Superestructura (Vigas I de acero) [403], Superestructura (Arco acero) [406], Superestructura (Viga de cajón de acero) [409], Superestructura (Cercha de acero) [410], Superestructura (Colgante) [411], Superestructura (Atirantado) [412], Cabezal de pilas [50001], Cabezal de bastiones [50002], Cuerpo de pilas [50003] y Cuerpo de bastiones [50004] que sean considerados de alta exposición (ver zonas de alta exposición más adelante) con una frecuencia máxima de 10 años.

En el caso de puentes de acero y aluminio, esta actividad aplica cuando las superficies presentan deterioros menores o moderados donde se requiera mantenimiento, que de no atenderse puede significar el inicio o la continuación del proceso de corrosión en los elementos. Adicionalmente, se deben tener los siguientes criterios de aplicación con respecto a los procedimientos presentados:

- **Pintura puntual de superficies metálicas (Subsección 613.07)**

Antes de tomar la decisión final acerca de si el procedimiento requerido para preparación y protección de la superficie de elementos de acero o hierro es la pintura puntual, se deben evaluar las capas de pintura existentes para determinar el porcentaje del área que con pérdida de recubrimiento e inicios de oxidación. El procedimiento de pintura puntual debe considerarse únicamente cuando esta área es igual o menor al 25% del área total del elemento. Adicionalmente, debe valorarse la adhesión de la pintura de la capa existente que no será intervenida y la compatibilidad de la pintura propuesta con la nueva pintura. Finalmente, debe realizarse una evaluación de la presencia de plomo y otros metales pesados tóxicos ya que esto podría incidir en el procedimiento a aplicar.

- **Pintura parcial o por zona de superficies metálicas (Subsección 613.08)**

La pintura parcial o por zona corresponde a la pintura de ciertas áreas de los elementos seleccionadas por estar sujetas a condiciones de exposición en las cuales es esperado que ocurra un proceso de oxidación y corrosión acelerado. Las zonas de mayor exposición y que deberán ser intervenidas de manera cíclica corresponden a (National Highway Institute [NHI], 2016):

c. Todos los elementos de acero que se encuentren dentro de una distancia de 3 m medidos a partir de la ubicación de las juntas de expansión. Los elementos que se encuentren bajo juntas de expansión abiertas deben ser monitoreados de manera estricta debido a su mayor susceptibilidad a la corrosión, incluyendo acero tipo W.

d. Todos los elementos de acero que se encuentren adyacentes a la carretera en una distancia medida verticalmente a partir del nivel de calzada de 6 m.

e. Almas y alas inferiores (superficie externa e interna) de las vigas que se encuentren a los costados del puente. Se debe monitorear de manera estricta, las vigas que, debido a su configuración, son propensas a la acumulación de basuras, escombros, vegetación y otros componentes que faciliten la acumulación de humedad, favoreciendo el proceso de corrosión.

- **Sobrecapa de pintura de superficies metálicas (Subsección 613.09)**

La sobrecapa de pintura corresponde a un enfoque similar a la pintura completa de todos los elementos de acero o hierro del puente, sin embargo, su costo total tiende a ser menor debido a que su alcance tiende a ser más limitado. Antes de aplicar el procedimiento de sobrecapa de pintura, es necesario que se realice una evaluación de la pintura existente, para determinar que la pintura existente se encuentra en buen estado y todavía cumple con cierta confiabilidad su función de protección del acero de refuerzo (National Cooperative Highway Research Program [NCHRP], 2018). Puede ser necesario que, previo a la aplicación del procedimiento de sobrecapa de pintura, sea necesario realizar unas reparaciones en algunos elementos mediante el procedimiento de pintura puntual para corregir los problemas de indicios de oxidación que puedan presentar los elementos.

En la Figura 13-01 se muestra la necesidad aplicación del procedimiento de pintura puntual en elementos de acero del puente sobre el río Ahogados en la Ruta Nacional n.° 01.



Figura 13-01. Necesidad de reparación de recubrimiento superficial mediante pintura puntual del Puente sobre el río Ahogados en la Ruta Nacional n.° 01
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2016

En el caso de los puentes de madera, su durabilidad y desempeño se encuentra directamente relacionado con el control de la humedad y de insectos. La variación constante en la humedad de los elementos de madera podría llevar a un deterioro acelerado, por lo que deben de deberán de

aplicarse los procedimientos de 613.12, 613.13 y 613.14 como tratamientos para prevenir el decaimiento, degradación abiótica (por efectos atmosféricos, mecánicos o químicos) o biótica (hongos, pudrición e insectos) en los distintos elementos. Asimismo, la aplicación de dichos procedimientos debe ser complementada con una inspección visual de las áreas que presentan acumulación de humedad, identificando la posible fuente y tomando las acciones correctivas necesarias para eliminarla. Lo anterior, complementado con la actividad descrita en la *Sección 601 Limpieza general de puentes* de las presentes especificaciones, a través de la cual deberá de eliminarse la acumulación de basura, escombros o cualquier otro material acumulado en el puente que pueda favorecer la acumulación de humedad.

Los tratamientos de protección de madera presentados deberán ser aplicados a puentes que cuenten con un diseño formal según los códigos de diseño y normativas vigentes en el momento de construcción del mismo. No deberá de aplicarse los presentes procedimientos en puentes de madera informales que no hayan sido construidos de acuerdo con un código de diseño o normativa, ya que la Administración deberá valorar la reconstrucción (sustitución) de los mismos. Adicionalmente, se deben tener los siguientes criterios de aplicación con respecto a los procedimientos presentados:

- **Preservantes en superficies de madera (Subsección 613.13)**

El presente procedimiento debe ser aplicado a los miembros del puente que no cuenten con un tratamiento superficial o para complementar el tratamiento inicial que tienen los elementos tiempo después de su instalación. Asimismo, este tratamiento es más efectivo cuando se aplica antes de que comience la descomposición del elemento y se usa principalmente para tratar los deterioros presentes en el elemento que pueden funcionar como puntos específicos para el inicio de la descomposición como son las grietas, acebolladuras, delaminaciones o áreas expuestas sin tratamiento. Debido a la facilidad de aplicación y su efectividad, este tratamiento superficial es útil de forma preventiva, sin embargo, su penetración superficial limita su efectividad una vez la descomposición interna ya se encuentra establecida (FHWA, 2015).

- **Fumigación de elementos de madera (Subsección 613.14)**

El presente procedimiento debe ser aplicado a los miembros del puente en los que se identifique que existen indicios de descomposición interna por efectos bióticos como hongos e insectos. El mismo, debe ser aplicado de manera oportuna, según el criterio de un profesional con experiencia en la identificación de problemas en elementos de madera. En estados avanzados de deterioro, se deberá realizar una revisión detallada del elemento para verificar que esté no haya sido afectado de forma tal que se presente una disminución en sus capacidades mecánicas, en cuyo caso, deberán aplicarse los procedimientos descritos en la *Sección 618 Reparación de puentes de madera mediante reposición de elementos de madera y herrajes* de las presentes especificaciones y no este procedimiento.

613.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 13-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos

por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 13-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 613

Material	Apartado del CR-2020
Pintura (material)	563.02
Agua	725.01
Preservantes de madera (1)	-
Materiales para fumigación de madera	-
Nota: (1) Preservante debe estar conforme a requisitos según AASHTO M 133 en su versión vigente.	

613.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: escobillas de hierro, martillos, cincel, espátula, escobillado mecánico, equipos a presión de agua, arena y de aire, pistola de pintura convencional, rodillo, brocha, equipo abrasivo para concreto, medidor de espesor de pintura una cámara fotográfica, taladro, GPS y cualquier otro equipo o herramienta sugerido por el fabricante del sistema de protección a utilizar o especificado por la Administración.

613.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 563 Pintura* del CR-2020.

El proceso constructivo a seguir depende del procedimiento determinado para ejecutar la preparación y protección de las superficies de puentes, procedimiento que deberá garantizar su adecuado funcionamiento. Lo anterior de acuerdo con lo propuesto en la solución técnica y con lo indicado por la asesoría de un especialista en esta actividad, mismos que deberán contar con la aprobación por parte de la Administración.

Previo a realizar cualquiera de los procedimientos descritos en las Subsecciones 613.07, 613.08, 613.09, 613.10, 613.11 o 613.12 el Contratista deberá realizar, como mínimo, pero sin limitarse a ello, los pasos descritos a continuación:

1. Antes de iniciar la preparación de la superficie, se debe presentar por escrito las medidas que se utilizarán para proteger el ambiente, el público, las propiedades adyacentes y los trabajadores, mismas que deberán atender en lo que corresponda con lo indicado en la *Subsección 563.03 Protección al público, propiedades y trabajadores* del CR-2020. Examinar visualmente todas las superficies que serán preparadas y protegidas para identificar defectos, daños físicos, daños químicos, contaminación y exceso humedad. En los casos de pintura, se debe evaluar con precaución especial si el recubrimiento que será removido corresponde a un material peligroso que contenga plomo o cromo para

trabajar con todas las medidas de seguridad correspondientes establecidas en las guías internacionales (SSPC 6 I [CON], SSPC 7 I [DIS], 29 CFR 1926.62 [OSHA], 40 CFR 50.6 [EPA], 40 CFR 50.12 [EPA] y 40 CFR (Partes 260 – 268).

2. En caso el caso de puentes de acero, se deben limpiar las superficies que presenten corrosión y que serán intervenidas, ya sea con herramientas manuales o aplicando chorro de arena (sand blasting) hasta llegar al metal blanco de acuerdo con SSPC-SP 10 o utilizando algún otro método ya sea mecánico o químico, para poder colocar los productos aprobados por la Administración.

3. Se debe delimitar el área que será intervenida y cuando aplique, se debe proteger las superficies adyacentes que no se les aplicará alguna protección utilizando lonas, pantallas, papel, telas u otro medio adecuado, según la *Subsección 563.04 Protección del trabajo* del CR-2020. Debe presentarse un plan de acción en caso de derrames.

4. El Contratista presentará a la Administración la ficha técnica de los productos a utilizar y los certificados de calidad de laboratorios certificados, cuyo alcance y naturaleza será definido por la Administración (que puede ser según las normas ISO o las normas SSPC u otra normativa). Cuando sea necesario, se debe analizar si el sistema de protección (capa base y acabado) será colocado en un elemento altamente deformable, como el caso de cables principales y péndolas, este deberá ofrecer la flexibilidad adecuada para permitir la deformación de dichos elementos sin que esta se deteriore. El sistema de protección y la velocidad de aplicación deberán elegirse en función de la viscosidad de la pintura, espesor de la capa protectora y la temperatura.

5. Antes de realizar la protección de la superficie, se debe comprobar que se cumple con las condiciones ambientales deseadas como: temperatura ambiente, temperatura de la superficie y humedad relativa, según lo requiera el tipo de superficie y las especificaciones del fabricante del producto a utilizar.

6. Se deben preparar los materiales que se utilizarán durante la intervención. Se debe utilizar brocha, rociador, rodillo o cualquier combinación que sea permitida en las especificaciones del fabricante y por la Administración. Las brochas a utilizar deben tener cerdas en cantidad y longitud suficiente, para distribuir la protección en una capa uniforme. Se deben utilizar brochas redondeadas o planas con un ancho menor que 120 mm. Asimismo, los rodillos se deben utilizar únicamente en superficies planas uniformes. No se permite usar rodillos que dejen texturizada la película de protección.

7. Se deben usar equipos rociadores sin aire o convencionales con trampas adecuadas, filtros o separadores para excluir el aceite o agua del aire comprimido, así como las boquillas de las pistolas rociadoras y presiones recomendadas por el fabricante. Se debe usar aire comprimido que no muestre manchas negras o húmedas cuando es ensayado de acuerdo con ASTM D 4285.

613.07 Procedimiento: Pintura puntual de superficies metálicas

El procedimiento *pintura puntual de superficies de acero o hierro* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Se debe realizar la preparación de la superficie de acuerdo con lo establecido en la *Subsección 563.07 Hierro y acero estructural* del CR-2020 para superficies nuevas o superficies con toda la pintura removida (Punto b [1]). En general, se debe eliminar de las superficies a intervenir toda la suciedad, escamas, herrumbre, pintura y cualquier otro material mediante chorro de arena hasta llegar al metal blanco de acuerdo con SSPC-SP 10 o utilizando algún otro método, ya sea mecánico o químico, que especifique la Administración. La limpieza debe realizarse con escorias limpias y secas, con arena mineral, polvo o limaduras de acero con la gradación adecuada para producir un patrón de anclaje denso y uniforme con una altura de 20 a 50 micrómetros (corroborado según ASTM D 4417).

2. Se debe complementar la limpieza con chorro de arena, para lograr la remoción completa de suciedad, polvo y otros desechos mediante cepillado, con soplado con aire seco limpio o con aspiradora. Durante el proceso de limpieza y preparación de la superficie, se deben tomar las medidas necesarias para no afectar durante las capas de pintura existentes que no serán intervenidas en el procedimiento respectivo.

3. Iniciar con la aplicación del sistema de protección de la superficie, previa verificación y aceptación por la Administración, de las condiciones técnicas, ambientales y de limpieza, según los fabricantes del producto a utilizar. El método de protección a aplicar, deberá ser el adecuado de acuerdo con lo indicado por la *Tabla 563-1 Sistemas de recubrimiento para hierro y acero estructural en superficies nuevas y superficies con toda la pintura removida* de la de *Sección 563 Pintura* del CR-2020.

4. La protección se debe aplicar de manera nítida y uniforme para que en la capa no se produzcan acumulaciones excesivas, derrames, desprendimientos, superficies sin pintar o áreas con espesores delgados.

5. Medir el espesor de la capa húmeda durante la aplicación y ajustar la razón de aplicación, para que después de curar, se obtenga el espesor de la protección deseado.

6. Se debe curar cada capa de protección según las recomendaciones del fabricante.

7. Se deben corregir todas las áreas con espesor insuficiente de recubrimiento, las áreas sin cubrir y otras deficiencias antes de la siguiente aplicación. Se deben teñir con otro color las aplicaciones sucesivas de pintura para contrastar con la pintura que está siendo cubierta. El inspector oficial aprobará el color de acabado final antes de la aplicación.

8. Se debe evitar la contaminación de las superficies con recubrimiento fresco con polvo, aceite, grasa u otro material perjudicial o deletéreo.

9. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la

Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

613.08 Procedimiento: Pintura parcial o por zona de superficies metálicas

El procedimiento *pintura parcial o por zona de superficies de acero o hierro* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Se debe realizar la preparación de la superficie de acuerdo con lo establecido en la *Subsección 563.07 Hierro y acero estructural* del CR-2020 para superficies nuevas o superficies con toda la pintura removida (Punto b [1]). En general, se debe eliminar de las superficies a intervenir toda la suciedad, escamas, herrumbre, pintura y cualquier otro material mediante chorro de arena hasta llegar al metal blanco de acuerdo con SSPC-SP 10 o utilizando algún otro método ya sea mecánico o químico que indique la Administración. La limpieza debe realizarse con escorias limpias y secas, con arena mineral, polvo o limaduras de acero con la gradación adecuada para producir un patrón de anclaje denso y uniforme con una altura de 20 a 50 micrómetros (corroborado según ASTM D 4417).

2. Se debe complementar la limpieza de chorro de arena para lograr la remoción completa de suciedad, polvo y otros desechos mediante cepillado, soplado con aire seco limpio o con aspiradora. Durante el proceso de limpieza y preparación de la superficie, se deben tomar las medidas necesarias para no afectar las capas de pintura existentes que no serán intervenidas en el procedimiento respectivo.

3. Iniciar con la aplicación del sistema de protección de la superficie, previa verificación y aceptación por la Administración, de las condiciones técnicas, ambientales y de limpieza, según los fabricantes del producto a utilizar. El método de protección a aplicar, deberá ser el adecuado de acuerdo con lo indicado por la *Tabla 563-1 Sistemas de recubrimiento para hierro y acero estructural en superficies nuevas y superficies con toda la pintura removida* de la de *Sección 563 Pintura* del CR-2020.

4. La protección se debe aplicar de manera nítida y uniforme para que en la capa no se produzcan acumulaciones excesivas, derrames, desprendimientos, superficies sin pintar o áreas con espesores delgados.

5. Medir el espesor de la capa húmeda durante la aplicación y ajustar la razón de aplicación, para que después de curar, se obtenga el espesor de la protección deseado.

6. Se debe curar cada capa de protección según las recomendaciones del fabricante.

7. Se deben corregir todas las áreas con espesor insuficiente de recubrimiento, las áreas sin cubrir y otras deficiencias antes de la siguiente aplicación. Se deben teñir con otro color las aplicaciones sucesivas de pintura para contrastar con la pintura que está siendo cubierta. El inspector oficial aprobará el color de acabado final antes de la aplicación.

8. Se debe evitar la contaminación de las superficies con recubrimiento fresco con polvo, aceite, grasa u otro material perjudicial o deletéreo.

9. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

613.09 Procedimiento: Sobrecapa de pintura de superficies metálicas

El procedimiento *sobrecapa de pintura de superficies de acero o hierro* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Previo a la aplicación de este procedimiento, se debe aplicar el procedimiento de la *Subsección 613.07 Pintura Puntual de superficies metálicas* de las presentes especificaciones para solventar problemas puntuales de oxidación e indicios de corrosión.

2. Para la preparación de la superficie, debe tenerse en cuenta que no se removerá la pintura en buen estado. Se debe asegurar la compatibilidad de la pintura nueva por colocar con la pintura existente, siguiendo lo establecido en la *Subsección 563.07 Hierro y acero estructural* del CR-2020. En general, 14 días antes de iniciar con la intervención, se debe seleccionar un área de prueba correspondiente a un área de mínimo 3 m^2 que presente una condición representativa de la condición de la estructura. Se debe aplicar el método propuesto para la intervención y comprobar que en 14 días no haya indicios de incompatibilidad a como lo son levantamientos, sangrado, ampollas, arrugas, agrietamiento, formación de escamas, entre otras. Se deben ejecutar pruebas de adherencia según ASTM D3359.

3. Se debe realizar la limpieza para lograr la remoción completa de suciedad, polvo y otros desechos mediante métodos que no afecten la pintura existente.

4. Iniciar con la aplicación del sistema de protección de la superficie, previa verificación y aceptación por la Administración, de las condiciones técnicas, ambientales y de limpieza, según los fabricantes del producto a utilizar. El método de protección a aplicar, deberá ser el adecuado de acuerdo con lo indicado por la *Tabla 563-2 Sistemas de recubrimiento para hierro y acero estructural en superficies con pintura existente en buen estado* de la de *Sección 563 Pintura* del CR-2020.

5. La protección se debe aplicar de manera nítida y uniforme para que en la capa no se produzcan acumulaciones excesivas, derrames, desprendimientos, superficies sin pintar o áreas con espesores delgados.

6. Medir el espesor de la capa húmeda durante la aplicación y ajustar la razón de aplicación, para que después de curar, se obtenga el espesor de la protección deseado.

7. Se debe curar cada capa de protección según las recomendaciones del fabricante.

8. Se deben corregir todas las áreas con espesor insuficiente de recubrimiento, las áreas sin cubrir y otras deficiencias antes de la siguiente aplicación. Se deben teñir con otro color las aplicaciones sucesivas de pintura para contrastar con la pintura que está siendo cubierta. El inspector oficial aprobará el color de acabado final antes de la aplicación.

9. Se debe evitar la contaminación de las superficies con recubrimiento fresco con polvo, aceite, grasa u otro material perjudicial o deletéreo.

10. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

613.10 Procedimiento: Pintura de superficies galvanizadas

El procedimiento *pintura de superficies galvanizadas* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Inmediatamente antes de aplicar el recubrimiento, se preparará la superficie para lo cual se debe eliminar con productos específicos para superficies galvanizadas, el polvo, el aceite, la grasa y las sales; y se debe desprender toda la pintura antigua por medio de raspado o cepillado al lavar con un solvente mineral de acuerdo con SSPC-SP 1 en su versión vigente.

2. Se debe aplicar el método de protección indicado en la *Tabla 563-3 Sistemas de recubrimiento para otras estructuras* según la *Subsección 563.08 Pintura de superficies galvanizadas* del CR-2020 y las recomendaciones de los fabricantes.

3. La protección se debe aplicar de manera nítida y uniforme para que en la capa no se produzcan acumulaciones excesivas, derrames, desprendimientos, superficies sin pintar o áreas con espesores delgados.

4. Medir el espesor de la capa húmeda durante la aplicación y ajustar la razón de aplicación, para que después de curar, se obtenga el espesor de la protección deseado.

5. Se debe curar cada capa de protección según las recomendaciones del fabricante.

6. Se deben corregir todas las áreas con espesor insuficiente de recubrimiento, las áreas sin cubrir y otras deficiencias antes de la siguiente aplicación. Se deben teñir con otro color las aplicaciones sucesivas de pintura para contrastar con la pintura que está siendo cubierta. El inspector oficial aprobará el color de acabado final antes de la aplicación.

7. Se debe evitar la contaminación de las superficies con recubrimiento fresco con polvo, aceite, grasa u otro material perjudicial o deletéreo.

8. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

613.11 Procedimiento: Pintura de superficies de concreto

El procedimiento *pintura de superficies de concreto* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Inmediatamente antes de aplicar el recubrimiento, se preparará la superficie para lo cual se debe eliminar toda lechada, polvo, compuestos de curado, moho, aceite, grasa y las sales; y se debe desprender toda la pintura antigua, para luego hacer un barrido abrasivo suave y eliminar los residuos que queden, de acuerdo con lo dispuesto en la *Subsección 563.10 Pintura de estructuras de concreto* del CR-2020.

2. Previo a colocar la pintura, se debe reparar cualquier defecto o saltadura en la superficie, ya sea aplicando un mortero epóxico u otro material, para restituir el área dañada, de manera tal que la zona no presente diferencias con el resto del área que no será intervenida, con previa aprobación por parte de la Administración. En caso de requerir reparaciones mayores éstas se atenderán y pagarán de acuerdo con las *Secciones 606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto de estructuras de puente, 607 Reparación superficial de concreto en puente* y *608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes*, según sea el caso, de las presentes especificaciones de conservación.

3. Se debe aplicar el método de protección indicado por la *Tabla 563-3 Sistemas de recubrimiento para otras estructuras*, siguiendo lo indicado en la *Subsección 563.10 Pintura de estructuras de concreto* del CR-2020 y por los fabricantes.

4. La protección se debe aplicar de manera nítida y uniforme para que en la capa no se produzcan acumulaciones excesivas, derrames, desprendimientos, superficies sin pintar o áreas con espesores delgados.

5. Medir el espesor de la capa húmeda durante la aplicación y ajustar la razón de aplicación, para que después de curar, se obtenga el espesor de la protección deseado.

6. Se debe curar la capa de protección según las recomendaciones del fabricante.

7. Se deben corregir todas las áreas con espesor insuficiente de recubrimiento, las áreas sin cubrir y otras deficiencias antes de la siguiente aplicación. El inspector oficial aprobará el color de acabado final antes de la aplicación.

8. Se debe evitar la contaminación de las superficies con recubrimiento fresco con polvo, aceite, grasa u otro material perjudicial o deletéreo.

9. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

613.12 Procedimiento: Pintura de superficies de madera

El procedimiento *pintura de superficies de madera* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Antes de aplicar el recubrimiento se debe remover la pintura agrietada o descascarillado suciedad y materiales extraños, mediante cepillado, raspado u otro método aprobado. Se debe retirar toda la pintura antigua, y se debe dejar secar. Lo anterior, de acuerdo con lo dispuesto en las *Subsecciones 563.05 Generalidades de la preparación de la superficie* y *563.09 Pintura de estructuras en madera*, CR-2020.

2. Se debe aplicar una base y dejar secar. Luego se emplea el método protección indicado por la *Tabla 563-3 Sistemas de recubrimiento para otras estructuras*, siguiendo lo indicado en la *Subsección 563.09 Pintura de estructuras en madera* del CR-2020 y por los fabricantes.

3. La protección se debe aplicar de manera nítida y uniforme para que en la capa no se produzcan acumulaciones excesivas, derrames, desprendimientos, superficies sin pintar o áreas con espesores delgados.

4. Medir el espesor de la capa húmeda durante la aplicación y ajustar la razón de aplicación, para que después de curar, se obtenga el espesor de la protección deseado.

5. Se debe curar la capa de protección según las recomendaciones del fabricante.

6. Se deben corregir todas las áreas con espesor insuficiente de recubrimiento, las áreas sin cubrir y otras deficiencias antes de la siguiente aplicación. El inspector oficial aprobará el color de acabado final antes de la aplicación.

7. Se debe evitar la contaminación de las superficies con recubrimiento fresco con polvo, aceite, grasa u otro material perjudicial o deletéreo.

8. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

613.13 Procedimiento: Preservantes en superficies de madera

El procedimiento de *preservantes en superficies de madera* debe realizarse, en lo que corresponda, de acuerdo con lo indicado en la *Subsección 557.04 Madera tratada* del CR-2020. Adicionalmente, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación. Se pueden consultar lineamientos adicionales en el Capítulo 7 del manual "*Bridge Maintenance Reference Manual*" (FHWA, 2015).

1. Se debe delimitar el área o las zonas a las cuáles se les aplicará el tratamiento superficial. Se deberá identificar en dicha zona, la presencia de grietas, acebolladuras, rajaduras, delaminación, abrasión, desgaste, u otra deficiencia similar.

2. Se debe realizar la limpieza y preparación de la superficie de acuerdo con las especificaciones del fabricante del producto por colocar. En general, se deberá eliminar toda suciedad, polvo y otros contaminantes que puedan representar un potencial problema para la impregnación del preservante en la superficie a intervenir. Adicionalmente, se deberá asegurar que la superficie se encuentre seca previo a la aplicación del preservante. Se deben revisar las indicaciones del fabricante para comprobar que la humedad de la superficie se encuentre entre los límites establecidos. Se pueden emplear procedimientos apropiados, como deshumidificación de áreas, para proveer las condiciones requeridas anteriormente.

3. Aplicar el preservante previamente aprobado a la superficie de madera mediante brocha o rociador. Se deberá de asegurar que el preservante sea aplicado de forma tal que sature completamente la superficie delimitada, en especial las zonas identificadas con agujeros, grietas, acebolladuras, rajaduras, delaminación, abrasión, desgaste u otra deficiencia similar. Asimismo, el preservante se debe aplicar de manera que no gotee o se derrame en el cuerpo de agua o sobre el suelo.

4. Se debe permitir secar el preservante el tiempo especificado por el fabricante de forma tal que penetre en la superficie.

5. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

613.14 Procedimiento: Fumigación de elementos de madera

El procedimiento de *preservantes en superficies de madera* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación. Se pueden consultar lineamientos adicionales en el Capítulo 7 del manual "*Bridge Maintenance Reference Manual*" (FHWA, 2015).

1. Se debe delimitar el elemento al cuál se le aplicará la fumigación. Se deberá identificar en dicho elemento, la presencia de grietas, acebolladuras, rajaduras, delaminación, abrasión, desgaste, u otra deficiencia similar.

2. Se deben realizar agujeros en el elemento del diámetro indicado por el fabricante del producto a instalar. Dichos agujeros deberán de realizarse sin causar daños adicionales al elemento por tratar. Asimismo, el patrón de los agujeros deberá estar conforme a la separación indicada por el fabricante del producto a instalar, típicamente con una separación de entre 0,60 m a 1,20 m. Se debe evitar realizar los agujeros en zonas con deficiencias como delaminaciones o donde se encuentren otros elementos complementarios como sujetadores, pernos u otros.

3. Proceder a inyectar en los agujeros el líquido que será utilizado como fumigante, o a colocar las cápsulas sólidas de fumigante en cada uno de los agujeros, según sea aprobado previamente por la Administración. En ambos casos, la manipulación y manejo del fumigante deberá de realizarse siguiendo las medidas de seguridad solicitadas por el fabricante del producto, utilizando el equipo de protección completo que sea solicitado y teniendo las medidas necesarias para evitar la contaminación ambiental.

4. Una vez transcurrido el tiempo de acción del fumigante, según sea especificado por el fabricante, se deberán de sellar los agujeros realizados con tapones de madera tratada.

5. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

613.15 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de la siguiente forma:

1. Preparación y protección de superficie: suma global o metro cuadrado (m^2) según lo determine la Administración. Deberá medirse el espesor de las capas de pintura para verificarse el cumplimiento con los documentos del proyecto.
2. Tratamientos de protección en superficies de madera (preservantes y fumigación): suma global o metro cuadrado (m^2) según lo determine la Administración.

613.16 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 13-02.

Tabla 13-02. Renglones de pago para preparación y protección de superficies de puente

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.613.01	*Pintura puntual de superficies de acero o hierro*	*Suma Global*
MP.613.02	*Pintura puntual de superficies de acero o hierro*	*m²*
MP.613.03	*Pintura parcial o por zona de superficies de acero o hierro*	*Suma Global*
MP.613.04	*Pintura parcial o por zona de superficies de acero o hierro*	*m²*
MP.613.05	*Sobrecapa de superficies de acero o hierro*	*Suma Global*
MP.613.06	*Sobrecapa de superficies de acero o hierro*	*m²*
MP.613.07	*Preparación y protección de superficies galvanizadas de puentes*	*Suma Global*
MP.613.08	*Preparación y protección de superficies galvanizadas de puentes*	*m²*
MP.613.09	*Preparación y protección de superficies de concreto de puentes*	*Suma Global*
MP.613.10	*Preparación y protección de superficies de concreto de puentes*	*m²*
MP.613.11	*Preparación y protección de superficies de madera de puentes*	*Suma Global*
MP.613.12	*Preparación y protección de superficies de madera de puentes*	*m²*
MP.613.13	*Preservantes en superficies de madera*	*Suma Global*
MP.613.14	*Preservantes en superficies de madera*	*m²*
MP.613.15	*Fumigación de elementos de madera*	*Suma Global*
MP.613.16	*Fumigación de elementos de madera*	*m²*

SECCIÓN 614: RETIRO Y REPOSICIÓN DE PERNOS DE ALTA RESISTENCIA

614.01 Objetivo

Mantener el comportamiento estructural del puente y evitar que se produzcan daños mayores en sus elementos estructurales al realizar el retiro o reposición de pernos, pines o tornillos de alta resistencia que se encuentren ausentes o deteriorados de forma tal que les impida funcionar de manera adecuada.

614.02 Alcance

Esta actividad consiste en ejecutar los trabajos necesarios para retirar y reponer pernos, pines o tornillos de alta resistencia, que se encuentren corroídos, desajustados, sin cabeza, salidos de posición y en algunos casos por ausencia de estos, debiendo ser reemplazados por pernos, pines, tornillos y accesorios nuevos, según corresponda.

La determinación del nivel de deterioro y el tipo de intervención, será según la metodología de evaluación que determine la Administración, y deberá ser el resultado de análisis y estudios realizados por profesionales experimentados en el mantenimiento de estructuras de puentes, dado que este tipo de daños es, muchas veces, potencialmente generador de problemas más graves. No obstante, las técnicas para reparar este tipo de daños mantienen algunos aspectos básicos comunes, que son los que se especifican en esta sección, sin perjuicio a que los estudios especializados, aplicados a las condiciones específicas de cada caso, puedan recomendar soluciones diferentes.

La actividad de conservación *614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia* se conforma de un único procedimiento el cual se muestra a continuación:

- 614.07: Retiro y reposición de pernos de alta resistencia

614.03 Criterio de ejecución

La actividad *614 Retiro y reposición de pernos de alta resistencia* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado. La determinación del nivel de deterioro y el tipo de intervención, será según la metodología de evaluación que determine la Administración, no obstante, como referencia, pero sin limitarse a ello, se deben considerar los siguientes aspectos para justificar las intervenciones que se proponen en esta sección: Presencia de pernos flojos, pérdida de pernos, corrosión de elementos de forma tal que la pérdida de sección ponga en peligro la continuidad de la conexión, entre otros.

En la Figura 14-01 se puede observar la necesidad de reposición de pernos en conexión del puente sobre el río Ahogados en la Ruta Nacional n.° 01.



Figura 14-01. Necesidad de reponer pernos ausentes en puente sobre el río Ahogados en la Ruta Nacional n.° 01
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2016

614.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 14-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 14-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 614

Material	Apartado del CR-2020
Pernos, tuercas y arandelas de alta resistencia	717.01 (e)

614.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: camión pequeño de volteo, palas, llaves, carretilla, torquímetro, baldes, tornillos, tuercas y arandelas, equipo y accesorios para desajustar, remover y reemplazar pernos, tuercas y arandelas, una cámara fotográfica y cualquier otro equipo o herramienta sugerido por el fabricante de los pernos de alta resistencia a utilizar o especificado por la Administración.

614.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Subsección 555.17 Conexiones utilizando pernos de alta resistencia* del CR-2020. Por lo tanto, el procedimiento incluye la reposición o sustitución de pernos de alta resistencia tipo AASHTO M 164

M o M 253 M o fijadores equivalentes. Asimismo, el proceso a seguir dependerá de la solución técnica aprobada por la Administración, no obstante, el procedimiento podría ser el descrito en la Subsección 614.07 de las presentes especificaciones.

El proceso constructivo a seguir depende del procedimiento determinado para ejecutar el retiro y reposición de pernos, pines y tornillos de alta resistencia en puentes, procedimiento que deberá garantizar su adecuado funcionamiento. Lo anterior de acuerdo con lo propuesto en la solución técnica y con lo indicado por la asesoría de un especialista en esta actividad, mismos que deberán contar con la aprobación por parte de la Administración.

614.07 Procedimiento: Retiro y reposición de pernos de alta resistencia

El procedimiento *retiro y reposición de pernos de alta resistencia* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar y marcar los pernos, pines y tornillos de alta resistencia a retirar y reponer, para lo cual se deberá contar con la aprobación por parte de la Administración antes de iniciar la ejecución de las obras.

2. Se deberá acondicionar un área apropiada para la identificación y ordenamiento de los conectores, así como los equipos, herramientas y accesorios que faciliten la sustitución.

3. Realizar la limpieza de la zona de trabajo con agua a presión, según el caso.

4. Para el reemplazo de pernos u otro tipo de conectores, debe seguirse un procedimiento lógico, verificando que no se produzcan desfasamientos en los empalmes y que los conectores remanentes no sufran deformaciones mayores a los admisibles. Los pernos removidos serán almacenados y entregados a la Administración, donde ésta determine.

5. El uso de herramientas manuales, equipos y accesorios para desajustar, retirar y reemplazar dichos elementos estructurales se realizará con el auxilio de andamios metálicos, torquímetro, llaves de impacto, entre otros, todo lo cual será definido por el Contratista, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la especificación.

6. Al trabajar los empalmes de conexiones a fricción y no a corte o momento, debe asegurarse que el cambio de conectores no reduzca la fricción. El reemplazo debe hacerse uno a uno o a dos como máximo, en lados opuestos. En general, debe hacerse de fuera hacia dentro o al revés, apretando las conexiones al torque final.

7. Sólo cuando por medios mecánicos no puedan retirarse las cabezas de las conexiones corroídas el uso de flama de fuego puede ser autorizado por la Administración. Esto se realizará evitando dañar las piezas adyacentes a la cabeza de la conexión.

8. Los pernos serán galvanizados, con tuerca, contratuerca y arandelas, se ajustarán generalmente por la tuerca y eventualmente por la cabeza, sujetando la tuerca hasta alcanzar las tensiones de diseño o las señaladas en las especificaciones especiales de los

mismos conectores, usando para ello instrumentos de apriete (torquímetro, atornilladores a percusión y análogos), que arrojen resultados confiables de los torques alcanzados.

9. Se sugiere que la diferencia entre el momento de apriete prescrito y el realmente aplicado no exceda de ± 10% con la herramienta utilizada, las que deberán ser calibradas antes de las operaciones de empernado. El Contratista deberá presentar a la Administración el certificado de calibración del torquímetro con el cual se realizarán los trabajos.

10. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

614.08 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de la siguiente forma:

1. Pernos, pines y tornillos de alta resistencia: unidad (ud) debidamente colocado. Asimismo, el responsable de la Administración podrá evaluar y medir el trabajo de retiro y reposición de pernos, pines y tornillos de alta resistencia según la cantidad de kilogramos de acero (kg) instalados, sin embargo, siempre se deberá reconocer y reportar la cantidad en unidades de pernos, pines o tornillos instalados.

614.09 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 14-02.

Tabla 14-02. Renglones de pago para retiro y reposición de pernos de alta resistencia

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.614.01	*Retiro y reposición de pernos, pines y tornillos de alta resistencia en puentes*	ud
MP.614.02	*Retiro y reposición de pernos, pines y tornillos de alta resistencia en puentes*	kg

SECCIÓN 615: REPARACIÓN O REPOSICIÓN DE ELEMENTOS DE PUENTES EN ACERO

615.01 Objetivo

Mantener el comportamiento estructural de los puentes de acero, evitando que se produzcan daños mayores en sus elementos que puedan afectar la estabilidad de la estructura y así poder garantizar el tránsito y la seguridad de los usuarios.

615.02 Alcance

Esta actividad consiste en ejecutar los trabajos necesarios para la fabricación, el suministro, acarreo de elementos de acero para la reconstrucción (sustitución) parcial o total de los elementos de acero que se encuentren deteriorados o permanente dañados en puentes metálicos. Asimismo, lo relacionado con los materiales, identificación de los aceros, almacenamiento de los materiales, corte por oxígeno, perforaciones para pernos, preparación de uniones hechas in situ, soldadura y pruebas, se seguirá lo establecido en estas normas. Esta actividad se realizará para aquellos elementos que presenten deterioros como pandeos, corrosión, fatiga, daños por colisión, entre otros. En el caso que se identifique la necesidad de realizar reparaciones de elementos de acero que presentan agrietamiento y que no impliquen la reposición del elemento completo, se incluyen dos procedimientos de reparación respectivos.

El costo de esta actividad incluye los estudios, ensayos en sitio y el diseño de las soluciones definitivas, mismas que deben contar con la aprobación de la Administración antes de iniciar con la ejecución de las respectivas obras.

La actividad de conservación *615 Reparación o reposición de elementos en puentes de acero* se conforma de un único procedimiento el cual se muestra a continuación:

- 615.07: Reposición de elementos de acero
- 615.08: Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto
- 615.09: Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas con pernos de alta resistencia
- 615.10: Reparación de elementos de acero con corrosión mediante reposición parcial del elemento

Con respecto a la preparación y colocación del sistema de protección contra la corrosión de todas las piezas colocadas o aquellas piezas que durante la ejecución de alguno de los procedimientos de la presente sección se haya visto afectado, deberán ser intervenidas y pagadas de acuerdo con lo establecido en la *Sección 613 Preparación y protección de superficies de puentes* de las presentes especificaciones de conservación.

615.03 Criterio de ejecución

La actividad *615 Reparación o reposición de elementos en puentes de* acero debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado. Se deberá inspeccionar periódicamente el estado y la condición de los puentes de acero. Se deberán ejecutar los trabajos en los plazos programados para la conservación en el menor tiempo posible, a partir de la evaluación de la estructura y la identificación de condiciones que puedan afectar la seguridad y la transitabilidad de los usuarios.

La determinación del nivel de deterioro y el tipo de intervención, será según la metodología de evaluación que determine la Administración, no obstante, como referencia, pero sin limitarse a ello, se deben considerar los siguientes aspectos para justificar las intervenciones que se proponen en esta sección:

Elementos de acero:

- Ausencia o mal estado de las conexiones: Por pérdida de pernos, arandelas, platinas, entre otros, o bien presencia de corrosión, fisuras, excentricidad, falla por tensión, aplastamiento o por cortante de la platina, falla por desgarramiento o corte del conector, rotura de la soldadura u otros daños que pueden afectar el buen funcionamiento de la conexión.

- Corrosión severa: Estado de corrosión que afecta una parte o la totalidad de la sección transversal, para lo cual se ha perdido grosor de la pieza por ende su capacidad estructural, por lo tanto, requiere de un remplazo parcial o completo inmediato del mismo.

- Agrietamiento: Para el caso de elementos que presenten agrietamiento, debe realizarse una evaluación para determinar si el mismo es causado por fatiga o por sobresfuerzos. Asimismo, según la extensión del agrietamiento, debe escogerse el procedimiento de reparación. Elementos principales o secundarios que presenten agrietamiento por fatiga, pero cuya extensión de la grieta no represente una pérdida de capacidad del elemento, deben ser reparados mediante *615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto*. Elementos principales que presenten agrietamiento por fatiga o por sobresfuerzos con una extensión mayor que implica una pérdida de capacidad del elemento deben ser reparados mediante el procedimiento *615.09 Reparación de grietas por fatiga mediante cubre placas vinculados con pernos de alta resistencia*. Elementos secundarios que presenten agrietamiento por fatiga o por sobresfuerzos con una extensión mayor que impliquen una pérdida de capacidad del elemento deben ser sustituidos mediante el procedimiento *615.07 Reposición del elemento de acero* o *615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante cubre placas vinculados con pernos de alta resistencia.*

- Impacto de vehículos: Se puede observar la falla o deterioro que se produjo en la estructura.

Cables y torres de acero:

- Forros o revestimiento: Verificar si el estado en que se encuentra protege debidamente al cable de la corrosión.
- Corrosión parcial o total de los cables.
- Fisuras en los alambres que componen el cable.
- Falta de alineamiento: Situación que no permite el trabajo adecuado a tensión.
- Pérdida de tensión de los cables.
- Fisuras y daños en los soportes del anclaje de los cables.
- Falta de remaches en las torres y piezas de anclaje.
- Problemas de pinturas en las torres.
- Corrosión en la torre.
- Fallas por impacto.

En la Figura 15-01 se puede observar la necesidad de reposición de elementos de acero en la cercha del puente sobre el río Reventazón en la Ruta Nacional n.° 10.



Figura 15-01. Fractura de elemento de acero en cercha de río Reventazón en la Ruta Nacional n.° 10
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2015

615.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 15-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 15-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 615

Material	Apartado del CR-2020
Estructuras de acero (material)	555.02
Acero estructural	717.01

615.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: camión pequeño de volteo, grúa o equipo de manejo de cargas pesadas, herramientas manuales, carretilla, equipo de oxicorte, equipo de soldar, baldes, taladro, sacabocados, una cámara fotográfica, GPS y cualquier otro equipo o herramienta sugerido por el fabricante del elemento de acero a utilizar o especificado por la Administración.

615.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 555 Estructuras de acero* y la Sección *556 Sistemas de contención vehicular para puentes* del CR-2020 o su versión vigente. Asimismo, el proceso a seguir dependerá de la solución técnica aprobada por la Administración, no obstante, el procedimiento podría ser alguno de los descritos en las Subsección 615.07, 615.08, 615.09 o 615.10 de las presentes especificaciones.

El proceso constructivo a seguir dependerá del procedimiento determinado para ejecutar la reparación o reposición de elementos de puentes en acero, procedimiento que deberá garantizar su adecuado funcionamiento. Lo anterior de acuerdo con lo propuesto en la solución técnica y con lo indicado por la asesoría de un especialista en esta actividad, mismos que deberán contar con la aprobación por parte de la Administración.

615.07 Procedimiento: Reposición de elementos de acero

El procedimiento *reposición de elementos de acero* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. De acuerdo con lo indicado en la *Subsección 555.06 Planos de taller, planos de erección y transporte* del CR-2020, el Contratista elaborará y presentará a la Administración el programa de los trabajos a realizar en la estructura, incluyendo planos del proyecto de reparación y una memoria de cálculo con la evaluación estructural del comportamiento de la estructura durante la intervención, presentando, en caso de que aplique, la redistribución de cargas durante la ausencia de la pieza o piezas que serán intervenidas. Presentará también, la relación de equipos, herramientas, accesorios, materiales necesarios, personal especializado y medidas de seguridad adicional durante la instalación de los elementos, así como los seguros de personal y montaje. La aprobación de la Administración no exime al Contratista de su responsabilidad por la seguridad de su método y por el funcionamiento adecuado de sus equipos. La presentación del

programa deberá ser con la anticipación suficiente para que la Administración la revise y apruebe si es consistente.

2. Se deberá acondicionar un área apropiada que permita el almacenamiento, el ordenamiento e identificación de los elementos estructurales nuevos preparados para reemplazo, así como la maniobra de equipos, herramientas y accesorios.

3. El Contratista de conformidad con los planos del proyecto de reparación hará fabricar los elementos estructurales, verificando, antes del montaje, que todos los elementos hayan sido fabricados con todas las dimensiones exigidas en el proyecto. Para evitar que las piezas sean colocadas invertidas, se debe tener una preparación previa en la identificación de cada uno de los elementos y su ubicación de acuerdo con los planos. Asimismo, todo el acero estructural deberá ser certificado y fabricado en una planta que este certificada bajo el programa de calidad certificada AISC, mientras que los elementos con peligros de fractura deben fabricarse de acuerdo con las especificaciones "*Guide specifications for fracture critical non-redundant steel bridge members*" (AASHTO, 1978) en su versión vigente.

4. Antes del montaje de estructuras nuevas sin recubrimiento, todas las piezas deberán ser preparadas convenientemente y se pagarán conforme a las especificaciones de la *Sección 613 Preparación y protección de superficies de puentes,* de estas especificaciones de conservación.

5. Para el cambio de láminas u otros elementos de acero, los elementos fabricados de planchas soldadas o perfiles, serán identificados y llevados a su posición, debiendo maniobrarse cuidadosamente de manera de evitar que se golpeen, doblen, rompan o sufran daños por efecto de manipulación inadecuada. Durante el montaje se verificará que las dimensiones del conjunto sean las correctas, teniendo en cuenta las tolerancias indicadas en los planos. Se debe elaborar una ficha técnica que registre la geometría final.

6. Todos los elementos que han de ser reemplazados deberán montarse en su posición sin ser forzados. Los elementos que requieran ser reemplazados, y que soporten otras estructuras, deben de ser liberados de cargas. En caso de que se realicen soldaduras, estas deben realizarse conforme a lo provisto en el código de soldadura de puentes AASHTO/AWS D1.5M/D1.5:2020 en su versión vigente.

7. Las barandas serán atendidas y pagadas de conformidad con la *Sección 603 Reparación parcial y reposición total de barandas de puentes,* de estas especificaciones de conservación.

8. Para el caso en el que la superestructura del puente incluya cables y torres, éstas se deberán atender de acuerdo con lo indicado en el Contrato y la Administración.

9. Una vez colocados los elementos, se debe realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos

deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

615.08 Procedimiento: Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto

El procedimiento de *reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación, asimismo, deberá cumplirse lo especificado en la guía de reparación de la FHWA (2013):

1. Se debe identificar la punta de la grieta por fatiga que se va a intervenir. Debe utilizarse algún método previamente aprobado por la Administración como el uso de tintes penetrantes para evidenciar el fin de la grieta.

2. Para grietas que abarquen todo el espesor del elemento, se recomienda perforar un pequeño orificio de referencia de aproximadamente 3 mm para verificar la ubicación de la punta de la grieta en el lado opuesto y ajustar la posición del aparato de extracción de núcleos o de perforación que será utilizado.

3. Se debe colocar la broca o saca núcleos de manera que el borde posterior de la broca elimine la punta de la grieta, aproximadamente a una distancia entre el borde de la broca y la punta de la grieta igual a ¼ del diámetro del agujero a realizar. La ubicación del agujero de arresto con respecto a la grieta es esencial para asegurar la posibilidad de la propagación de la grieta. En la Figura 15-02 se presentan la ubicación correcta para el posicionamiento del agujero de arresto y algunos posicionamientos incorrectos que no aseguran que la grieta no vaya a continuar propagándose por el elemento.

4. Se debe seleccionar el diámetro apropiado para el agujero de arresto de acuerdo con lo establecido en FHWA(2013), siendo el diámetro mínimo permitido de 25,4 mm (1”). Una vez seleccionado el diámetro e identificado el posicionamiento correcto, se debe taladrar el elemento con el equipo adecuado previamente aprobado por la Administración.

5. Posterior a realizar el agujero, se debe asegurar que la superficie alrededor del mismo se encuentre se encuentre lisa y sin daños aparentes. Dependiendo del método utilizado para realizar el agujero, puede ser posible que la broca deje pequeños desperfectos y en los bordes del agujero, siendo estos desperfectos nuevos sitios para el inicio de nuevas grietas de fatiga. Es por esta razón que todos los bordes de los agujeros deben estar rectificados con una rugosidad ANSI de 500 o menos. La rugosidad de la superficie se puede lograr con papel de lija de grano de 80-100 o más fino. En el caso de que se utilicen brocas helicoidales, debe tenerse precaución especial con la rugosidad final de la superficie, pudiendo llegar a ser necesario el uso de un pequeño tambor abrasivo para terminar el interior del agujero.

6. En caso de ser requerido por parte de la Administración, se debe rellenar el agujero con un tapón o un perno tensado. Se debe pintar la superficie intervenida para asegurar que el agujero no se convierta en un punto de inicio de corrosión en el elemento.

7. Una vez colocados los elementos se debe realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

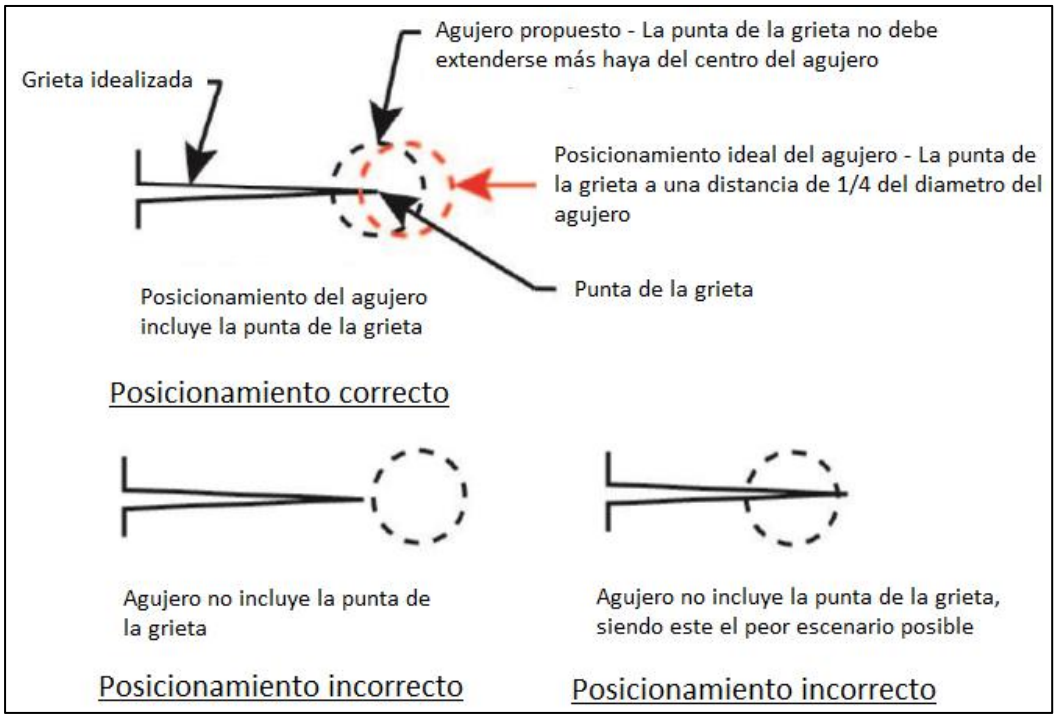


Figura 15-02. Posicionamiento del agujero de arresto con respecto a grieta de fatiga
Fuente: Adaptado de FHWA, 2013

615.09 Procedimiento: Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas con pernos de alta resistencia

El procedimiento de *reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas con pernos de alta resistencia* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación, asimismo, deberá cumplirse lo especificado en la guía de reparación de la FHWA (2013):

1. Se debe alinear ambos lados de la grieta en caso de que exista deformación severa.
2. Se debe realizar un agujero en la punta de ambos extremos de la grieta con un diámetro mínimo de 25,4 mm (1”) según el procedimiento descrito mediante la *Subsección 615.08 Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto* de las presentes especificaciones. Es posible que en algunas ocasiones sea necesario realizar un agujero

con un mayor diámetro, por lo que debe utilizarse la guía establecida de la FHWA (2013) para determinación del diámetro correcto.

3. Se debe determinar, junto con la aprobación de la Administración, el espesor de los cubre placas que se utilizarán, teniendo en consideración si el objetivo de la reparación corresponde a restaurar la sección del elemento agrietado, reducir los rangos de esfuerzos al aumentar la sección o ambos. En ninguno de los casos, la suma de los espesores de los cubre placas colocados puede ser menor al espesor del elemento que está siendo reparado.

4. Según el diseño presentado y previamente aprobado por la Administración, determinar el número de pernos de alta resistencia que son requeridos para desarrollar la capacidad de los cubre placas asumiendo una conexión crítica al deslizamiento para una conexión apernada. Asimismo, el diseño debe contemplar el patrón de distribución de los pernos de acuerdo con los requerimientos de las especificaciones "*AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*" (AASHTO, 2020), denominadas de aquí en adelante como AASHTO LRFD, en su versión vigente, para determinar el espaciamiento de agujeros y separación de bordes de pernos. El patrón de distribución de los pernos y el tamaño de la grieta a intervenir determinará finalmente el tamaño de los cubre placas a utilizar.

5. Se deben fabricar los cubre placas perforados según el diseño y las consideraciones anteriores.

6. Se debe colocar los cubre placas en posición correcta de acuerdo con el diseño presentado, asegurándose de cubrir toda la longitud de la grieta a intervenir. Temporalmente, es posible sujetar el cubre placas mediante herramientas manuales o mecanizadas (sargentos) para utilizar el cubre placa como plantilla para realizar las perforaciones. Una vez el cubre placas se encuentre colocado en su posición, se debe realizar todas las perforaciones requeridas.

7. Posterior a realizar todas las perforaciones se debe remover el cubre placas y se debe proceder a limpiar toda la superficie de contacto para remover aceite, grasa, polvo o cualquier otro material contaminante para restaurar la fricción de la superficie de la conexión critica por deslizamiento.

8. Se debe colocar ambos cubre placas en posición y llenar todas las perforaciones mediante la colocación de los pernos de alta resistencia. Inicialmente, se deben apretar bien todos los pernos asegurándose de que todas las superficies estén acopladas. Proceder a ajustar todas las tuercas a su máxima tensión y verificar la efectividad mediante los requerimientos establecidos en la FHWA (2013).

9. Se debe pintar todas las superficies nuevas, incluyendo las zonas del elemento intervenido que fueron afectadas durante el procedimiento. La pintura de los elementos debe realizarse mediante lo establecido en la actividad de conservación *613 Preparación y protección de superficies de puentes,* aunque la medición y el pago debe incluirse como parte del presente procedimiento.

10. Una vez colocados los elementos se debe realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a l los trabajos de conservación.

615.10 Procedimiento: Reparación de elementos de acero con corrosión mediante reposición parcial del elemento

El procedimiento de *reparación de elementos de acero con corrosión mediante reposición parcial del elemento* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación, asimismo, deberá cumplirse lo especificado en la guía de mantenimiento de la FHWA (2015):

1. La aplicación de este procedimiento de reparación debe estar precedido por una evaluación estructural del puente a través de la cual se determine la factibilidad y el método específico de reparación. En caso de ser necesario levantar parcialmente la estructura, previamente a la realización de los trabajos, el Contratista deberá presentar a la Administración el plan de trabajo, incluyendo los planos y las especificaciones de la plataforma de trabajo de modo que se puedan llevar a cabo con seguridad y comodidad todos los trabajos necesarios. Para el diseño, se debe considerar el peso propio y la sobrecarga, y deben construirse empleando materiales adecuados que resistan los esfuerzos solicitados. En todo caso deben evitarse métodos que impliquen riesgo o peligro para los usuarios o la estructura.

2. Se debe demarcar el área afectada por la corrosión que será intervenida. Una vez demarcada el área, se debe remover la pintura existente dentro de los límites de la reparación que será realizada.

3. En caso de ser necesario, se debe levantar la estructura, según el diseño y plan de trabajo presentado a la Administración.

4. Remover la zona deteriorada del elemento de acero dentro de los límites establecidos.

5. Se debe reponer el elemento removido asegurando que la nueva sección transversal colocada sea equivalente o mayor a la sección removida de acuerdo con el diseño estructural realizado por el Contratista. La conexión debe realizarse mediante soldadura o mediante pernos de alta resistencia de acuerdo con la solución propuesta previamente aprobada por la Administración. En caso de utilizar pernos de alta resistencia para la conexión, el diseño debe contemplar el patrón de distribución de los pernos de acuerdo con los requerimientos de AASHTO LRFD, en su versión vigente, para determinar el espaciamiento de agujeros y separación de bordes de pernos.

6. Se deben pintar todas las superficies nuevas, incluyendo las zonas del elemento intervenido que fueron afectadas durante el procedimiento. La pintura de los elementos debe realizarse mediante lo establecido en la actividad de conservación *613 Preparación y protección de superficies de puentes* de las presentes especificaciones de conservación.

7. Se debe remover el soporte temporal de la estructura, asegurándose que ningún elemento del puente se haya visto afectado por este procedimiento. En caso de generarse algún daño a algún elemento, será responsabilidad del Contratista su reparación sin costos adicionales hacia la Administración.

8. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobados por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

615.11 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Acero estructural: kilogramo (kg), fabricado, suministrado y erigido. Asimismo, el responsable de la Administración podría medir y revisar el trabajo de acuerdo con los metros lineales (m) del elemento instalado para lo cual deberá conocer previamente el tipo de elemento a instalar y sus respectivas características.
2. Agujeros de arresto: unidad (ud) según cantidad de agujeros de arresto realizados.
3. Cubre placas: kilogramo (kg) o en metros cuadrados (m^2) en cuyo caso el responsable de la Administración medirá y revisará el trabajo de acuerdo con los metros cuadrados que representan los cubre placas por ambos lados para lo cual deberá conocer el espesor de los cubre placas que son requeridos según los diseños presentados y previamente aprobados.

615.12 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 15-02.

Tabla 15-03. Renglones de pago para reparación o reposición de elementos de puentes en acero

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.615.01	*Reposición de acero estructural suministrado, fabricado y erigido*	*kg*
MP.615.02	*Reposición de acero estructural fabricado y erigido*	*kg*
MP.615.03	*Reposición de acero estructural erigido*	*kg*
MP.615.04	*Reposición de acero estructural suministrado, fabricado y erigido*	*m*
MP.615.05	*Reposición de acero estructural fabricado y erigido*	*m*

Tabla 15-03. Renglones de pago para reparación o reposición de elementos de puentes en acero

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.615.06	*Reposición de acero estructural erigido*	*m*
MP.615.07	*Reparación de grietas por fatiga mediante agujeros de arresto*	*ud*
MP.615.08	*Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas con pernos*	*kg*
MP.615.09	*Reparación de grietas mediante cubre placas vinculadas con pernos*	*m*
MP.615.10	Reparación de elementos de acero con corrosión mediante reposición parcial del elemento	*kg*
MP.615.11	Reparación de elementos de acero con corrosión mediante reposición parcial del elemento	*m*

SECCIÓN 616: REPARACIÓN DE CIMENTACIONES CON PROBLEMA DE SOCAVACIÓN

616.01 Objetivo

Evitar daños o colapso de la estructura del puente mediante la reparación necesaria debido a la pérdida de la zona de contacto suelo-cimentación y a su vez, en caso de que corresponda, la colocación de un sistema de protección alrededor del elemento para que resista a los fenómenos de erosión del río.

616.02 Alcance

Esta actividad consiste en restituir el contacto de la cimentación del puente con el suelo a través de reparaciones en seco, siendo estas en las que se encauza el cuerpo de agua, o bajo agua cuando no es posible encauzar el cuerpo de agua. Para el caso de las reparaciones en seco, es posible realizar la reparación con relleno de concreto ciclópeo, de agregado grueso, de sacos de suelo-cemento (toba cemento), de mortero o cualquier otro material que permita rellenar la cavidad existente debajo de la placa de fundación, ya sea de la pila o del bastión, que haya sido afectada por socavación. Para los casos en los que se realiza la reparación bajo agua, esta incluye como opción la colocación de bolsas rellenas junto con la inyección con lechada de la totalidad de la cavidad.

Adicionalmente, la actividad de reparación incluye la delimitación del sitio de trabajo, la excavación, el encofrado y la colocación de material de relleno (por ejemplo, concreto ciclópeo, agregado grueso o sacos de suelo-cemento). Los trabajos realizados, deberán de realizarse con base en los documentos contractuales, los cuales deberán ser elaborados por un profesional experimentado en este tipo de labores.

La actividad de conservación 616 Reparación de cimentaciones con problemas de socavación se clasifica en los siguientes procedimientos, según el tipo de reparación o sistema de protección:

- 616.07: Restitución del contacto suelo-cimentación en seco
- 616.08: Restitución del contacto suelo-cimentación bajo agua mediante bolsas rellenas con lechada

616.03 Criterio de ejecución

La actividad *616 Reparación de cimentaciones con problema de socavación* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado. Se deberá procurar ejecutar esta actividad lo más pronto posible a partir de la observación de su condición defectuosa y de deterioro, ya que los daños por socavación suelen ser severos y pueden incluso implicar un problema de estabilidad de la estructura, amenazando con la caída del puente. Deberá contarse con el criterio de un experto en estructuras de puentes para identificar correctamente daños por socavación, haciendo diferenciación de la severidad del daño según el tipo de cimentación que presente el puente. A su vez, debe evaluarse si el elemento con problemas de

socavación tiene problemas de inclinación, ya que lo anterior podría ser un indicio de problemas de estabilidad de la estructura.

En la Figura 16-01 observa la pérdida del contacto suelo-cimentación en la placa del bastión del puente sobre la quebrada Calderón en la Ruta Nacional n.° 32. En este caso, dada la condición, se deberá realizar la reparación con el procedimiento de restitución en seco lo más pronto posible.



Figura 16-01. Pérdida de contacto-suelo cimentación en bastión de puente sobre la quebrada Calderón en la Ruta Nacional n.° 32
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2014

616.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 16-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 16-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 616

Material	Apartado del CR-2020
Concreto estructural (materiales)	555.02
Rocas	705
Geosintéticos	714
Lechada (relleno fluido)	725.22
Bolsas rellenas	-
Tuberías de inyección	-

616.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad son: equipo pesado para efectuar encauzamiento (tractores, cargador o retroexcavadora según el caso), equipo para excavación, equipo para bombeo o inyección de lechada, elementos para la preparación del concreto, herramientas manuales, una cámara fotográfica, GPS y cualquier otro equipo o herramienta especificado por la Administración.

616.06 Procedimiento de ejecución general

El proceso constructivo a seguir depende del procedimiento determinado para ejecutar la restitución del contacto suelo-cimentación de elementos de un puente, procedimiento que deberá garantizar su adecuado funcionamiento. El procedimiento debe estar de acuerdo con lo propuesto en la solución técnica y con lo indicado por la asesoría de un especialista (geotecnista o ingeniero con experiencia comprobada en estructuras de puentes y en este tipo de reparaciones). A su vez, estos deberán contar con la aprobación por parte de la Administración, no obstante, el procedimiento elegido podría ser el descrito en las Subsecciones 616.07 o 616.08 de las especificaciones descritas en este documento.

Posterior a la ejecución de los procedimientos que a continuación se describen, se deberá considerar lo indicado en las *Subsecciones 107.02 Inspección visual*, *107.03 Certificación*, *107.04 Conformidad determinada o ensayada* y la *Sección 152 Topografía para la construcción* del CR-2020, para la aceptación de los trabajos.

616.07 Procedimiento: Restitución del contacto suelo-cimentación en seco

El procedimiento de *restitución del contacto suelo-cimentación en seco* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Definir y delimitar el área afectada, previa verificación de posibles fisuras o grietas en el cuerpo de la estructura a calzar. En caso de ser necesario, se debe efectuar el encauzamiento de la corriente de agua a través de la construcción de las obras de desvío. Para ello, deberá presentarse el plan de desvío del cauce a la Administración y obtener los permisos de las autoridades competentes para este tipo de trabajos.

2. Se sugiere delimitar el área a tratar según las dimensiones indicadas en los documentos contractuales o lo que determine el profesional competente (geotecnista o ingeniero con experiencia comprobada en estructuras de puentes y en este tipo de reparaciones), de acuerdo con la magnitud del problema de socavación a tratar. Se sugiere realizar la excavación mínima a 0,50 m por debajo del cauce o hasta encontrar terreno firme, cuidando no desestabilizar aún más la estructura. El material excavado que sea útil para la construcción de rellenos será recolectado y transportado hasta el lugar de su utilización, con autorización de la Administración.

3. En caso de ser necesario, realizar el encofrado alrededor de la placa de fundación a intervenir de acuerdo con lo indicado en la *Sección 569 Encofrado y Andamiaje* del CR-2020.

4. Realizar el relleno, según los documentos del proyecto y especificaciones técnicas del especialista. En el caso de utilizar concreto ciclópeo con aditivos acelerantes y expansivos, realizar el relleno preferentemente a un nivel superior de la cara inferior de la estructura a calzar.

5. Continuar en la misma forma en los sectores no trabajados, hasta completar lo indicado en los planos de los documentos contractuales.

6. En caso de ser requerido, rellenar las sobreexcavaciones con roca o bloques de concreto demolido, hasta llegar al perfil necesario, de acuerdo con lo indicado por la Administración.

7. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

616.08 Procedimiento: Restitución del contacto suelo-cimentación bajo agua mediante bolsas rellenas con lechada

El procedimiento de *restitución del contacto suelo-cimentación bajo agua mediante bolsas rellenas con lechada* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación. El procedimiento descrito se encuentra basado en lo especificado en la Sección 6 del Capítulo 11 del manual "*Structural Detail Manual*" (Maryland Department of Transportation [MDOT], 2017). Para la reparación de este tipo de problemas, deberá de disponerse de una solución técnica presentada por un especialista (geotecnista o ingeniero con experiencia comprobada en estructuras de puentes y en este tipo de reparaciones), la cual podrá ser una adaptación del siguiente procedimiento, considerando las necesidades de la reparación y las condiciones del sitio específicas.

1. Definir y delimitar el área afectada, previa verificación de posibles fisuras o grietas en el cuerpo de la estructura a calzar. Ante la presencia de grietas, debe alertarse a la Administración previo a la ejecución de este procedimiento.

2. La clase de geosintético a utilizar deberá ser definida en la solución técnica presentada por el especialista y deberá cumplir con los requisitos mecánicos establecidos según lo indicado en la *Subsección 714 Geosintéticos* del CR-2020. EL geosintético definido deberá ser colocado en la zona que será prevista para la colocación de las bolsas rellenas. Este geosintético deberá colocarse de forma tal que quede un espacio libre de 0,15 m entre el mismo y el borde de las bolsas rellenas externas, mientras que en el lado interno deberá acuñarse entre la cara de la fundación y las bolsas rellenas (ver Figura 16-02 y Figura 16-03).

3. Dependiendo de la profundidad del vacío en la zona socavada a intervenir, colocar una o varias capas de bolsas rellenas. Para pilas, la distancia a cubrir en todas las direcciones con

las bolsas rellenas debe ser dos veces el ancho de la pila o 1,8 m (ver Figura 16-03), el que sea mayor; mientras que, para bastiones, el espacio a cubrir debe ser definido por un especialista en el tema, como mínimo abarcando la distancia total entre las alas del bastión aguas arriba y aguas abajo (ver Figura 16-02). Las bolsas deben ser colocadas de forma que puedan desplazarse de manera independiente, sin embargo, debe buscarse el acomodo que permita colocar las bolsas de manera ajustada, minimizando los espacios libres entre las mismas. Las bolsas por colocar deberán estar conformadas por un material de baja permeabilidad. A su vez, las dimensiones estándar de las bolsas deberán ser de 0,9 m de ancho máximo, 1,2 m de largo máximo y 0,3 m de espesor máximo.

4. Instalar tuberías temporales con diámetros de 0,10 m mínimo y con una separación máxima de 1,2 m (ver Figuras 16-02 y 16-03) que funcionaran para la inyección de la lechada y para la evacuación del agua desplazada.

5. Inyectar la lechada a una velocidad aproximada de 19 m^3/ h, pudiendo esta modificarse hasta que se logre desplazar toda el agua en la cavidad y rellenarse la misma con lechada. La resistencia a la compresión a los 28 días mínima de la lechada deberá ser de 24 MPa (240 kg/cm^2) o según se indique la solución técnica del especialista. Deberá detenerse la inyección una vez que empiece a salir la lechada por los tubos contiguos. En caso de ser posible, previo a la inyección de la lechada, es recomendable realizar una remoción de todos los materiales sueltos en la zona socavada que pudieran obstruir la tubería de evacuación. Asimismo, debe asegurarse que la lechada no se adhiriera a la pila o al bastión mediante un método previamente indicado por el especialista y aprobado por la Administración.

6. Una vez llenado todo el vacío del área socavada, se deben cortar los tubos de inyección de lechada y evacuación de agua al nivel de la superficie superior de las bolsas rellenas.

7. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

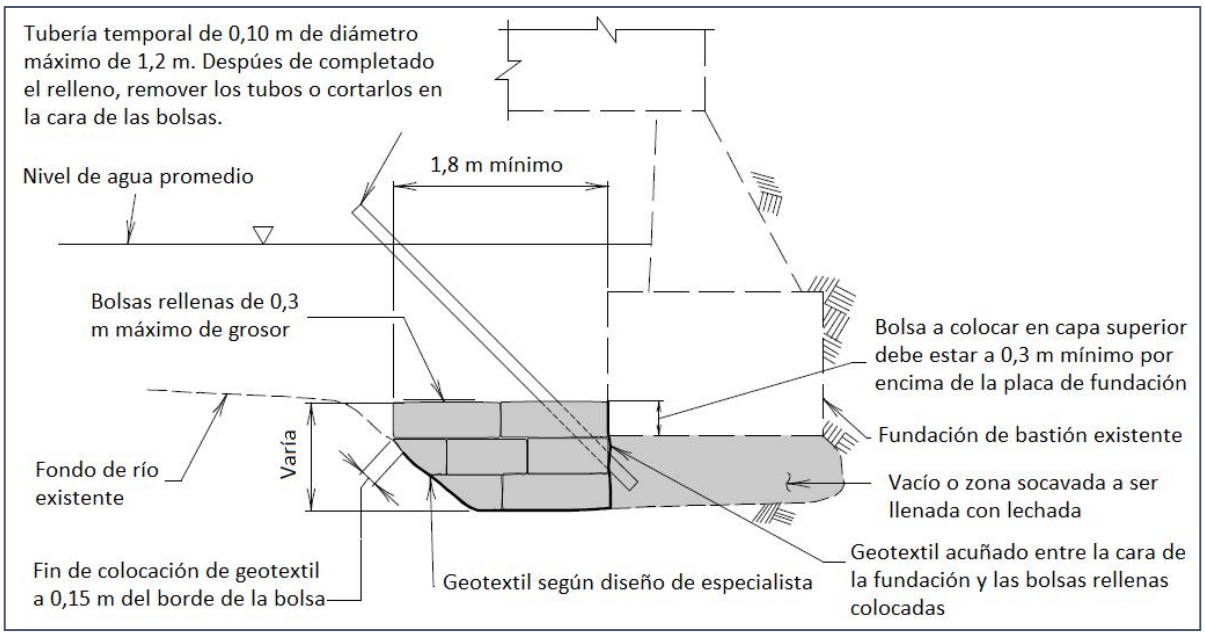


Figura 16-02. Esquema de reparación contacto-suelo cimentación en bastión mediante bolsas rellenas
Fuente: Adaptado de MDOT, 2017

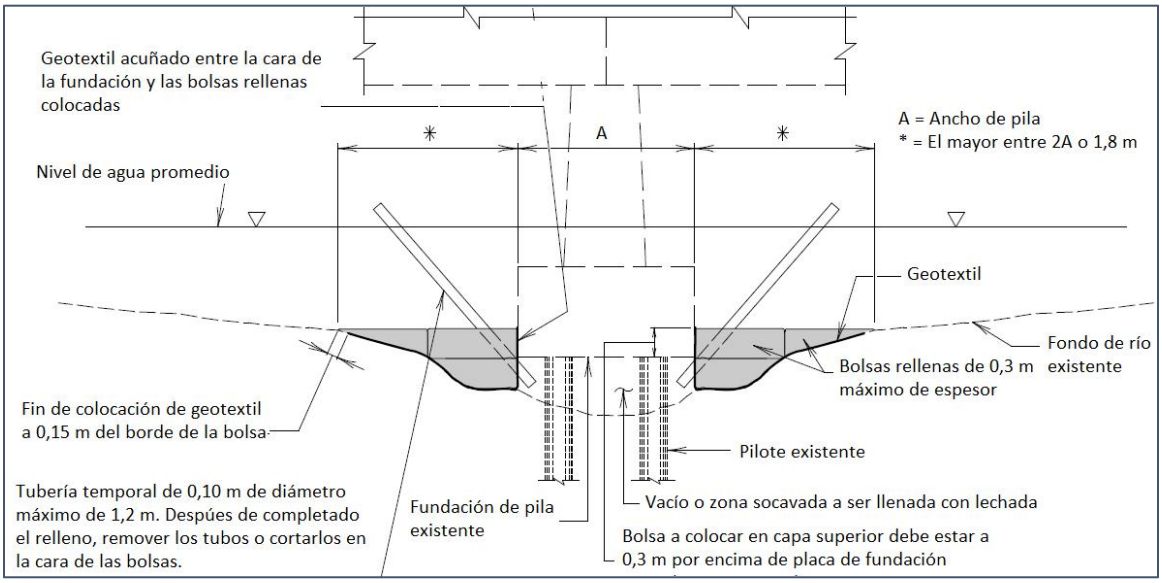


Figura 16-03. Esquema de reparación contacto-suelo cimentación en pila mediante bolsas rellenas
Fuente: Adaptado de MDOT, 2017

616.09 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Concreto ciclópeo: metro cúbico (m^3), medido en su posición final para lo cual el responsable de la Administración deberá cuantificar el volumen a rellenar previo al trabajo.
2. Relleno con agregado gruesos o mortero: metro cúbico (m^3), medido en su posición final (conformado, compactado y acabado) con medición topográfica.
3. Relleno con sacos de suelo-cemento: metro cúbico (m^3) por saco colocado.
4. Sacos rellenos con lechada: unidad (ud) medido por cantidad de sacos colocados.
5. Lechada: metros cúbicos (m^3) inyectado hasta completar la totalidad de la cavidad.

616.10 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 16-02.

Tabla 16-02. Renglones de pago para reparación y protección de cimentaciones con problemas de socavación

Ítem	Renglón de pago	Unidad
CR.208.02	*Relleno de fundación*	*m^3*
CV. 106.07	*Concreto ciclópeo*	*m^3*
MP. 616.01	*Sacos de suelo – cemento*	*m^3*
MP.616.02	*Sacos rellenos con lechada*	*ud*
MP.616.03	*Inyección de lechada. Resistencia a la compresión 28 días _____*	*m^3*

SECCIÓN 617: PROTECCIÓN DE RIBERAS

617.01 Objetivo

Proteger las riberas de los ríos de la erosión, socavación y deslizamientos, que le puede causar la corriente del agua propia del cauce o por la llegada de aguas drenadas al cauce, condiciones que pueden afectar la infraestructura de las vías colindantes, rellenos del acceso de aproximación o del puente.

617.02 Alcance

Esta actividad consiste en la protección de las riberas (franjas de tierra o taludes contiguos al cuerpo de agua) en las cercanías del puente mediante la construcción de elementos de protección para que se mantenga la corriente de agua en su cauce normal, tales como gaviones, colchones de revestimiento, enrocados y concreto ciclópeo; así como la topografía y si es necesario excavación. Asimismo, incluye la ejecución de los controles de calidad durante todo el proceso de construcción, el suministro de materiales y equipo, la mano de obra y las operaciones necesarias para la adecuada ejecución del procedimiento correspondiente, previamente aprobado por la Administración.

La protección de riberas también incluye la construcción de sistemas de protección para los rellenos de los accesos de aproximación cuya estabilidad se haya visto comprometida por los efectos de la corriente del agua. En caso de que la Administración lo considere necesario, esta actividad de conservación debe realizarse con el acompañamiento de un profesional geotecnista responsable y se puede considerar de manera complementaria a las siguientes acciones de conservación del *Capítulo 1 Conservación del Derecho de Vía* del MCV-2015 (o su equivalente en su versión vigente): *Sección 104 Remoción de materiales sueltos en taludes, Sección 105 Perfilado manual de taludes, Sección 106 Estabilización de taludes*.

El costo de esta actividad incluye los estudios, ensayos en sitio y el diseño de las soluciones definitivas, mismas que deben contar con la aprobación de la Administración antes de iniciar con la ejecución de las obras. Se ejecutará esta actividad en lugares aprobados por la Administración, preferiblemente antes de la temporada de lluvias con el fin de prevenir situaciones de inestabilidad.

La actividad de conservación *617 Protección de riberas* se puede separar según el tipo de protección a utilizar en los siguientes procedimientos:

- 617.07: Protección de riberas mediante gaviones
- 617.08: Protección de riberas mediante colchones para revestimiento
- 617.09: Protección de riberas mediante enrocados (escolleras)
- 617.10: Protección de riberas mediante concreto ciclópeo
- 617.11: Protección de riberas mediante zampeados

- 617.12: Protección de riberas mediante revestimientos de sacos de suelo
- 617.13: Protección de riberas mediante revestimientos de colchones industriales
- 617.14: Protección de riberas mediante revestimientos de hiladas de bloques de concreto

617.03 Criterio de ejecución

La actividad *617 Protección de riberas* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado. La determinación del nivel de deterioro y el tipo de intervención, será según la metodología de evaluación que determine la Administración, no obstante, como referencia, pero sin limitarse a ello, se deben considerar los siguientes aspectos para justificar las intervenciones que se proponen en esta sección:

- Cambios de forma de la ribera: irregularidades en orilla respecto de su condición original.
- Erosión en la ribera.
- Inestabilidad de taludes de la ribera o en rellenos de los accesos de aproximación por efecto de la erosión.

Es importante inspeccionar periódicamente las riberas de los ríos en las zonas adyacentes a los puentes, 50 m aguas arriba y 50 m aguas abajo del puente, y, en los sitios en donde la plataforma de la vía está cerca de la orilla de los ríos, con el fin de cuantificar e identificar el tipo de deterioros en las riberas.

En el caso de que como resultado de las auscultaciones e inspecciones, realizadas por un especialista en inspección de puentes o un geotecnista a través de una *Inspección detallada*, se determine la necesidad de una obra nueva de retención o refuerzo, una pérdida importante de las condiciones estructurales de una obra de retención o refuerzo existente o más bien la extensión y complemento de ésta, tales intervenciones, una vez aprobada por la Administración, deberán ser atendidas y pagadas, en lo que corresponda y según sea, de acuerdo con lo indicado en la Sección 106 Estabilización de taludes del MCV-2015.

617.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 17-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 17-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 617

Material	Apartado del CR-2020
Escolleras (Riprap)	251.02
Muro de gaviones y colchones para revestimiento (materiales)	253.02
Concreto estructural (materiales)	552.02

Tabla 17-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 617

Material	Apartado del CR-2020
Rocas para gaviones y colchonetas	705.01
Lechada (relleno fluido)	725.22
Geosintéticos	714
Material de relleno	704.03
Materiales para muros estructurales y muros de relleno reforzado	720

617.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son: tractores, equipo de excavación seleccionado según el caso, equipo topográfico, herramientas manuales y específicas para armado de mallas de gaviones, cargadores frontales, una cámara fotográfica, GPS y cualquier otro equipo o herramienta especificado por la Administración.

617.06 Procedimiento de ejecución general

El proceso constructivo a seguir depende de la solución técnica aprobada por la Administración, la cual deberá ser realizada por un especialista (geotecnista o ingeniero con experiencia comprobada en estructuras de puentes y en este tipo de reparaciones). Dicho especialista deberá definir si la solución técnica presentada corresponde a una solución definitiva o si corresponde a una solución temporal, en cuyo caso deberá definir la temporalidad de la misma para que una solución definitiva pueda ser planeada y ejecutada de manera oportuna por la Administración.

Antes de iniciar con los trabajos, se deben tener todas las consideraciones indicadas en el *Punto 10 Consideraciones socio-ambientales* de las *Generalidades Aplicables* de las presentes especificaciones de conservación. Asimismo, deberán tramitar los respectivos permisos por parte del Departamento de Aguas del MINAE.

En caso de ser necesario realizar tareas de conservación complementarias en relación con los taludes que presenten problemas de inestabilidad, desprendimiento de materiales, o falla parcial, es necesario aplicar previamente o en manera conjunta los procedimientos de conservación del Capítulo 1 Conservación del derecho de vía del MCV-2015 (o su equivalente en su versión vigente) en relación a taludes. Lo anterior, de forma tal que se pueda diseñar una solución integral y permanente para solventar los problemas de inestabilidad que puede generarse en las zonas en contacto con el cauce.

En los casos en los que sea necesario, se debe disponer de la topografía necesaria que permita ubicar y levantar los límites de la obra en sitio de acuerdo con la solución técnica aprobada y lo indicado en la *Sección 152 Topografía para la construcción* del CR-2020. Deberá también, a través de la topografía definirse aspectos como la inclinación de los taludes y las cotas de fundación y de coronamiento de la estructura. Finalmente, se deberá preparar la zona del proyecto delimitada que será intervenida, extrayendo la capa vegetal, troncos, raíces, suelo orgánico, entre otros, según lo especificado en la *Sección 201 Limpieza y desmonte* del CR-2020.

617.07 Procedimiento: Protección de riberas mediante gaviones

El procedimiento *protección de riberas mediante gaviones* deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 253 Muro de gaviones y colchones para revestimiento* del CR-2020. Asimismo, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Esta actividad se deberá desarrollar, en lo que corresponde, según lo que establece la *Sección 253 Muro de gaviones y colchones para revestimiento* del CR-2020, para lo cual y para dar una idea del procedimiento, éste se resume a continuación:

    a) El diseño del muro, planos constructivos y memorias de cálculo deberán estar a cargo de un profesional en geotecnia y deberá contar con la aprobación previa por parte de la Administración, antes de iniciar con las obras.

    b) En caso de que se requiera la construcción de la cimentación de la obra deberá ejecutarse de acuerdo con lo dispuesto en los planos o solución técnica propuesta por un especialista en estructuras y revisada por un geotecnista.

    c) En caso de ser necesario, debe de realizarse una evaluación del fondo de la excavación para verificar que el suelo tenga las características consideradas en el diseño. Los trabajos de excavación y relleno deben efectuarse de acuerdo con la *Sección 208 Excavación y relleno para estructuras* mayores del CR-2020.

    d) Realizar la selección, cargue y transporte de la roca para gaviones al sitio de la preparación del muro a realizar. Estas rocas deberán estar conformes a lo indicado en la *Subsección 705.01 Roca para gaviones y colchonetas* del CR-2020.

    e) El Contratista deberá entregar a la Administración, la certificación de la calidad de la malla provista por el fabricante, para su aprobación.

    f) El ensamblaje y llenado de los gaviones deberá realizarse cumpliendo los requisitos establecidos en la norma ASTM D7014 y conforme a lo indicado en la *Subsección 253.05 Levantamiento de la estructura*, la S*ubsección 253.06 Relleno de las celdas* y la *Subsección 253.07 Relleno detrás de la estructura* del CR-2020.

    g) Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten el cuerpo de agua, las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

617.08 Procedimiento: Protección de riberas mediante colchones para revestimiento

El procedimiento *protección de riberas mediante colchones* de revestimiento deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 253 Muro de gaviones y colchones para revestimiento* del CR-2020 o su versión vigente. Asimismo, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Esta actividad se deberá desarrollar, en lo que corresponde, según lo que lo que establece la *Sección 253 Muro de gaviones y colchones para revestimiento* del CR-2020 o su versión vigente. En general, para dar una idea del procedimiento, éste se resume a continuación:

    a) El diseño del muro, planos constructivos y memorias de cálculo deberán estar a cargo de un profesional en geotecnia y deberá contar con la aprobación previa por parte de la Administración, antes de iniciar con las obras.

    b) Realizar la selección, cargue y transporte de la roca para gaviones al sitio de la preparación de los colchones de revestimiento. Estas rocas deberán estar conformes a lo indicado en la *Subsección 705.01 Roca para gaviones y colchonetas* del CR-2020.

    c) El Contratista deberá entregar a la Administración, la certificación y especificaciones de la calidad de la malla provista por el fabricante, para su aprobación.

    d) La fabricación y colocación del colchón de revestimiento se hará de acuerdo con la *Subsección 253.08 Colchones para revestimiento* del CR-2020. En general, deberá colocarse un geotextil para drenaje, para posteriormente construir el colchón de acuerdo con las *Subsecciones 253.04 Ensamble de los gaviones*, *253.05 Levantamiento de la estructura* y *253.06 Relleno de las celdas* del *CR-2020.* Se deberá anclar el colchón y colocar un geotextil en los bordes verticales del colchón y se colocará el relleno sobre el geotextil, utilizando material de relleno u otro material aprobado. Los colchones se deberán sobrellenar en 25 mm a 50 mm de la cota superior.

2. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten el cuerpo de agua, las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

617.09 Procedimiento: Protección de riberas mediante enrocados (escolleras)

El procedimiento *protección de riberas mediante enrocados (escolleras)* deberá atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 251 Escolleras (Riprap)* del CR-2020. Asimismo, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Para esta actividad se deberá acatar, en lo que corresponde, la *Sección 251 Escolleras (Riprap)* del CR- 2020. En general, se resumen los lineamientos que deben ser considerados a continuación:

   a) El diseño de la escollera debe estar a cargo de un profesional en geotecnia y contar con la aprobación previa por parte de la Administración, antes de iniciar con las obras. En el diseño, debe definirse el tipo de escollera a utilizar según los tipos definidos en la Tabla 705-1 del CR-2020.

   b) En caso de ser necesario, se deberán elaborar los trabajos de excavación requeridos, según se indica en la *Sección 208 Excavación y relleno para estructuras mayores* del CR-2020. El talud debe recubrirse de manera que se produzca una superficie lisa.

   c) En los casos en los que el trabajo incluya la colocación de un geosintético, el tipo de geosintético a utilizar deberá escogerse según la *Sección 714 Geosintéticos* del CR-2020, mientras que la colocación deberá realizarse según lo indicado en la *Sección 207 Geotextiles para movimientos de tierra* del CR- 2020.

   d) En los casos en los que se especifique la escollera colocada, que podrá consistir de varias capas de roca que formen una masa bien graduada, según indiquen los estudios y diseños, debe colocarse sin que cause segregación, se dañe la superficie preparada y maximizando la trabazón entre bloques, según la *Subsección 251.04 Escollera colocada* del CR-2020.

   e) En los casos en los que se especifique la escollera compactada, está deberá realizarse sobre bloques de roca colocados de acuerdo con la *Subsección 251.04 Escollera colocada* del CR-2020, mientras que el proceso de compactación deberá de realizarse ya sea mediante presión hidráulica o compactación dinámica, según lo indicado en la *Subsección 251.05 Escollera compactada* del CR-2020.

   f) En los casos en los que se especifique la escollera con lechada de cemento hidráulico, la colocación de las rocas deberá colocarse de conformidad con la *Subsección 251.04 Escollera colocada* o la *Subsección 251.05 Escollera* compactada del CR-2020, según indiquen los documentos del proyecto. La colocación de la lechada deberá realizarse según lo indicado en la *Subsección 251.06 Escollera con lechada de cemento hidráulico* del CR-2020, humedeciendo previamente las rocas exhaustivamente y lavando el exceso de finos existentes en la parte inferior de la escollera. Asimismo, se debe colocar la lechada de manera tal que se prevenga su segregación, realizando la colocación en capas que no excedan un espesor de 1,5 m en roca colocada o compactada sobre una superficie preparada, con los vacíos llenos con lechada de cemento hidráulico, el cual deberá construirse según la *Subsección 251.06 Escollera con lechada de cemento hidráulico* del CR-2020. Es importante dejar agujeros de drenaje a través del enrocado para permitir la evacuación de agua según indique el diseño de la escollera.

2. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten el cuerpo de agua, las obras de

drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

617.10 Procedimiento: Protección de riberas mediante concreto ciclópeo

El procedimiento *protección de riberas mediante concreto ciclópeo* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Para la realización de esta actividad se deberá atender lo que establecen los estudios y diseños, así como las indicaciones de los fabricantes de los materiales manufacturados que se utilicen; y al menos lo siguiente:
   a) El diseño del muro debe estar a cargo de un profesional en geotecnia y contar con la aprobación previa por parte de la Administración, antes de iniciar con las obras.

   b) La elaboración de la cimentación de la obra deberá ejecutarse de acuerdo con lo dispuesto en la *Subsección 106.05.02.5 (h) Muro de concreto ciclópeo* del MCV-2015.

   c) La fabricación y colocación del concreto ciclópeo se hará de acuerdo con la *Subsección 106.05.02.5 (h) Muro de concreto ciclópeo* del MCV-2015.

   d) Se deberán instalar los drenajes de acuerdo con lo dispuesto en la *Subsección 106.05.02 5 (c) Muro de concreto ciclópeo* del MCV-2015.

   e) El curado del concreto ciclópeo se deberá ejecutar de acuerdo con lo dispuesto en la *Subsección 106.05.02.5 (h) Muro de concreto ciclópeo* del MCV-2015.

   f) No se debe aplicar ninguna carga exterior sobre o contra el muro durante mínimo 14 días después de haber terminado el trabajo.

2. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten el cuerpo de agua, las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

617.11 Procedimiento: Protección de riberas mediante zampeados

El procedimiento *protección de riberas mediante zampeados* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Para la realización de esta actividad se deberá atender lo que establecen los estudios y diseños, así como las indicaciones de los fabricantes de los materiales manufacturados que se utilicen; y al menos lo siguiente:
   a) Limpiar la superficie que se desea recubrir.

   b) De ser necesario, o si la Administración lo aprueba, la superficie deberá de ser compactada según lo establezca el proyecto.

c) Para el caso de la utilización de mampostería unida con mortero, de suelo-cemento o de concreto hidráulico colado en sitio, la superficie sobre la cual descansará el zampeado se deberá mantener húmeda una vez finalizada la limpieza hasta que la misma sea recubierta.

d) No será permitido, sin excepción, la fabricación de mezclas sobre las superficies de rodamiento o acotamientos. Se debe procurar que el pavimento no se manche durante el proceso de elaboración, manipulación y colocación de las mezclas.

e) Construcción del zampeado con mampostería:

- Se podrá utilizar mampostería de roca o bloque con juntas de mortero o con juntas rellenas con materiales secos.
- Cuando se utilice mampostería de roca, estas deberán estar húmedas antes de colocarlas.
- Cuando se utilicen rocas, estas se deben de ubicar de forma desordenada sobre la capa de mortero previamente colocada, procurando rellenar de la mejor forma posible el espacio formado por las rocas contiguas.
- Al usar rocas, llenar las juntas entre las rocas con mortero, detallándolo al ras de la superficie, antes que éste endurezca.
- Para el caso en que se utilice la mampostería con juntas rellenas con materiales secos, se debe procurar que la superficie de contacto sea la mayor posible entre unas y otras.
- Si el zampeado se realiza con mortero, se debe mantener húmeda la superficie por al menos 3 días luego de haberse terminado las juntas.
- Para la utilización de mampostería con juntas rellenas con materiales secos, se debe de llenar las juntas con material arcillo-arenoso una vez colocadas las rocas.
- La tolerancia para el espesor del zampeado con mampostería es de ± 5 cm.

f) Construcción del zampeado con suelo-cemento:

- El espesor y la proporción del suelo-cemento, serán los que establezca el proyecto o apruebe la Administración.
- Los materiales se mezclarán en el lugar o en planta, preferentemente en seco, posteriormente se agregará el agua, mezclándolos nuevamente hasta lograr una mezcla homogénea.
- La mezcla se colocará extendiéndola uniformemente hasta obtener el espesor que establezca el proyecto o apruebe la Administración.
- La mezcla extendida se apisonará de acuerdo con lo establecido en el proyecto o aprobado por la Administración.

- Inmediatamente después del apisonado del suelo-cemento, se curará conforme a lo establecido en el proyecto o aprobado por la Administración.

- La tolerancia para el espesor del zampeado con suelo-cemento es de ±2 cm.

2. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten el cuerpo de agua, las obras de drenaje la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

617.12 Procedimiento: Protección de riberas mediante revestimientos de sacos de suelo

El procedimiento *protección de riberas mediante revestimientos de sacos de suelo* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Para la realización de esta actividad que es un sistema temporal de protección (ver lo indicado en *617.06 Procedimiento de ejecución general*), se deberá atender lo que establecen los estudios y diseños, así como las indicaciones de los fabricantes de los materiales manufacturados que se utilicen; y al menos lo siguiente:

   a) Los sacos recomendados para este proceso de revestimiento son los sacos tejidos fabricados generalmente de yute u otro material aprobado por la Administración.

   b) Se debe evitar el sobrellenado de los sacos, éstos deben alcanzar un tercio de la capacidad de su volumen.

   c) Para evitar la filtración de la arena se deberá doblar una de las esquinas del extremo abierto del saco a 45 grados. Este doblez debe de realizase en dirección opuesta a la fuente de agua.

   d) Cuando se procede con la colocación de los sacos, se debe procurar colocar cada uno de ellos sobre el extremo doblado del saco colocado anteriormente, traslapando al menos una tercera parte del mismo y presionar fuerte.

   e) Cuando se coloca la siguiente capa de sacos, se debe procurar escalonar sobre las costuras de los sacos de la capa anterior.

   f) Para lograr una estructura compacta, se debe presionar fuertemente todas las capas de sacos.

   g) El extremo abierto del último saco de cada una de las líneas, se debe doblar hacia abajo y presionar fuertemente en su lugar. Para lograr una buena apariencia, se recomienda colocar todos los sacos con la misma orientación. Si se utilizan sacos de diferentes tamaños, se debe procurar colocar los más grandes en la parte inferior y en la parte superior los más pequeños.

2. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten el cuerpo de agua, las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

617.13 Procedimiento: Protección de riberas mediante revestimientos con geocolchones industriales

El procedimiento *protección de riberas mediante revestimientos con geocolchones industriales* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Para la realización de esta actividad que es un sistema temporal de protección (ver lo indicado en *617.06 Procedimiento de ejecución general*), se deberá atender lo que establecen los estudios y diseños, así como las indicaciones de los fabricantes de los materiales manufacturados que se utilicen; y al menos lo siguiente:

    a) Colocar el geotextil que haya sido especificado por el especialista y aprobado por la Administración, entre el terreno y los geocolchones, para evitar que el material fino de relleno que se encuentra detrás de la estructura se filtre a través del geocolchón. El geotextil deberá ser no tejido y cumplir con los requisitos mecánicos, según la clase definida, establecidos en la *Subsección 714.01 Geotextiles* y con los requisitos específicos de la *Subsección 714.01.01 Separación y filtro* del CR-2020.

    b) La roca del relleno deberá ser de buena calidad, libre de grietas y sustancias extrañas, sin exceder en un 35% la abrasión (según AASHTO T 96) y de acuerdo con lo establecido en la *Sección 705.02 Rocas para protección de taludes (Riprap)* del CR-2020.

    c) Colocar el geocolchón en una superficie plana y firme para estirarlo y abrirlo, verificar que se encuentre en la posición correcta.

    d) Las aberturas de las geomallas que componen el geocolchón serán rectangulares, los nudos serán integrales o rígidos de color negro para protegerla de la degradación por los rayos ultravioleta.

    e) Se deben coser las esquinas de los lados frontales del geocolchón, y luego las esquinas de la cara posterior.

    f) Los diafragmas internos de los lados frontal y posterior del geocolchón también se deberán coser.

    g) Cuando se está cosiendo una arista del geocolchón, se debe de pasar la cuerda 2 veces por cada abertura por los bordes que se desea unir. Atar la cuerda de manera segura, girando los finales de la cuerda al interior del geocolchón. Cuando se está cociendo una geomalla con abertura pequeña se debe enlazar la cuerda una vez por

cada abertura. La longitud de la cuerda para la costura no debe exceder los 2 m ni ser menores a 1 m. Colocar las rocas dentro de la geomalla de forma que se minimice el contenido de vacíos.

h) Posterior al llenado del primer compartimiento, se debe llenar el segundo a la mitad para proceder al ajustado de la malla de tapa de manera temporal en las esquinas, para luego coser todos los bordes.

i) Cuando se coloquen geocolchones adyacentes en la estructura, se debe coser todos los extremos usando dos vueltas de cuerda por abertura.

j) El geocolchón armado en su posición final deberá estar acorde con lo dispuesto en los planos.

2. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten el cuerpo de agua, las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

617.14 Procedimiento: Protección de riberas mediante revestimientos de hiladas de bloques de concreto

El procedimiento *protección de riberas mediante revestimientos de hiladas de bloques de concreto* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Para la realización de esta actividad que es un sistema temporal de protección, se deberá atender lo que establecen los estudios y diseños, así como las indicaciones de los fabricantes de los materiales manufacturados que se utilicen; y al menos lo siguiente:

   a) Se deberá preparar la zona delimitada donde se colocará el revestimiento, extrayendo la capa vegetal y el suelo orgánico según lo especificado en la *Sección 201 Limpieza y desmonte* del CR-2020.

   b) Colocar una capa de material de grava como filtro o un geotextil de acuerdo con lo que haya sido especificado por el especialista y aprobado por la Administración. El geotextil deberá ser no tejido y cumplir con los requisitos mecánicos, según la clase definida, establecidos en la *Subsección 714.01 Geotextiles* y con los requisitos específicos de la *Subsección 714.01.01 Separación y filtro* del CR-2020.

   c) La superficie donde se colocará la hilada de bloques deberá encontrarse uniforme y libre de desniveles. Una práctica recomendada para este proceso es compactar la superficie antes de la colocación del geotextil y los bloques.

d) Para aquellos bloques que se encuentren por encima del nivel donde se encuentre el agua, se deben llenar las juntas con suelo, además, se sugiere la siembra de vegetación entre los bloques para evitar la erosión.

e) En los bordes del revestimiento es importante la prevención de la socavación, para ello, se puede implementar un sistema de vigas perimetrales de concreto reforzado, o proceder a enterrar aquellos bloques que se encuentren en los bordes.

f) El tamaño de los bloques será el mostrado en planos o el seleccionado por el Contratista, siempre que el mismo haya sido aprobado por la Administración.

g) Bloques simples de concreto con pega con concreto:

- Los bloques simples pueden colocarse libremente sobre el talud apoyándose por su peso propio y su fricción.
- Los bloques deberán estar entrelazados para dar una mayor estabilidad.
- Rellenar los espacios vacíos entre los bloques con concreto de alta resistencia (el cual debe contar con un agregado de tamaño máximo de 19 mm), lo cual provoca un comportamiento muy similar al de revestimiento de concreto ya que genera una estructura monolítica.
- Se requiere la construcción de drenajes de 75 mm de diámetro con un espaciamiento horizontal máximo de 1.8 m y vertical de 3.0 m y con un sistema de protección con un filtro de geotextil. Las pendientes de los taludes de las riberas a tratar con este sistema no deben exceder 1.5H:1V.

h) Adoquines colocados manualmente:

- El revestimiento con adoquines entremetidos es usado en taludes con pendientes menores a 1H: 1V.
- Utilizar sobre geotextil o sobre grava arcillosa.
- Se deberá construir un apoyo de concreto en el pie para la colocación de los adoquines.
- Colocar pasto o vegetación sobre los bloques.
- Instalar un sistema de drenaje adecuado en la base por medio de un filtro granular o geotextil.
- Colocar anclajes por medio de vigas enterradas de concreto para evitar el deslizamiento de los bloques talud abajo.

2. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten el cuerpo de agua, las obras de

drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

617.15 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Gaviones: metro cúbico (m^3), medido en su posición final.
2. Colchones revestidos: metro cuadrado (m^2) medido sobre la superficie.
3. Escolleras: metro cúbico (m^3) colocado en sitio y en su condición terminada. En los casos en los que la Administración lo considere necesario, podrá evaluar el trabajo en toneladas métricas (Tm).
4. Sacos de suelo: kilogramo (kg) por saco.
5. Colchones industriales: metro cuadrado (m^2) medido sobre su superficie.
6. Hiladas de bloque de concreto: unidad (ud) colocada.
7. Acero de refuerzo: kilogramos (kg).
8. Muros de concreto ciclópeo: metro cúbico (m^3) en su posición final colocado, compactado y acabado.

617.16 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 17-02.

Tabla 17-02. Renglones de pago para protección de riberas

Ítem	Renglón de pago	Unidad
CR.208.02	*Relleno de fundación*	m^3
CR.253.01	*Gaviones galvanizados*	m^3
CR.253.02	*Gaviones revestidos con PVC*	m^3
CR.256.01	*Anclaje permanente en el suelo*	*m*
CR.253.03	*Colchones para revestimiento, revestido con PVC*	m^2
CR.251.01	*Escollera clase _____*	m^3
CR.251.01	*Escollera clase _____*	*Tm*
CR.255.04	*Capa niveladora de concreto hidráulico*	m^3
CV.106.07	*Concreto ciclópeo*	m^3
MP.617.01	*Colchones industriales*	m^2
MP.617.02	*Hiladas de bloques de concreto*	*ud*

SECCIÓN 618: REPARACIÓN DE PUENTES DE MADERA MEDIANTE REPOSICIÓN DE ELEMENTOS DE MADERA Y HERRAJES

618.01 Objetivo

Recuperar y mantener las condiciones estructurales y funcionales de los puentes de madera, para evitar que se produzcan daños mayores en sus elementos y así garantizar el tránsito y la seguridad de los usuarios.

618.02 Alcance

Esta actividad consiste en ejecutar los trabajos necesarios para el retiro y reposición de herrajes y elementos de puentes de madera. Asimismo, consiste en ejecutar los trabajos relacionados al acarreo, suministro, almacenamiento, preparación y colocación de elementos estructurales nuevos y la reconstrucción (sustitución) parcial o total de aquellos elementos deteriorados en estructuras de puentes de madera, lo cual incluye la reposición parcial o total de vigas, tableros, tablones de rodamiento, pasillos, aceras, guardarruedas, bastiones, pilotes y otros elementos, así como el re-clavado y re- empernado de todos los elementos que conforman la estructura, incluyendo el herraje y otras piezas metálicas menores. Reparaciones en barandas de madera deben ser reportadas y tratadas mediante los procedimientos de la actividad de conservación *603: Reparación parcial o total de barreras* y no mediante el presente procedimiento.

El costo de esta actividad incluye, adicionalmente a la ejecución de los trabajos, los estudios, ensayos en sitio y el diseño de las soluciones definitivas, mismas que deben contar con la aprobación de la Administración antes de iniciar con la ejecución de las respectivas obras. Todas las actividades deben ser planificadas de una manera efectiva, económica y periódica, de acuerdo con las condiciones de la estructura del puente.

La actividad de conservación *618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes* se puede separar según el tipo de reparación que sea requerida en los siguientes procedimientos:

- 618.07: Reparación o reposición de elementos de madera
- 618.08: Suministro y colocación de herrajes y otros accesorios

618.03 Criterio de ejecución

La actividad *618 Reparación de puentes de madera mediante reposición y adición de elementos de madera y herrajes* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado. Se deberá inspeccionar periódicamente el estado y la condición de los puentes de madera. La ejecución de los trabajos se realizará dentro de los plazos programados para la conservación periódica o en el menor tiempo posible, a partir de la observación de defectos que puedan afectar la seguridad o la transitabilidad de los usuarios.

La determinación del nivel de deterioro y el tipo de intervención, será según la metodología de evaluación que determine la Administración, no obstante, como referencia, pero sin limitarse a ello, se deben considerar los siguientes aspectos para justificar las intervenciones que se proponen en esta sección:

- Deterioro del recubrimiento superficial: Si se presentan daños en la superficie de recubrimiento o pérdida total de ésta (sin llegar a un deterioro más profundo que afecte la integridad del elemento), que de no atenderse inmediatamente puede generar el inicio del proceso de degradación abiótica (por efectos atmosféricos, mecánicos o químicos) o biótica (hongos, pudrición e insectos), éstos se deberán atender de acuerdo con la *Sección 613 Preparación y protección de superficies y elementos de puentes* de estas especificaciones de conservación.

- Agrietamiento o hinchamiento: Causado principalmente por cambios bruscos de temperatura o humedad (por ejemplo, cuando la madera está húmeda y seguidamente le da el sol); o bien porque el proceso previo secado de la madera fue inadecuado, razones por las cuales se presentan cambios dimensionales que generan grietas o hinchamiento, que favorecen los ataques de insectos y hongos.

- Pandeo: Causado por hinchamiento o deterioro.

En la Figura 18-01 se puede observar la necesidad de la reposición de los tablones de madera para conformar nuevamente las superficies de desgaste para las huellas de los vehículos en el tablero del puente sobre el río Pírris en la Ruta Nacional n.° 226.



Figura 18-01. Necesidad de reposición de tablones para huellas en tablero de puente sobre río Pírris en la Ruta Nacional n.° 226
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2015

618.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 18-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 18-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 618

Material	Apartado del CR-2020
Estructuras de madera (material)	557.02
Materiales para estructuras de madera	716
Herraje	716.02

618.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: herramientas específicas para carpintería y para herrajes y una cámara fotográfica, GPS y cualquier otro equipo o herramienta especificado por la Administración.

618.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 557 Estructuras de madera* y *Sección 716 Materiales para estructuras de madera* del CR-2020.

Previo a realizar cualquiera de los procedimientos descritos en las Subsecciones 618.07 o 618.08 el Contratista deberá realizar, como mínimo, pero sin limitarse a ello, los pasos descritos a continuación:

1. El Contratista elaborará y presentará a la Administración el programa de los trabajos a realizar en la estructura, incluyendo planos del proyecto de reparación y una memoria de cálculo con la evaluación estructural del comportamiento de la estructura durante la intervención, presentando, en caso de que aplique, la redistribución de cargas durante la ausencia de la pieza o piezas que serán intervenidas. Presentará también, la relación de equipos, herramientas, accesorios, materiales necesarios, personal especializado y medidas de seguridad adicional durante la instalación de los elementos, así como los seguros de personal y montaje. La aprobación de la Administración no exime al Contratista de su responsabilidad por la seguridad de su método y por el funcionamiento adecuado de sus equipos. La presentación del programa deberá ser con la anticipación suficiente para que la Administración la revise y apruebe si es consistente.

2. En general, las piezas de madera estructural deberán estar libres de descomposición, nudos, partiduras y encorvaduras múltiples, las que sólo se aceptarán en un plano. Las grietas de secado no serán motivo de rechazo. Toda la madera deberá ser tratada con un preservante u otro sistema aprobado por la Administración, según se indica en la *Subsección 557.04 Madera tratada* del CR-2020 o su versión vigente.

3. La madera en la obra se mantendrá apilada a una altura sobre el suelo no inferior a 0,40 m, de manera de reducir al mínimo la inducción de defectos tales como deformaciones, grietas, rajaduras, manchas y pudrición incipiente. Se deberá asegurar una protección eficaz contra el sol y la lluvia.

618.07 Procedimiento: Reparación o reposición de elementos de madera

El procedimiento *reparación o reposición de elementos de madera* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar y marcar todas las piezas o elementos que deben retirarse para ser cambiados y, solo, proceder a su retiro cuando estén listas las piezas reemplazantes, previa aprobación de la Administración.

2. Cortar las piezas de madera con exactitud para ensamblarse con un buen ajuste, de manera que las uniones presenten un asiento uniforme sobre toda la superficie de contacto. Las entalladuras y las uniones de caja y espiga deberán calzar en forma estrecha; en las uniones no se aceptarán suples ni separaciones.

3. Los tablones para el piso del tablero deberán tener el grado estructural requerido por los documentos contractuales y ser cepilladas las cuatro caras. En los pisos simples, consistentes en un único estrato de tablones apoyados sobre durmientes (bazas) o vigas, éstos deben disponerse con el corazón hacia abajo, separados 6 mm entre sí cuando la madera está seca, y en contacto estrecho si está verde. Deberá controlarse el espesor de los tablones de manera que, una vez colocados, las diferencias sugeridas entre dos piezas adyacentes, no superen los 2 mm.

4. En los pisos dobles, consistentes en dos capas de tablones, apoyados sobre durmientes o vigas, la capa superior podrá disponerse en forma diagonal o paralela a la calzada, según se especifique. Los empalmes entre piezas deberán desplazarse al menos en 0,90 m. En los extremos del puente estas piezas deben biselarse. Se deberá nivelar y cepillar la superficie de manera que quede completamente lisa y nivelada.

5. Hincar los clavos con una fuerza calibrada, de manera que las cabezas queden a ras de la superficie de la madera; la aparición reiterada de marcas profundas de martillo se considerará como evidencia de mano de obra ineficiente. Cuando se utilice perforación guía para los clavos, ésta no deberá tener un diámetro mayor que el 80% del diámetro del clavo por colocar.

6. Todos los agujeros para pernos, perforados con posterioridad al tratamiento preservante deberán ser tratados con el mismo preservante utilizado para la madera,

utilizando el equipo adecuado para asegurar una aplicación apropiada. Algunos preservantes y solventes usados son inflamables y tóxicos, por lo que su manipulación y aplicación deberá efectuarse guardando las debidas medidas de seguridad.

7. Las barandas serán atendidas de conformidad con la *Sección 603 Reparación parcial o reposición total de barandas de puentes*, de estas especificaciones de conservación y se pagará de conformidad con el renglón de pago que establece dicha sección.

8. Para el caso en el que la superestructura del puente incluya cables y torres, éstos se deberán atender de acuerdo con lo indicado en el Contrato y la Administración.

9. Para el caso de elementos de la subestructura, cuando las piezas tratadas con preservante deban colocarse en contacto con aguas infestadas por horadadores marinos (también denominadas aguas de mar), se evitarán todo tipo de recortes, perforaciones o ensambles carentes de un adecuado tratamiento. En los demás casos, los agujeros para pernos perforados con posterioridad al tratamiento preservante deberán ser tratados con el mismo preservante utilizado para la madera utilizando el equipo adecuado para asegurar una aplicación apropiada.

10. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

618.08 Procedimiento: Suministro y colocación de herrajes u otros accesorios

El procedimiento *suministro y colocación de herrajes y otros accesorios* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar y marcar todos los herrajes, pernos, cabillas, espigas, arandelas o demás elementos que deben retirarse para ser cambiados o que se encuentran ausentes, solo, proceder a su retiro cuando estén listas las piezas reemplazantes, previa aprobación de la Administración.

2. Los pernos comunes, cabillas y espigas, podrán ser de hierro forjado o de acero grado intermedio. Las arandelas deberán ser de hierro colado de segunda fusión o de fundición maleable, a no ser que en los planos se especifiquen arandelas cortadas de lámina de hierro forjado o de acero grado intermedio. Los pernos deberán tener cabezas y tuercas cuadradas, a no ser que se estipule de otro modo. Los clavos deberán ser cortados o redondeados de forma estándar según lo especificado. Todo el herraje deberá ser protegido adecuadamente contra la oxidación.

3. Se deben utilizar arandelas debajo de las cabezas de los pernos y tuercas en contacto con la madera. Las arandelas de hierro forjado deben tener un diámetro de aproximadamente tres veces el diámetro del perno. Cuando la madera está en contacto con el terreno, se

deben utilizar arandelas de hierro colado. Utilizar arandelas cuadradas sólo cuando se indica en los planos contractuales.

4. Los pernos con una longitud en exceso de 25 mm o más deben cortarse. Después del ajuste final se deben revisar o quitar las rebabas con una herramienta puntiaguda para prevenir que las tuercas se aflojen.

5. Las tuercas y los pernos se deben avellanar cuando se especifica en el contrato. Los excesos que se forman debido al avellanado deben pintarse con un preservante aprobado. Luego de que los pernos o tornillos están colocados en su lugar, se deben rellenar los agujeros con resina caliente u otro sellador aprobado.

6. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

618.09 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Reparación parcial de superestructura o subestructura: metro cúbico (m^3). En el caso de que el responsable por parte de la Administración lo considere conveniente, puede cuantificar y medir los trabajos en metros lineales (m), identificando las dimensiones de los elementos de madera a reponer o instalar.
2. Suministro y colocación de herrajes u otros accesorios: kilogramo (kg). En el caso de que el responsable por parte de la Administración lo considere conveniente, puede cuantificar y medir los trabajos de acuerdo con la unidad (ud) de herrajes u otros accesorios instalados.

618.10 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 18-02.

Tabla 18-03. Renglones de pago para reparación de puentes de madera mediante reposición de elementos de madera y herrajes

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.618.01	*Reparación de elementos de madera en puentes*	*m^3*
MP.618.02	*Reparación de elementos de madera en puentes*	*m*
MP.618.03	*Suministro y colocación de herrajes u otros accesorios*	*kg*
MP.618.04	*Suministro y colocación de herrajes u otros accesorios*	*ud*

Tabla 18-03. Renglones de pago para reparación de puentes de madera mediante reposición de elementos de madera y herrajes

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.618.05	*Sustitución de elementos de madera en puentes*	*m^3*
MP.618.06	*Sustitución de elementos de madera en puentes*	*m*

SECCIÓN 619: REPARACIÓN DE MUROS DE RETENCIÓN O DE REFUERZO

619.01 Objetivo

Reparar los muros de retención o de refuerzo para que cumplan con su función estructural de mantener la estabilidad del talud, dar protección a la plataforma del camino y brindar estabilidad o protección al cauce o a la obra mayor, según corresponda; garantizando la seguridad de los usuarios y la transitabilidad.

619.02 Alcance

Esta actividad consiste en la reparación de elementos defectuosos o daños presentes en los muros, de acuerdo con los detalles y dimensiones de los documentos contractuales. El alcance de los trabajos a realizar varía según el defecto presentado y el tipo de muro. A manera de ejemplo, la reparación de un muro seco o de mampostería de piedra sin mortero, se realiza colocando nuevamente las piedras con desplome y restituyendo las que falten. A su vez, la reparación de un muro de mampostería, se realiza generalmente colocando y pegando las piedras nuevamente con mortero de cemento hidráulico, o bien, la reparación de muros en gaviones incluye corregir los defectos que se encuentren en la malla de alambre, en las piedras o su colocación.

Independientemente del tipo de reparación, la actividad consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales necesarios para construcción. También se incluye en este trabajo, la preparación de las superficies de cimentación de los muros o rellenos de roca, en las cuales a veces es necesario ejecutar alguna excavación o relleno estructural, con el fin de fortalecer la estructura y evitar deformación. De igual forma, el suministro de mano de obra, suministro y acarreo de materiales, equipo y la ejecución de las operaciones necesarias, previamente aprobadas por la Administración.

La actividad de conservación *619 Reparación de muros de retención o refuerzo*, se puede separar según el tipo de muro que vaya a ser intervenido en los siguientes procedimientos:

- 619.07: Reparación de muro de contención en concreto ciclópeo
- 619.08: Reparación de muro de mampostería
- 619.09: Reparación de muro en gaviones
- 619.10: Reparación de muro de contención modular
- 619.11: Reparación de muro de contención de concreto reforzado
- 619.12: Reparación de muro cosido

619.03 Criterio de ejecución

La actividad *619 Reparación de muros de retención o refuerzo* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado. Esta actividad se debe

ejecutar durante la época seca preferiblemente, a menos que se trate de acometer una solución de emergencia, excepto en el caso de los muros de gaviones. El procedimiento *619.09 Reparación de muro en gaviones* deberá ser ejecutada cuando los gaviones se encuentren en mal estado, ya sea por ruptura o deterioro de la malla, por pérdida de rocas, por desplome o por destrucción parcial del muro.

619.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 19-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 19-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 619

Material	Apartado del CR-2020
Muro de gaviones y colchones para revestimiento (materiales)	253.02
Muros de retención de concreto reforzado (materiales)	258.02
Mampostería de piedra (materiales)	620.02
Concreto estructural (materiales)	552.02
Material de relleno	704.03
Base de apoyo	704.09
Rocas para protección de taludes (*Riprap*)	705.02
Tubería plástica	706.09
Geosintéticos	714
Materiales para muros estructurales y muros de relleno reforzado	720
Agua	725.01
Encofrados	725.27
Obras temporales (material)	562.02

619.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: palas, picos, carretillas, compactador vibratorio manual, serrucho, badilejo, barreta, mezcladora de concreto, vibrador de concreto, baldes de construcción, tanque para agua, herramientas para manipular mallas de alambre, una cámara fotográfica y cualquier otro equipo o herramienta sugerido por el fabricante del dispositivo de apoyo a utilizar o especificado por la Administración.

619.06 Procedimiento de ejecución general

En general, los procedimientos constructivos deberán atender en lo que corresponda, lo indicado en el CR-2020. Previo a realizar cualquiera de los procedimientos descritos en las Subsecciones

619.07, 619.08, 619.09, 619.10 o 619.11 el Contratista deberá realizar, como mínimo, pero sin limitarse a ello, los pasos descritos a continuación:

1. Se deberán identificar, de acuerdo con el diseño o con las condiciones existentes del muro, todos aquellos servicios públicos afectados que requieran ser reubicados, cuyo informe deberá contar, entre otros, con algunas fotografías referenciadas e indicación del tipo de servicio e institución responsable. Cada reubicación se deberá coordinar con la respectiva institución responsable, esto de acuerdo con el procedimiento indicado en el Contrato del proyecto o las directrices emitidas al respecto.

2. Antes de iniciar con los trabajos, se deben tener todas las consideraciones indicadas en el *Punto 10 Consideraciones socio-ambientales* de las *Generalidades Aplicables* de las presentes especificaciones de conservación. Asimismo, deberán tramitar los respectivos permisos por parte del Departamento de Aguas del MINAE.
3. Será responsabilidad del Contratista presentar a la Administración para su aprobación, la propuesta o la solución técnica para la ejecución de la reparación, de forma tal que se pueda garantizar la estabilidad del talud y del muro por reparar.

619.07 Procedimiento: Reparación de muro de contención de concreto ciclópeo

El procedimiento *reparación de muro de contención de concreto ciclópeo* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar y delimitar las partes defectuosas del muro.

2. Demoler el material defectuoso y retirar el material producto de la demolición, colocándolo en sitios que no afecten el entorno ambiental ni el drenaje de la vía.

3. Se debe humedecer la superficie de las piedras que serán utilizadas, en el caso de que sea necesario quitar el suelo orgánico, arcilla o cualquier materia extraña. En caso de que sus defectos no puedan ser removidos con agua y cepillo, estas piedras deberán ser rechazadas.

4. Se debe colocar el encofrado en caso de ser requerido.

5. Las piedras se deberán colocar formando hiladas regulares en la medida de lo posible. El tamaño máximo del agregado para el concreto ciclópeo es de 152 mm. La separación entre piedras no debe ser menor que 15 mm ni mayor que 30 mm. Las piedras de mayores dimensiones se deben colocar en las esquinas y en la base inferior. Las caras de mayor dimensión deben quedar en el plano horizontal. No se debe permitir rodar las piedras sobre el muro, ni golpearlas cuando ya hayan sido colocadas.

6. Se debe instalar los drenes utilizando tubería de PVC con un diámetro según se indique en los documentos contractuales.

7. Se debe rellenar completamente con el concreto y dejarlo secar con las protecciones técnicas del caso. Para este caso la resistencia a compresión del concreto a los 28 días debe ser de 13.7 MPa (140 kg/cm^2).

8. No se debe aplicar ninguna carga exterior sobre o contra el muro durante mínimo 14 días después de haber terminado el trabajo.

9. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

619.08 Procedimiento: Reparación de muro de mampostería

Esta actividad se deberá desarrollar, en lo que corresponde, según lo que lo que establece la *Sección 620 Mampostería de Piedra* del CR-2020. A continuación, se muestran las operaciones mínimas, pero sin limitarse a ellas, que se deben realizar como parte del procedimiento:

1. Se debe delimitar y demarcar las áreas deterioradas del muro que serán intervenidas.

2. Realizar la explotación, selección y preparación de las piedras, de acuerdo con lo indicado en los documentos contractuales, cumpliendo con lo especificado en la *Subsección 620.03 General* del CR-2020. Las piedras a utilizar deberán ser semejantes a las piedras del muro a reparar.

3. Se deben remover las piedras con desplome o que se encuentren en mal estado. Lo anterior, debe realizarse de forma tal que no se afecte el resto de piedras o componentes del muro que se encuentra en buen estado y no será intervenido.

4. Se debe realizar la reposición de las piedras de acuerdo con la *Subsección 620.04 Colocación de la piedra* del CR-2020. En general, la superficie de las piedras se debe humedecer antes de colocarlas, para quitar el suelo orgánico, arcilla o cualquier materia extraña. En caso de que sus defectos no puedan ser removidos con agua y cepillo, estas piedras deberán ser rechazadas. El espesor de las sisas horizontales y de las juntas de las piedras de revestimiento debe estar conforme con los requisitos que se muestran en la Tabla 620-1 Espesores de las sisas horizontales y juntas en la mampostería del CR-2020.

5. Se debe realizar, según sea el caso, la construcción de las juntas nuevas o la restauración de las juntas de acuerdo con lo indicado en la *Subsección 620.05 Elaboración de las juntas* del CR-2020. En el caso de la restauración, se debe remover el mortero desprendido de las juntas utilizando un cincel pequeño o una piqueta, un cincel neumático pequeño u otra herramienta apta para labrar juntas. Se debe retirar el mortero hasta una profundidad igual a 2 ½ veces el espesor de la junta. Antes de rellenar la junta, se deben humedecer las piedras adyacentes. Preparar el mortero de cemento en la proporción indicada en los documentos contractuales.

6. Las capas de asiento o sisas transversales de las paredes verticales deben ser horizontales (estar niveladas) y las capas de asiento o sisas de los muros inclinados pueden tener una dirección variada, según *Subsección 620.04 Colocación de la piedra* del CR-2020.

7. Se deberá realizar la construcción o conformación de las paredes según lo indicado en la *Subsección 620.06 Construcción de las paredes* del CR-2020. En general, se deben colocar las piedras de revestimiento siguiendo un patrón irregular y aleatorio para producir el efecto mostrado en los planos o documentos de la reparación. Se deben usar las piedras grandes en las primeras hiladas al pie del muro y piedras largas seleccionadas en las esquinas. La hilada de coronación se construirá según lo indicado en los planos. En caso de que no se exijan hiladas de coronación, la parte superior se debe finalizar con piedras que cubran el ancho del muro, con una altura mínima de 150 mm y una longitud entre 0,5 m y 1,5 m. En los extremos de los parapetos se deben utilizar piedras seleccionadas, ajustadas, alineadas y con las cabezas labradas.

8. Se deberán de revisar los agujeros de drenaje, los cuales deberán estar ubicados en los puntos más bajos donde se pueda obtener desagües libres y el espaciamiento centro a centro no debe ser mayor que 3 m, lo anterior según la *Subsección 620.06 Construcción de las paredes* del CR-2020.

9. No se debe aplicar ninguna carga exterior sobre o contra el muro durante mínimo 14 días después de haber terminado el trabajo.

10. Realizar los rellenos detrás del espaldón del muro según lo indicado en la *Subsección 258.06 Relleno* del CR-2020 o según se especifique en los documentos técnicos del proyecto.

11. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

619.09 Procedimiento: Reparación de muro de gaviones

Esta actividad se deberá desarrollar, en lo que corresponde, según lo que establece la *Sección 253 Muro de gaviones y colchones para revestimiento* del CR-2020. A continuación, se muestran las operaciones mínimas, pero sin limitarse a ellas, que se deben realizar como parte del procedimiento:

1. Identificar, delimitar y marcar las áreas deterioradas del muro.

2. Realizar la selección, cargue y transporte de roca faltante al sitio de la reparación de los muros de gaviones. La roca a utilizar deberá estar conforme a lo indicado en la *Subsección 705.01 Rocas para gaviones y colchonetas* del CR-2020.

3. Proceder a la reparación retirando la roca y las mallas hasta los puntos que se encuentren a nivel (en los casos en los que el elemento a reparar se encuentra desnivelado).

4. Armar las canastas que se van a utilizar en el mismo sitio de la obra. Colocar los tirantes con alambre del mismo calibre.

5. Se deberá colocar la celda en su posición y unir los bordes superiores y los verticales mediante sujetadores permanentes, según la *Subsección 253.05 Levantamiento de la estructura* del CR-2020.

6. El Contratista deberá entregar a la Administración, la certificación de la calidad de la malla provista por el fabricante para verificar su cumplimiento con la *Subsección 720.01 Gaviones y colchonetas* del CR-2020, para su aprobación.

7. En caso de ser necesario, se realizará el relleno del muro conforme a lo indicado en la *Subsección 253.06 Relleno de las celdas* del CR-2020. En general, se deberán eliminar todas las torceduras y dobladuras que haya en la malla de alambre y alinear correctamente todas las celdas. Adicionalmente, se deberá colocar la roca de manera cuidadosa en las celdas para prevenir el pandeo de las mismas y minimizar la formación de agujeros en el relleno de piedra. Lo anterior implica incluir los alambres internos de conexión y realizar el llenado mediante un proceso en el cual no sea llenada ninguna de las celdas más de 300 mm por encima de la celda adyacente. Finalmente, deberán amarrase las tapas de los lados extremos y los diafragmas.

8. En caso de ser necesario, se rellenará el área trasera de la estructura según indicado en la *Subsección 253.07 Relleno detrás de la estructura* del CR-2020.

9. En caso de ser necesario, se construirá el colchón de revestimiento, según la *Subsección 253.08 Colchones para revestimiento* del CR-2020.

10. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

619.10 Procedimiento: Reparación de muro de contención modular

El procedimiento *reparación de muro de contención modular* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar los daños que tiene el muro, delimitarlos y marcarlos con pintura. Se deberán eliminar y reemplazar todos aquellos miembros del muro que estén agrietados o dañados de forma tal que puedan afectar el comportamiento del muro. Para ello, deberán demolerse todas las zonas marcadas como defectuosas y prepararlas para la reparación. Lo anterior, sin dañar los miembros del muro que no serán intervenidos.

2. Proceder a realizar el ensamblaje de los nuevos miembros del muro, para lo cual se deberán suministrar todas los pernos, tuercas y herrajes para el completo ensamblaje de

las distintas unidades hasta asegurar la continuidad del muro. En caso de ser necesario, en las partes curvas del muro deberá obtenerse el alabeo utilizando elementos más cortos en los paneles de la cara frontal o de la parte trasera.

3. En caso de ser necesario, se deberán rellenar los módulos con relleno especial para este tipo de muros utilizando relleno estructural. El relleno a utilizar deberá ser definido en la solución técnica del proyecto. Asimismo, el relleno dentro y detrás del muro deberá mantenerse al mismo nivel durante el proceso de rellenado. Cada una de las capas deberá ser compactada a un 95% de la densidad máxima mediante un compactador mecánico o vibratorio de peso liviano aceptable dentro de un metro de la cara frontal.

4. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

619.11 Procedimiento: Reparación de muro de contención en concreto reforzado

Esta actividad se deberá desarrollar, en lo que corresponde, según lo que lo que establece la *Sección 258 Muros de retención de concreto reforzado* y la *Sección 552 Concreto estructural* del CR-2020. A continuación, se muestra las operaciones mínimas, pero sin limitarse a ellas, que se deben realizar como parte del procedimiento:

1. Identificar los daños que tiene el muro, delimitarlos y marcarlos con pintura.

2. Demoler las zonas marcadas como defectuosas y prepararlas para la reparación. Si el deterioro es grande, se debe demoler toda la sección defectuosa del muro.

3. En caso de ser necesario, se deberá reconstruir la armadura de refuerzo en los muros de concreto reforzado conforme a lo indicado en la *Subsección 258.04 Acero de refuerzo* del CR-2020. El acero de refuerzo deberá colocarse, sujetarse y empalmarse de acuerdo con la *Subsección 554.09 Empalmes y uniones* del CR-2020.

4. En caso de ser necesario, se debe realizar el encofrado de los elementos, según las *Subsección 725.27 Encofrados* del CR-2020, asegurando que este no vaya a presentar deflexiones o desplazamientos durante el colado del concreto. Se debe diseñar y construir el andamiaje y los encofrados de acuerdo con lo dispuesto en la *Sección 562 Obras temporales* del CR-2020.

5. Aplicar resinas epóxicas para puente de adherencia con el objetivo de mejorar la adherencia del concreto nuevo con el concreto existente. La aplicación de la resina debe realizarse siguiendo las instrucciones del fabricante.

6. Preparar la mezcla de concreto, según *Subsección 258.05 Concreto estructural* del CR-2020. La reparación del muro deberá realizarse de acuerdo con las subsecciones que

correspondan y que se encuentran entre la *Subsección 552.10 Temperatura y condiciones ambientales* a la *Subsección 552.17 Acabado de superficies encofradas* del CR-2020.

7. En caso de que haya existido pérdida del relleno o pérdida de compactación del mismo, se debe rellenar el área trasera del muro con relleno estructural, según *Subsección 258.06 Relleno* del CR-2020. Dependiendo de la reparación, será responsabilidad del Contratista determinar cuándo realizar el relleno del muro, siendo recomendado no colocar el relleno hasta que el concreto utilizado en la reparación alcance el 80% de la resistencia de diseño requerida.

8. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

619.12 Procedimiento: Reparación de muro cosido

Esta actividad se deberá desarrollar, en lo que corresponde, según lo que lo que establece la *Sección 259 Muros de retención de suelo cosido* del CR-2020. Asimismo, la reparación del muro deberá realizarse de acuerdo con el diseño del muro, planos constructivos y memorias de cálculo que deberán estar a cargo de un profesional en geotecnia que deberá de cumplir con los requisitos establecidos en la *Subsección 259.03 Requisitos de experiencia* del CR-2020. Dichos documentos deberán de contar con la aprobación previa por parte de la Administración, antes de iniciar con las obras. A continuación, se muestra las operaciones mínimas, pero sin limitarse a ellas, que se deben realizar como parte del procedimiento:

1. Identificar los daños que tiene el muro, delimitarlos y marcarlos con pintura.

2. En caso de ser necesario, la topografía para verificar los alineamientos del muro deberá de realizarse según lo indicado en la *Sección 152 Topografía para la construcción* del CR-2020.

3. En caso de ser necesario realizar una excavación para reparar el muro, esta deberá de realizarse según lo indicado en la *Subsección 259.05 General* del CR-2020, asegurándose la estabilidad del talud durante la ejecución de los trabajos de reparación.

4. La instalación de los pernos de acero deberá realizarse conforme a lo indicado en la *Subsección 259.08 Instalación de los pernos* del CR-2020. Deberán reemplazarse los tendones que muestren abrasiones, cortes, empalmes soldados, corrosión o cavidades y cualquier perno que exhiba daños en el encapsulamiento o recubrimiento epóxico. En caso de requerirse nuevas perforaciones, deberán realizarse las perforaciones en los sitios y con la orientación mostrada en el diseño de la reparación. La lechada deberá instalarse una vez se haya insertado el perno en la perforación dentro de las 2 horas siguientes luego de completarla. Debe asegurarse que se encuentre una tuerca y placa de apoyo en la

cabeza roscada de cada uno de los pernos, en cuyo caso de ausencia, deberán ser reemplazados por nuevos componentes iguales que sean compatibles.

5. Se debe revisar la malla de acero electrosoldada y el acero de refuerzo, para asegurarse que se encuentre en buen estado, libre de corrosión y sin deformaciones que puedan limitar su desempeño. En caso de que se presenten daños, deberá de realizarse la sustitución de la malla o acero de refuerzo según lo indicado en la *Subsección 259.11 Construcción del Muro* del CR-2020. Se debe reponer con una nueva malla o armadura debidamente empalmada de acuerdo con las instrucciones de los documentos contractuales o según lo establecido en la *Subsección 554.09 Empalmes y uniones* del CR-2020. El traslape de la malla o de barras de refuerzo debe medirse a partir del punto en el que se identifique que el acero de refuerzo sin daños o deterioros.
6. Se deberá reparar la superficie exterior del muro, según el tipo de muro (entre concreto lanzado, superficie de concreto, mampostería de piedra simulada, mampostería de piedra o fachadas flexibles), de acuerdo con lo establecido en la *Subsección 259.12 Cara exterior permanente del muro* del CR-2020.
7. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

619.13 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Reparación parcial de superestructura o subestructura (menos muro de concreto reforzado): metro cúbico (m^3). En el caso de que el responsable por parte de la Administración lo considere conveniente, puede cuantificar y medir los trabajos en metros cuadrados (m^2) medidos en cara frontal del muro, identificando la profundidad del elemento de acuerdo con los documentos del proyecto.
2. Reparación de muros de concreto reforzado: metro cúbico (m^3). En el caso en que el responsable de la Administración lo considere conveniente, puede cuantificar y medir los trabajos en metros cuadrados (m^2) para lo cual deberá tener contemplado la profundidad de la reparación. Para estos últimos dos casos, el relleno de fundación se mide bajo la *Subsección 209.11 Relleno* del CR-2020.
3. Reparación de muros de suelo cosido: metro cuadrado (m^2) medidos en la superficie de la cara frontal del muro. También se deberá corroborar los pernos para verificar las unidades de los mismos que fueron reparados o reemplazados.

619.14 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 19-02.

Tabla 19-02. Renglones de pago para reparación de muros de retención o de refuerzo

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.619.01	*Reparación de muro de contención en concreto ciclópeo*	m^3
MP.619.02	*Reparación de muro Seco*	m^3
MP.619.03	*Reparación de muro de mampostería*	m^3
MP.619.04	*Reparación de muro de gaviones*	m^3
MP.619.05	*Reparación de muros de retención modulares*	m^2
MP.619.06	*Reparación de muros de retención de concreto reforzado*	m^3
MP.619.07	*Reparación de muros de retención de concreto reforzado*	m^2
MP.619.08	*Reparación de colchones de revestimiento*	m^3
MP.619.09	*Reparación de muro de suelo cosido*	m^2

SECCIÓN 620: IMPERMEABILIZACIÓN DE SUPERFICIES DE CONCRETO

620.01 Objetivo

Preservar la condición estructural de los elementos de concreto reforzado mediante la impermeabilización de la superficie para impedir la penetración de agua y cloruros que facilitan el proceso de oxidación y corrosión del acero de refuerzo.

620.02 Alcance

Esta actividad consiste en la protección de los elementos de concreto mediante la aplicación de un sistema de impermeabilización para restaurar la resistencia a la penetración de la humedad y cloruros que favorecen el proceso de corrosión del acero de refuerzo. Independientemente del tipo de impermeabilización, la actividad consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento, colocación y disposición final de todos los materiales, herramientas y equipos necesarios para la colocación del sistema de impermeabilización.

El costo de esta actividad incluye los estudios, ensayos en sitio y el diseño de las soluciones definitivas, mismas que deben contar con la aprobación de la Administración antes de iniciar con la ejecución de las respectivas obras. Como parte de la preparación de la superficie previo a la aplicación del procedimiento de ejecución, puede ser posible la necesidad de la aplicación de la actividad de conservación *606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto*, en cuyo caso, esta deberá ser cuantificada y pagada mediante la actividad de conservación respectiva. Asimismo, cuando aplique la colocación de una nueva superficie de desgaste de concreto asfáltica, esta deberá realizarse según lo indicado en la actividad *612 Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico*.

La actividad de conservación *620 Impermeabilización de superficies de concreto*, se conforma de dos procedimientos los cuales se muestran a continuación:

- 620.07: Impermeabilización mediante sistemas de membranas con superficie de desgaste de concreto asfáltico
- 620.08: Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico

620.03 Criterio de ejecución

La actividad *620 Impermeabilización de superficies de concreto* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado, con excepción de la aplicación del siguiente procedimiento:

f. El procedimiento 620.07 deberá ser programado de manera cíclica en los elementos de Superestructura (Tablero) [400] y Superestructura (Losa de concreto reforzado – concreto presforzado - madera) [405] que cuenten con una superficie de ruedo de asfalto con una

frecuencia máxima de 12 años y que coincida con el procedimiento de *612.08 Sustitución total de superficie de desgaste de concreto asfáltico*.

Es importante inspeccionar periódicamente todas las superficies de concreto para identificar zonas que evidencien problemas de humedad y que puedan representar un problema de corrosión en el acero de refuerzo. A pesar de que visualmente no es posible cuantificar la permeabilidad de un elemento de concreto, si es posible obtener a través de la inspección visual indicios de que el elemento de concreto tiene problemas de humedad como lo son la presencia de eflorescencias o manchas de humedad. Será criterio de un experto en el tema valorar la aplicación del sistema de impermeabilización como medida de protección ante el problema presentado.

En la Figura 20-01 se evidencia la presencia de problemas de permeabilidad a través de la losa del puente sobre el río Tibasito en la Ruta Nacional n.° 112.



Figura 20-01. Necesidad de impermeabilización de losa del puente sobre río Tibasito en la Ruta Nacional n.° 112
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2018

620.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 20-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 20-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 620

Material	Apartado del CR-2020
Impermeabilización (material)	559.02
Membrana líquida o prefabricada	-
Recubrimiento epóxico (impermeabilización)	-
Agregado	-
Nota: En general, los materiales de esta actividad deberán cumplir con las especificaciones de la Administración.	

620.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad deberán considerar las recomendaciones de los proveedores de los materiales a utilizar, no obstante serán al menos: equipo mecánico de chorro de aire a alta presión, taladro de paleta de bajas revoluciones (400 r.p.m. a 600 r.p.m.), un recipiente de mezclado limpio y seco, martillos, cinceles, llana metálica y otras herramientas similares, brochas, escobilla, rodillos, compresor de aire, encofrado, una cámara fotográfica y cualquier otro equipo o herramienta sugerido por el fabricante del sistema de impermeabilización a utilizar o especificado por la Administración.

620.06 Procedimiento de ejecución general

En general, los procedimientos constructivos deberán atender en lo que corresponda, lo indicado en el CR-2020 o su versión vigente. Asimismo, el proceso a seguir dependerá de la solución técnica aprobada por la Administración, no obstante, el procedimiento podría ser alguno de los descritos en las Subsección 620.07 o 620.08 de las presentes especificaciones.

620.07 Procedimiento: Impermeabilización mediante sistemas de membranas con superficies de desgaste de concreto asfáltico

El procedimiento *impermeabilización mediante sistemas de membranas con superficies de desgaste de concreto asfáltico* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Se debe limpiar la superficie para que esta se encuentre libre de aceites, protuberancias, bordes ásperos, materiales sueltos y cualquier otro material contaminante. Debe procurarse evitar el uso de agua durante la limpieza, ya que el elemento debe estar completamente seco durante la colocación del sistema de impermeabilización. Es recomendable realizar esta limpieza mediante métodos manuales y el uso de aire a alta presión para lograr una limpieza abrasiva.

2. Previo a realizar la impermeabilización del elemento, se debe realizar una revisión de la superficie para determinar si existen delaminaciones, parches o agrietamiento que deba repararse mediante otra actividad de conservación de las presentes especificaciones.

Asimismo, con respecto al agrietamiento, se deben sellar todas las grietas mayores a 0,79 mm o hasta el espesor máximo de grietas permitidas por el fabricante mediante la actividad *606: Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto* de las presentes especificaciones.

3. Posterior a la limpieza, debe aplicarse la imprimación mediante los métodos que aseguren una cobertura completa y homogénea a toda la superficie por impermeabilizar. Se debe dejar reposar la imprimación según las indicaciones del fabricante hasta que pierda su cualidad adhesiva.

4. Posteriormente, se debe proceder con la colocación de la membrana, ya sea líquida o prefabricada según las indicaciones de la Administración, siguiendo las recomendaciones del fabricante. En el caso de las membranas líquidas, debe complementarse su uso con tela reforzada sobre juntas frías, curvas, grietas o cualquier sección que pueda afectar la membrana. En el caso de las membranas prefabricadas, se debe asegurar que su instalación se realice desde la parte más baja del elemento y que el traslape entre láminas tenga la longitud suficiente según la especificación.

5. Se debe realizar una revisión de la membrana aplicada a través de la cual se determine si es necesario realizar una reparación debido a la identificación de zonas que se consideren inadecuadas, ya sea por un espesor insuficiente o porque se evidenciaron defectos que puedan comprometer su efectividad. En caso de ser necesario, se deben realizar todas las reparaciones con base en las recomendaciones del fabricante.

6. Finalmente, en caso de que corresponda, se debe proceder con la instalación de la carpeta asfáltica de acuerdo con el procedimiento establecido mediante la actividad *612 Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico*. La colocación de la carpeta asfáltica debe realizarse en un tiempo tal que se le haya dado a la membrana un tiempo de curado suficiente según las especificaciones del fabricante.

7. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

620.08 Procedimiento: Impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico

El procedimiento *impermeabilización mediante colocación de recubrimiento epóxico* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Se debe remover de la superficie a impermeabilizar todo el concreto suelto, delaminado o deteriorado y realizar la reparación mediante la actividad *607 Reparación de superficie de*

elementos de concreto o mediante *608 Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo* según corresponda.

2. En un periodo no mayor a 24 horas previo a la colocación del recubrimiento epóxico, se debe realizar la preparación de la superficie mediante chorro de arena o cualquier otro método abrasivo aprobado por la Administración, de forma tal que se provea una superficie consistente con los requisitos solicitados por el fabricante. En caso de utilizar chorro de arena, deben de protegerse todas las superficies colindantes que no van a ser impermeabilizadas. Durante este proceso, deben removerse todos los aceites, protuberancias, bordes ásperos, materiales sueltos y cualquier otro material contaminante.

3. Se deben proteger todos los componentes o elementos colindantes que no serán intervenidos, teniendo especial precaución con los drenajes del puente.

4. Previo a la colocación del recubrimiento epóxico, debe removerse el polvo de la superficie mediante el uso de aire a compresión. Asimismo, debe revisarse que la superficie se encuentre completamente seca según las recomendaciones del fabricante. Debe asegurarse que durante el proceso de curado del recubrimiento epóxico la superficie de concreto se va a mantener seca por lo que es preferible que este procedimiento sea realizado en época seca.

5. Se deben mezclar los componentes del recubrimiento epóxico en los recipientes de mezclado, de forma tal que la cantidad mezclada corresponda a la que se pueda aplicar dentro del periodo antes de que la mezcla endurezca. El procedimiento de mezclado, incluyendo la razón de mezcla, deberá ser el indicado por el fabricante.

6. Se debe verter la mezcla epóxica sobre toda la superficie de concreto a impermeabilizar y esparcirla mediante el uso de espumas y escobillas a la tasa recomendada de forma tal que se consiga una película bien distribuida y uniforme. Esta operación debe realizarse de manera ininterrumpida y continua hasta abarcar toda la superficie en capas con el espesor indicado por el fabricante.

7. Posterior a la aplicación de cada capa de epóxico, se debe distribuir el agregado, asegurándose que el método y la tasa de distribución este conforme a las especificaciones del fabricante.

8. En caso de ser requerido por el fabricante, utilizar un rodillo manual posterior a los diez minutos de distribuido el agregado, para asegurar la adecuada consolidación del agregado en el epóxico.

9. Después del curado inicial, puede utilizarse un aspirado u otro método aprobado por la Administración para remover el agregado no consolidado de la capa de epóxico.

10. Se debe repetir el proceso de colocación de capas de epóxico y agregado de forma tal que se consiga el espesor solicitado por las especificaciones, siendo este no menor a 9,5 mm y

no mayor a 13 mm. El tiempo máximo de aplicación entre una capa y la capa siguiente debe ser el definido por el fabricante y dependerá de la temperatura y circunstancias del proyecto.

11. Se debe brindar el tiempo necesario para el curado de la última capa de epóxico colocada previo a que el recubrimiento se vea expuesto nuevamente al tránsito vehicular (cuando aplique).

12. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

620.09 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Impermeabilización de la superficie con membrana: metro cuadrado (m^2). Se deberán medir los trabajos de acuerdo con los metros cuadrados que han sido impermeabilizados con la membrana una vez que esta se encuentre debidamente instalada. Lo anterior, debe realizarse previo a la colocación de la capa de concreto asfáltico. Los trabajos relacionados con la remoción y colocación de la capa asfáltica deberán ser medidos y pagados según lo indicado en la Sección 612 de las presentes especificaciones.
2. Impermeabilización de la superficie con recubrimiento epóxico: metro cuadrado (m^2). Se debe medir los trabajos de acuerdo con los metros que han sido impermeabilizados con el recubrimiento epóxico una vez que se encuentre instalado de acuerdo con las especificaciones de la presente sección.

620.10 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 20-02.

Tabla 20-02. Renglones de pago para impermeabilización de superficie de concreto

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.620.01	*Impermeabilización con sistema de membrana y concreto asfáltico*	m^2
MP.620.02	*Impermeabilización mediante recubrimiento epóxico*	m^2

SECCIÓN 621: REPOSICIÓN DEL NIVEL DE RASANTE DE SUPERFICIE DE GRAVA EN ACCESOS

621.01 Objetivo

Recuperar el nivel de rasante del acceso de aproximación con superficie de desgaste en grava con el nivel de la losa o tablero del puente para asegurar la transitabilidad segura de los usuarios y evitar el deterioro acelerado en ambos componentes del puente.

621.02 Alcance

Esta actividad consiste en la reposición del material perdido por desgaste y erosión en la superficie de desgaste de grava ubicada en los accesos del puente, por un determinado volumen de material de préstamo colocado en espesores de capa previamente aprobados para la Administración. Por lo tanto, esta actividad incluye la adquisición, corte, carga, acarreo, escarificación, colocación, conformación, afinamiento y compactación del material de acuerdo con la sección típica definida que se debe reparar. Asimismo, incluye todos los materiales, herramientas y equipos especializados necesarios para la reposición del nivel de rasante en la superficie de ruedo de grava.

La actividad de conservación *621 Reposición de nivel de rasante de superficie de rodamiento de grava en accesos* se conforma de un único procedimiento el cual se muestra a continuación:

- 621.07: Reposición parcial de superficie en grava

621.03 Criterio de ejecución

La actividad *621 Reposición del nivel de rasante en superficie de desgaste de grava en accesos* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado. La actividad debe ser desarrollada para solventar el problema común de asentamiento o pérdida de relleno en los accesos el cual causa una transición entre el acceso y la losa del puente incorrecta, afectando la seguridad de los usuarios del puente y pudiendo generar problemas de descascaramiento de la losa por el impacto de vehículos.

La determinación del nivel de deterioro y el tipo de intervención, será según la metodología de evaluación que determine la Administración, no obstante, como referencia, pero sin limitarse a ello, se deben considerar los siguientes aspectos para justificar las intervenciones que se proponen en esta sección: surcos en los accesos, superficie erosionada, acumulación o estancamiento de agua, superficie de ruedo irregular, superficie de grava muy deteriorada implicando un riesgo o peligro para los usuarios del puente, entre otros. En el caso en el que las esquinas de la losa o tablero hayan sufrido deterioros como descascaramiento o despunte debido al impacto de vehículos, deberá valorarse la previa reparación del concreto mediante la actividad *607 Reparación superficial de elementos de concreto* o mediante cualquier otro método de reparación solicitado por la Administración.

En la Figura 21-01 se muestra la necesidad restitución del nivel de rasante de la superficie de ruedo de grava del acceso de aproximación del puente sobre el río Bejuco en la Ruta Nacional n.° 160.



Figura 21-01. Necesidad de restitución del nivel de rasante en superficie de ruedo de grava del acceso del puente sobre río Bejuco en la Ruta Nacional n.° 160
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2015

621.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 21-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 21-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 621

Material	Apartado del CR-2020
Capa granular de rodadura expuesta	312
Agua	725.01
Nota: En la *Subsección 312.02 Materiales, se indican los materiales correspondientes a la sección 312 del CR-2020. Asimismo, se indica que los materiales deben estar conforme con las subsecciones del citado manual.*	

621.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad deberán considerar las recomendaciones de los proveedores de los materiales a utilizar, no obstante, serán

al menos: camión volquete, compresor, herramientas manuales, compactador, cisterna, equipo de topografía, una cámara fotográfica y cualquier otro equipo o herramienta especificado por la Administración.

621.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 312 Lastrado* del CR-2020. Asimismo, el proceso a seguir dependerá de la solución técnica aprobada por la Administración, no obstante, el procedimiento podría ser el descrito en la Subsección 621.07 de las presentes especificaciones.

621.07 Procedimiento: Reposición parcial de superficie de grava

El procedimiento *reposición parcial de superficie de grava* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Identificar y demarcar el área dañada a intervenir, con previa aprobación por parte de la Administración.

2. Cargar y transportar el material de lastre al lugar previamente definido, acordonándolo, en caso de ser requerido, para no interrumpir la libre circulación del tránsito.

3. Se debe excavar y retirar el material inestable generando paredes lo más verticales posible y dando forma de rectángulo regular en todo el ancho de la losa del puente. El área intervenir puede variar según el grado de deterioro y la extensión del mismo en la superficie de grava, sin embargo, como mínimo, se debe incluir al menos 30 cm del material sano alrededor del hueco escarbado. Asimismo, deberá excavar y retirar todo el material suelto y basuras hasta que el fondo sea firme y esté libre de agua, hasta alcanzar la profundidad necesaria del área rectangular.

4. Humedecer toda el área a intervenir y compactar el fondo hasta alcanzar al menos un grado de compactación del 95% de la densidad seca máxima del Proctor Modificado. Alternativamente, en caso de que no se tengan los datos del estudio Proctor Modificado y con la previa aprobación de la Administración, el material podría compactarse hasta que el ensayo de CBR en sitio por medio del DCP alcance un valor del 80%.

5. El material selecto deberá cumplir con los requerimientos establecidos en la *Subsección 312.02 Materiales necesarios para realizar la obra* del CR-2020, y deberá ser aprobado por la Administración. Este material se deberá colocar en capas no mayores a 10 cm cada una, según la profundidad del área a reparar y el compactador que se va a utilizar. Se debe compactar cada capa colocada hasta obtener 95% de la densidad máxima seca del Proctor Modificado (humedad cercana a la óptima en un rango no mayor de ±4%).

6. Se debe verificar que el material compactado quede a nivel con la superficie del tablero o losa del puente colindante. El desnivel máximo tolerable entre la zona reparada y el nivel de la losa colindante será de 3 mm.

7. Verificar que el bombeo de la superficie de ruedo esté de acuerdo con lo establecido en la sección típica original o indicada por la Administración.

8. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

621.08 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el Contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Reposición nivel de rasante de grava en acceso: metro cúbico (m^3) de material selecto colocado de acuerdo con las especificaciones de la presente sección, incluyendo la remoción del material en la zona afectada para formar la superficie rectangular, el colocado y compactación del mismo dentro de los límites de tolerancia establecidos. En el caso en que el responsable de la Administración lo considere conveniente, puede medir y cuantificar los trabajos utilizando metro cuadrado (m^2) medido como la multiplicación de la longitud del área afectada multiplicada por el ancho (considerando los 30 cm adicionales que solicita el procedimiento descrito anteriormente). Para ello, se deberá conocer y cuantificar, previamente a la reparación, la profundidad máxima de la reparación requerida.

621.09 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 21-02.

Tabla 21-02. Renglones de pago para reposición del nivel de rasante de superficie de grava en accesos

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.621.01	*Reposición nivel de rasante de grava en acceso*	m^3
MP.621.02	*Reposición nivel de rasante de grava en acceso*	m^2

SECCIÓN 622: COLOCACIÓN DE CAPAS O RETIRO DE SOBRECAPAS DE CONCRETO ASFÁLTICO

622.01 Objetivo

La colocación de capas de asfalto como superficie de desgaste en puentes para proteger y alargar la vida útil del tablero o losa, y sin exceder los espesores de capa contemplados en la etapa de diseño del puente e indicados en planos, requisito que es obligatorio cumplir. Asimismo, el retiro de sobrecapas de concreto asfáltico, cuando requieran actividades de mantenimiento basado en la condición en el puente, y se considere que estas afectan la capacidad estructural del puente debido a la carga adicional que representan.

622.02 Alcance

La actividad consiste en la colocación de una capa de concreto asfáltico como superficie de desgaste en puentes que no dispongan de esta capa pero que la misma si haya sido considerada en el diseño e incluida en planos. Deberá de realizarse una revisión de las juntas de expansión del puente, de modo que las mismas no queden obstruidas por la capa colocar, evaluando la posibilidad de sustituir la junta de expansión existente por una junta de concreto asfáltico según se indica en el procedimiento de la *Subsección 609.12 Reemplazo o colocación de juntas asfálticas* de las presentes especificaciones de conservación, tomando en cuenta que el rango de trabajo de este tipo de juntas es de ± 25 mm. Si no se pudiera utilizar este tipo de junta, se debe valorar otro tipo de intervención en las juntas de expansión que evite la obstrucción de las mismas, la cual deberá ser aprobada por la Administración. En estos casos, no se debe exceder el espesor de capa considerado en la etapa de diseño del puente y que es indicado en planos.

La actividad de retiro de sobrecapas de concreto asfáltico, debe realizarse en aquellos puentes que requieren trabajos de mantenimiento basado en la condición y se evidencia la presencia de sobrecapas de concreto asfáltico cuyo espesor es mayor al considerado en el diseño e indicado en planos. En caso de que el espesor no sea mayor al máximo permitido, se deberán seguir los procedimientos de conservación presentados en la *Sección 612 Reparación o sustitución de superficie de desgaste de concreto asfáltico* de las presentes especificaciones.

En general, para la colocación de la capa de concreto asfáltico, las actividades consisten en el suministro, transporte, tendido y colocación de mezcla asfáltica en caliente, además del suministro de emulsión asfáltica, aditivos para la mezcla en caliente, planes para cierres parciales o totales del tránsito, así como el control de calidad mediante pruebas de laboratorio que serán establecidas en los documentos del proyecto. Para el caso del retiro de la sobrecapa de asfalto, se debe considerar el fresado de la capa a remover, transporte y disposición final del material removido, así como el acabado superficial de la capa remanente.

En ambos procedimientos, y en cualquiera de los siguientes casos, debe presentarse justificación que debe ir precedida por evaluación de la capacidad de carga, según se indica en el Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I:

a. Se decide colocar una capa de concreto asfáltica con un espesor mayor al considerado en el diseño e indicado en planos.
b. Se decide colocar una capa de concreto asfáltica en puentes en donde no haya evidencia que esta haya sido considerada en el diseño e indicada en planos.
c. Existen sobrecapas y no se tiene conocimiento o a disposición el espesor máximo de diseño e indicado en planos, o se decide dejar un espesor de sobrecapas mayor al considerado en el diseño e indicado en planos.

La actividad de conservación *622 Colocación de capas o retiro de sobrecapas de concreto asfáltico* se puede separar dependiendo del objetivo y resultado de la evaluación estructural en los siguientes procedimientos de ejecución:

- 622.07: Retiro de sobrecapas de concreto asfáltico existente
- 622.08: Colocación de capas de concreto asfáltico

622.03 Criterio de ejecución

La actividad *622 Colocación de capas o retiro de sobrecapas de concreto asfáltico* debe ser programada basada en la condición: ante la existencia de sobrecapas de concreto asfáltico, únicamente en puentes con necesidades de mantenimiento basado en la condición, y sin evidencia de haber sido consideradas en el diseño del puente, o también como medida de respuesta ante la planificación y ejecución de trabajos de conservación en el tramo de la carreta que impliquen la colocación de capas de concreto asfáltico con un espesor igual o menor al especificado en el diseño original del puente e indicado en planos.

En la Figura 22-01 se evidencia la existencia de una sobrecapa de concreto asfáltico no considerada en planos colocada sobre el tablero del puente sobre el río Prendas en la Ruta Nacional n.° 107.



Figura 22-01. Existencia de sobrecapa de concreto asfáltico no considerada en planos colocada sobre tablero del puente sobre el río Prendas en la Ruta Nacional n.° 107

Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2018

622.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 22-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 22-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 622

Material	Apartado del CR-2020
Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente (materiales)	405.02
Riegos de emulsión asfáltica (materiales)	414.02
Impermeabilización (material)	559.02
Sellantes, sellos y rellenos	712.01
Material de secado	703.13

622.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad son, al menos: herramientas manuales, pudiéndose usar también martillos neumáticos livianos (de no más de 7 kg de peso), escobillas, rastrillos, sierras para corte, varilla de acero, espátulas, equipo de soplado, rodillo neumático o liso, equipo de aplicación de sello, esparcidor de arena, calentador térmico, una cámara fotográfica, entre otros. De acuerdo con la magnitud de la obra y bajo la aprobación del ingeniero encargado, se podrá utilizar maquinaria como perfiladora, pavimentadora asfáltica, camión distribuidor de asfalto y cualquier otro equipo o herramienta especificado por la Administración. El equipo para la impermeabilización del tablero del concreto, en caso de ser necesario, se indica en la Subsección *620 Impermeabilización de superficies de concreto.*

622.06 Procedimiento de ejecución general

Los procedimientos constructivos deberán atender, en lo que corresponda, lo indicado en la *División 400 Pavimentos asfálticos y tratamientos superficiales* del CR-2020 o su versión vigente.

Previo a realizar cualquiera de los procedimientos descritos en las Subsecciones 622.07 o 622.08, el Contratista deberá realizar, como mínimo, pero sin limitarse a ello, los pasos descritos a continuación:

1. Determinar el espesor máximo de capa de concreto asfáltico considerado en la etapa de diseño e indicado en planos del puente.
2. En el caso de sobrecapas de concreto asfáltico existentes, se debe determinar la profundidad de la misma. En caso de que no exista ningún acceso visual, se puede realizar

una exploración en sitio con un cincel y mazo, de forma tal que pueda realizarse un agujero en la capa asfáltica para determinar su espesor u otro método aprobado por la Administración. En cualquiera de los métodos utilizados, será responsabilidad del Contratista restaurar la zona intervenida para identificar el espesor de la capa de concreto asfáltico.

3. En caso de que el espesor máximo de capa de concreto asfáltico considerado en la etapa de diseño no esté disponible, no venga indicado en planos o los planos constructivos (o "*as-built*") no se encuentren a disposición, se deberá realizar un análisis de capacidad de carga de acuerdo con el Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I para evaluar el efecto de la existencia de sobrecapas de asfalto o de la colocación de una capa, en la capacidad de carga viva del puente. Finalmente, como parte del análisis de carga, debe realizarse una evaluación estructural para determinar si el puente puede soportar la carga de la maquinaria que va a requerirse para remover o colocar la nueva capa de asfalto.

4. Si de este análisis de capacidad de carga se determina que la capacidad de carga viva del puente se encuentra reducida por la existencia de sobrecapas de asfalto, debe eliminarse la capa existente según se requiera, ya sea removiendo el asfalto en su totalidad hasta la losa de concreto o removiendo una o varias sobrecapas de asfalto de acuerdo con el procedimiento *622.07 Eliminación de sobrecapas de asfalto*. Por otro lado, si del análisis de capacidad de carga del puente se determina que la capacidad de carga viva de la estructura podría verse reducida por la colocación de una capa de asfalto, debe prohibirse su colocación o reducir el espesor a colocar hasta un valor permitido según los resultados obtenidos del análisis de capacidad de carga. Si en los casos en los que se requiere el análisis de capacidad de carga viva este no es realizado, la capa de concreto asfáltico no se deberá colocar o la sobrecapa existente con necesidades basadas en la condición deberá ser eliminada.

5. Si el espesor de la sobrecapa existente o de la nueva capa a colocar no afecta la capacidad de carga viva del puente, se puede dejar la capa existente, o en su efecto colocar la nueva capa de acuerdo con el procedimiento *622.08 Colocación de capas de asfalto*, siendo obligatorio en todo momento respetar el espesor máximo permitido.

6. Ya sea que existan sobrecapas o se coloquen nuevas capas sobre el puente, se debe evitar la obstrucción de las juntas de expansión. Por lo tanto, se debe considerar readecuar la altura de la junta elevando el borde de transición y anclaje de la junta al mismo nivel de la sobrecapa existente o futura capa, o en su defecto evaluar el reemplazo de la junta por un tipo de junta adecuada para la colocación de nuevas capas de asfalto con mayor espesor (como lo podrían ser las juntas asfálticas, *609.12 Reemplazo de junta asfáltica*, las cuales tienen un rango de trabajo de ± 25 mm. Tanto el diseño de una readecuación de la junta como la colocación de un nuevo tipo de junta deberá ser aprobado de previo por la Administración. Estos trabajos deben realizarse de acuerdo con la *Sección 609 Mantenimiento o reemplazo de juntas de expansión*, de estas especificaciones de conservación.
7. Los procedimientos que involucren la remoción del concreto asfáltico, ya sea parcial o totalmente, deberán ser realizados sin generar ningún daño a la losa o tablero del puente.

En caso de presentarse un daño en esos elementos del puente, ya sea de forma voluntaria o involuntaria, deberá ser reparado por el Contratista sin generarse cobros adicionales hacia la Administración. Será responsabilidad de la Administración realizar una revisión completa del estado de la losa o tablero posterior a la remoción de la superficie de ruedo para verificar que no se presenten daños. El Contratista no podrá continuar con el proceso de asfaltado hasta no contar con la revisión y aprobación por parte de la Administración.

622.07 Procedimiento: Retiro de sobrecapas de concreto asfáltico existente

El procedimiento *retiro de sobrecapas de concreto asfáltico existente*, el cual se realiza cuando se requieren trabajos de mantenimiento basado en la condición, debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación:

1. Previo a iniciar los trabajos, se debe presentar un plan de trabajo a la Administración, en donde se indique como se realizarán los cierres parciales o totales para la ejecución de los trabajos. Este paso es de vital importancia debido a la extensión del trabajo que se debe realizar y las posibles afectaciones a los usuarios del puente. Adicionalmente, el Contratista deberá incluir en su plan de trabajo toda la maquinaria que pretende utilizar, de forma tal que se asegure que el puente tiene la capacidad para soportar la carga viva y las vibraciones a los cuales será sometido durante la remoción de las sobrecapas.

2. Se debe iniciar con el proceso de eliminación de la sobrecapa de asfalto existente, ya sea que se vaya a remover el asfalto en toda la totalidad hasta la losa o tablero de concreto o que se vaya a remover una de las sobrecapas de asfalto. Este proceso debe ser llevado a cabo con equipo autopropulsado con un control automatizado para la profundidad de corte (perfiladora), de forma que se pueda mantener una profundidad de corte uniforme y que se pueda remover a la profundidad requerida en una única pasada.

3. Una vez se haya finalizado la remoción de la superficie asfáltica, se debe realizar una limpieza nuevamente de toda la superficie expuesta. Posteriormente, se debe impermeabilizar la losa o tablero del puente según la actividad *620 Impermeabilización de superficies de concreto* de las presentes especificaciones de Conservación o algún otro método de impermeabilización de la losa aprobado por la Administración.

4. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

622.08 Procedimiento: Colocación de capas de concreto asfáltico

Esta actividad se deberá desarrollar, en lo que corresponde, según lo que lo que establece la Sección 304 Sustitución de capa asfáltica o colocación de sobrecapa asfáltica del MCV-2015. A

continuación, se muestra las operaciones mínimas, pero sin limitarse a ellas, que se deben realizar como parte del procedimiento:

1. En caso de ser necesario, el diseño de mezcla de concreto asfáltico a colocar debe ser presentado a la Administración para su aprobación previo al inicio de la colocación de la capa. Adicionalmente, el Contratista deberá incluir en su plan de trabajo toda la maquinaria que pretende utilizar, de forma tal que se asegure que el puente tiene la capacidad para soportar la carga viva y las vibraciones a las cuales será sometido durante la colocación de la capa.

2. En caso de que la nueva capa se coloque sobre la losa o el tablero del puente, se debe impermeabilizar según la actividad de conservación *620 Impermeabilización de superficies de concreto* de las presentes especificaciones o algún otro método de impermeabilización de la losa o tablero aprobado por la Administración.

3. Recubrir la superficie con un riego de liga que deberá aplicarse conforme la *Sección 414 Riegos de Emulsión Asfáltica* del CR-2020, para lo cual se utilizarán aspersores de emulsión asfáltica o cemento asfáltico que permitan esparcirlo uniformemente conforme a lo indicado en la *Subsección 414.04 Equipo* del CR-2020. El riego de liga deberá colocarse únicamente cuando la temperatura del aire a la sombra y de la superficie sean ambas mayores a 10˚C y cuando el ambiente no esté con neblina o lluvioso conforme a la *Subsección 414.05 Limitaciones climáticas* del CR-2020. La colocación del riego de liga y el tiempo de curado deberá estar conforme a lo indicada en la *Subsección 414.07 Aplicación del riego* del CR-2020.

4. El contrato o en su caso la Administración, deberán establecer para la reparación, el método de diseño para la mezcla asfáltica a colocar, de acuerdo con su uso, volumen de tránsito, vehículos pesados, entre otros. El Contratista deberá suministrar a la Administración, con 30 días hábiles antes del inicio de la producción, el diseño de mezcla para su revisión y verificación según lo establecido en la *Subsección 405.03 Aprobación del diseño y la fórmula de trabajo para la mezcla asfáltica* del CR-2020 o los criterios específicos que establezca la Administración para el método de diseño para la mezcla que haya sido definido.

5. Se deberán verificar las condiciones climáticas previo a la colocación de la mezcla asfáltica, asegurando condiciones aptas. Deberá evitarse cualquier presencia de agua en la superficie mientras que se debe procurar que la temperatura mínima para iniciar la colocación en sitio sea por lo menos la temperatura de compactación definida por el proveedor del asfalto, dependiendo también de la temperatura de la superficie del pavimento y del espesor de la capa compactada, siendo en ningún caso menor la temperatura a 125 ˚C. La temperatura de la mezcla deberá ser homogénea y medida justo antes de ser descargada a la superficie. Asimismo, se deberá verificar antes de la colocación que la emulsión del riego de liga haya roto. La colocación de la mezcla debe realizarse en un tiempo no mayor a 1 hora después de que se haya identificado la rotura del riego de liga. En ninguna circunstancia deberá levantarse el nivel de rasante con respecto a las zonas circundantes.

6. La mezcla asfáltica se extenderá y nivelará mediante una pavimentadora (una vez verificada su compatibilidad con la capacidad del puente) complementada con rastrillos, colocando la cantidad adecuada según el diseño de mezcla y fórmula de trabajo. La compactación se deberá realizar con un rodillo neumático o liso de un peso compatible con la estructura y que asegure obtener la densidad especificada y de acuerdo con la *Sección 405 Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente* del CR-2020. La compactación deberá realizarse de forma uniforme, de manera que no haya desplazamiento lateral, agrietamiento o corrugación de la superficie, siguiendo el proceso y control establecido en la *Subsección 405.06 Proceso y control de compactación de la mezcla asfáltica* del CR-2020.

7. Se debe asegurar de que el espesor de la capa colocada no es mayor al máximo permitido según las consideraciones del diseño e indicado en planos, o en su defecto, según los resultados del análisis de capacidad de carga viva.

8. Realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

622.09 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Retiro de sobrecapas de concreto asfáltico: metros cuadrados (m^2) para la cual se deberá especificar la profundidad de corte en milímetros. La anterior medición, incluye los costos asociados al análisis de capacidad de carga mencionado en el procedimiento respectivo. Asimismo, en caso de que la Administración lo considere necesario, podrá evaluar y medir el trabajo de acuerdo con las toneladas (t) de concreto asfáltico perfilado sin incluir el análisis de capacidad de carga.
2. Colocación de capa de concreto asfáltico: metros cuadrados (m^2) para cual se deberá revisar la profundidad de acuerdo con el diseño y los documentos del proyecto. La anterior medición, incluye los costos asociados al análisis de capacidad de carga mencionado en el procedimiento respectivo. Asimismo, en caso de que la Administración lo considere necesario, podrá evaluar y medir el trabajo por toneladas (t) de mezcla asfáltica colocada, compactada y acabada.

622.10 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en la Tabla 22-02.

Tabla 22-02. Renglones de pago para colocación o retiro de sobrecapas de concreto asfáltico

Ítem	Renglón de pago	Unidad
CR.415.01	*Perfilado de capa asfáltica, espesor (profundidad de corte) ____ mm*	m^2
MP.622.01	*Retiro de sobrecapas de concreto asfáltico en puentes (profundidad de corte) ____ mm*	m^2
MP.622.02	*Retiro de sobrecapas de concreto asfáltico en puentes (profundidad de corte) ____ mm*	t
MP.622.03	*Colocación de capa de concreto asfáltico en puentes*	m^2
MP.622.04	*Colocación de capa de concreto asfáltico en puentes*	t

SECCIÓN 623: REPARACIÓN DE ELEMENTOS DE CONCRETO PREESFORZADO

623.01 Objetivo

Realizar la reparación de daños menores no estructurales presentes en elementos de concreto prefabricado y preesforzado, que de no ser tratados pueden derivar en daños mayores a los elementos reduciendo su capacidad y afectando la seguridad de los usuarios que transitan por el puente.

623.02 Alcance

Esta actividad consiste en la aplicación de reparaciones menores en elementos de concreto preesforzado para recuperar su integridad estructural y proteger el acero de preesfuerzo contra los efectos de la corrosión. Los trabajos presentados en esta sección deben ser realizados únicamente posterior a la revisión del daño por un experto y en donde se determine que el daño no afecta la capacidad del elemento. En el caso de que se presenten daños mayores a los elementos de concreto preesforzado, en los cuales haya afectación directa a torones de preesfuerzo o pérdida de adherencia implicando una reducción de capacidad del elemento, será responsabilidad de la Administración o del ingeniero responsable la propuesta de una reparación, rehabllitación o reconstrucción (sustitución) del elemento según criterios ingenieriles, constructivos y económicos.

En el caso en que el deterioro presentado en el elemento de concreto preesforzado corresponda a agrietamiento, este deberá ser reparado por medio de la actividad de conservación *606 Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto* de las presentes especificaciones. El sellado de grietas en elementos de concreto presforzado debe ser previamente evaluado por un experto, para determinar que la presencia de dichas grietas no es causada por un problema estructural mayor y que pueden ser reparadas mediante los procedimientos mencionados.

La actividad *623 Reparación de elementos de concreto presforzado* consta de un único procedimiento el cual se presenta a continuación:

- 623.07: Reparación superficial de concreto preesforzado

623.03 Criterio de ejecución

La actividad *623 Reparación de elementos de concreto preesforzado* debe ser programada basada en la condición, como medida de respuesta a un deterioro o daño identificado. Una vez identificado el daño en este tipo de elementos, debe realizarse una revisión por profesionales experimentados en el campo de puentes, en consideración a que este tipo de daño generalmente representa un potencial generador de problemas más graves.

Los procedimientos presentados en esta sección aplican únicamente para daños superficiales que hayan sido revisados por un experto o por la Administración y para los cuales se ha determinado no existe pérdida de adherencia o capacidad del elemento preesforzado. La revisión estructural

debe ser realizada con mayor detalle cuando se presenta acero de preesfuerzo expuesto previo a realizar cualquier procedimiento de reparación.

La determinación del nivel de deterioro y del tipo de reparación aplicable será según la metodología que determine la Administración, no obstante, como referencia, pero sin limitarse a ello, se deben considerar los siguientes deterioros para justificar las intervenciones que se proponen en esta sección: descascaramiento superficial producto de impacto con vehículos, nidos de piedra y agrietamiento.

En la Figura 23-01 se puede observar la necesidad de reparar la superficie de las vigas de concreto preesforzado del puente sobre el río Tabaco en la Ruta Nacional n.° 160.



Figura 23-01. Existencia de daños sobre vigas de concreto preesforzado del puente sobre el río Tabaco en la Ruta Nacional n.° 160
Fuente: Unidad de Puentes de LanammeUCR, 2015

623.04 Materiales

Los materiales para la ejecución de esta actividad, deberán cumplir en lo que corresponda, con lo indicado en el CR-2020, según el listado que se presenta en la Tabla 23-01. Los materiales presentados corresponden a una sugerencia, sin embargo, estos deberán ser finalmente definidos por la Administración ya que dependerán de los requerimientos específicos del proyecto de conservación a desarrollar.

Tabla 23-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 623

Material	Apartado CR-2020
Adhesivos epóxicos de resina	725.21
Lechada (relleno fluido)	725.22

Tabla 23-01. Materiales posibles para ejecución de actividad 623

Material	Apartado CR-2020
Concreto preesforzado (materiales)	553.02
Concreto Estructural (materiales)	552.02
Encofrados	725.27
Obras temporales (material)	562.02
Mortero (1)	-

Notas:

(1) El mortero elaborado con polímero con compensación de retracción por fraguado de acuerdo con requerimientos de la guía denominada "*Bridge Member Repair Guidelines*" (PCI,2001). Con el producto por utilizar se debe obtener una resistencia medida a los 28 días acorde al elemento a reparar.

623.05 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: martillos, cinceles, llana metálica y otras herramientas similares, brochas, rodillos, compresor de aire, encofrado, una cámara fotográfica, GPS y cualquier otro equipo o herramienta especificado por la Administración.

623.06 Procedimiento de ejecución

En general los procedimientos constructivos deberán atender en lo que corresponda, lo indicado en la *Sección 553 Concreto preesforzado* del CR-2020 y la guía denominada "*Bridge Member Repair Guidelines"* (PCI, 2001) en su versión más reciente. Asimismo, el proceso a seguir dependerá de la solución técnica aprobada por la Administración, no obstante, el procedimiento podría ser el descrito en la Subsección 623.07 de las presentes especificaciones.

623.07 Procedimiento: Reparación de superficie de concreto presforzado

El procedimiento *reparación de superficie de concreto presforzado* debe contemplar como mínimo, pero sin limitarse a ellas, las operaciones que se mencionan a continuación, asimismo, deben seguirse los criterios establecidos en la guía PCI (2001):

1. Realizar una limpieza general, ya sea por medios manuales o mecánicos, de la zona a intervenir. Lo anterior, para facilitar la delimitación de la zona de trabajo y evitar la contaminación como polvo u otros elementos que perjudiquen la calidad de los trabajos.

2. Demarcar las áreas a intervenir previamente aprobadas por la Administración. Estas áreas deberán ser más grandes que la zona afectada visible, debiendo abarcar aquellas zonas adyacentes que pudieran tener defectos ocultos. La identificación de estas zonas puede lograrse mediante simples técnicas sonoras, como golpear la región con un martillo, un tubo de acero o arrastrando una cadena. Un sonido metálico y agudo es evidencia de una superficie de concreto en buen estado, mientras que uno hueco o

apagado alerta sobre una posible falla. En algunos casos, puede ser necesario utilizar ensayos no destructivos en el concreto para determinar la condición del mismo.

3. En caso de que se visualice el acero de preesfuerzo, se debe realizar una revisión estructural para determinar que no haya pérdida de adherencia o pérdida de capacidad del elemento. En el caso en el que se determine que hay pérdida de capacidad, no deben de realizarse los procedimientos siguientes sino debe valorarse la rehabilitación o la reconstrucción (sustitución) del elemento afectado.

4. Una vez delimitada el área afectada, se debe remover todo el concreto suelto que se encuentre en el área. En general, el área a reparar debe mantener una profundidad mínima de 25,4 mm (1") y sus bordes deben mantenerse rectos perpendiculares a la superficie a reparar. Durante este proceso, deben tomarse las medidas necesarias para no afectar el acero de refuerzo existente, ya sea de preesfuerzo o convencional. En el caso en que se observe el acero de refuerzo convencional, debe removerse el concreto dejando un espacio libre de 25,4 mm (1") alrededor de la varilla para permitir que el concreto se adhiera a toda la superficie del acero de refuerzo.

5. En caso de ser necesario, se debe realizar el encofrado de los elementos, según la *Subsección 725.27 Encofrados* del CR-2020, asegurando que este no vaya a presentar deflexiones o desplazamientos durante el colado del concreto. Se debe diseñar y construir el andamiaje y los encofrados de acuerdo con lo dispuesto en la *Sección 562 Obras temporales* del CR-2020.

6. Dependiendo del tamaño del daño a reparar y su ubicación, se debe seleccionar uno de los métodos de reparación expuestos en el documento de guía para reparación de miembros de puente del PCI (2001) o su versión vigente. Dichos procedimientos difieren en el material que se debe utilizar para la reparación, existiendo la posibilidad de utilizar cemento modificado con polímeros y con compensación a la retracción por fraguado o utilizando un agente adherente y mortero estructural de alta resistencia con compensación de retracción por fraguado. Se debe colocar el material seleccionado de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Para ambos casos, el material seleccionado debe alcanzar una resistencia a la compresión del concreto igual o mayor a la del elemento preesforzado.

7. Se debe verificar, previo a la colocación del material de reparación, con las especificaciones del fabricante del producto por utilizar o en la Guía para reparación de miembros de puente del PCI (2001) o su versión vigente, si se requiere preparar la superficie por reparar, colocando algún tipo de adhesivo epóxico. En caso de ser requerido el puente de adherencia, este debe colocarse siguiendo las indicaciones del fabricante y conforme a lo indicado en la *Subsección 725.21 Adhesivos epóxicos de resina* del CR-2020.

8. Curar el material colocado de acuerdo con las especificaciones del fabricante y proceder a realizar la limpieza del sitio conforme a lo indicado en la *Subsección 104.06 Limpieza final* del CR-2020. En general, se deberá realizar la limpieza del sitio y depositar los materiales sobrantes en el sitio de depósito de excedentes indicado y previamente aprobado por la Administración, evitando colocarlo en sitios que afecten las obras de drenaje o la

seguridad vial de la carretera. Estos trabajos deberán realizarse en un periodo no mayor a 24 horas posterior a la finalización de los trabajos de conservación.

623.08 Medición

La unidad de medida para los procedimientos descritos en la presente sección podrá ser, previa aceptación y aprobación de las obras realizadas por el contratista por parte de la Administración, de las siguientes formas:

1. Reparación de superficie de concreto preesforzado: metros cuadrados (m^2) para la cual se deberá especificar la profundidad promedio de la reparación. Asimismo, en caso de que la Administración lo considere necesario, podrá evaluar y medir el trabajo de acuerdo con los metros cúbicos (m^3) de superficie debidamente reparada y acabada.

623.09 Renglones de pago

Las cantidades se pagarán al precio unitario y las unidades establecidas en el Contrato, o bien de acuerdo con el siguiente listado de renglones de pago que se muestran en el Tabla 23-02.

Tabla 23-02. Renglones de pago para reparación de elementos de concreto preesforzado

Ítem	Renglón de pago	Unidad
MP.623.01	*Reparación de superficie de concreto preesforzado*	m^2
MP.623.02	*Reparación de superficie de concreto preesforzado*	m^3

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO, y AWS. (2020). *Bridge Welding Code* (AASHTO/AWS D1.5M/D1.5:2020). American National Standards Institute. Obtenido de https://webstore.ansi.org/

AASHTO. (1978). *Guide specifications for fracture critical non-redundant steel bridge members.* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2002a). *Standard Method of Test for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine* (AASHTO - T 96). American Association of State and Highway Transportation Officials. Obtenido de https://standards.globalspec.com/

AASHTO. (2002b). *Standard Specifications for Highway Bridges (17° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2012). *Standard Specification for Preservatives and Pressure Treatment Processes for Timber* (AASHTO - M 133). American Association of State and Highway Transportation Officials. Obtenido de https://standards.globalspec.com/

AASHTO. (2013). *Standard Specification for Epoxy Resin Adhesives* (AASHTO - M 235M/M 235). American Association of State and Highway Transportation Officials. Obtenido de https://standards.globalspec.com/

AASHTO. (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

ACI. (2001). *Control of Cracking of Concrete Structures (224R-01).* Farmington Hills: American Concrete Institute.

ACI. (2005). *Guide for Consolidation of Concrete (309R-05).* Farmington Hills: American Concrete Institute.

ACI. (2011a). *Crack Repair by Gravity Feed with Resin (RAP-2).* Farmington Hills: American Concrete Institute.

ACI. (2011b). *Structural Crack Repair by Epoxy Injection (RAP-1).* Farmington Hills: American Concrete Institute.

ASTM. (2008). *Especificación Normalizada para Barras de Acero de Baja Aleación Lisas y Corrugadas para Refuerzo de Concreto* (ASTM A706/A706M-08). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2017). *Standard Test Methods for Rating Adhesion by Tape Test* (ASTM D3359 - 17). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2018a). *Standard Practice for Installation of Double-Twisted Wire Mesh Gabions and Revet Mattresses* (ASTM D7014 - 18). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2018b). *Standard Test Method for Indicating Oil or Water in Compressed Air* (ASTM D4285 - 83(2018)). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2020a). *Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete* (ASTM C881 / C881M - 20a). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

ASTM. (2020b). *Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel* (ASTM D4417 - 20). American Society for Testing and Materials. Obtenido de https://www.astm.org/

AWS. (2013). *Structural Aluminum Welding Code-Alumium* (AWS D1.2/D1.2M:2014). American National Standards Institute. Obtenido de https://webstore.ansi.org/

Bowman, M. D., y Moran, L. M. (2015). *Bridge Preservation Treatments and Best Practices (Joint Transportation Research Program Publication n.° FHWA/IN/JTRP-2015/22).* Indiana: Purdue University.

FHWA. (2013). *Manual for Repair of Fatigue Cracks in Steel Bridges (Publication n.° FHWA-IF-13-020).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

FHWA. (2015). *Bridge Maintenance Reference Manual (Publication n.° FHWA-NHI-14-050).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

INTECO. (2015a). *Salud y seguridad ocupacional. Equipo de protección individual. Calzado de seguridad* (INTE/ISO 20345:2015). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2015b). *Salud y seguridad ocupacional. Equipo de protección personal. Calzado de protección* (INTE/ISO 20346:2015). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2016). *Salud y seguridad ocupacional. Buenas prácticas para la selección y el uso de equipos de protección ocular y facial* (INTE T5:2016). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2017). *Barras de acero de baja aleación, lisas y corrugadas para refuerzo de concreto. Requisitos* (INTE C401:2017). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2018a). *Medición de la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado* (INTE C43:2018). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

INTECO. (2018b). *Prendas y accesorios de alta visibilidad para uso profesional. Requisitos y métodos de ensayo* (INTE W67:2018/Enm 1:2020). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Obtenido de https://www.inteco.org/

Ley de Creación del Consejo de Vialidad (CONAVI). (Ley n.° 7798, 1998). Costa Rica.

Ley de Simplificación y Eficiencia Tributarias. (Ley n.° 8114, 2001). Costa Rica.

Ley Orgánica del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). (Ley n.° 3155, 1963). Costa Rica.

MDOT. (2017). *Structural Detail Manual.* Maryland: Office of Structures, Maryland Department of Transportation.

MOPT. (2010). *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes_CR-2010.* Ministerio de Obras Públicas y Transportes: San José.

MOPT. (2015a). *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes_MCV-2015.* San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT. (2015b). *Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la ejecución de Trabajos en las Vías.* San José: Dirección General de Ingeniería de Tránsito, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT. (2022). *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes_CR-2020.* San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

NCHRP. (2018). *Spot Painting to Extend Highway Bridge Coating Life-Volume 1: Guidance.* Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

NHI. (2016). *FHWA-NHI-130106A: Bridge Preservation Fundamentals*. Curso en línea. National Highway Institute, Federal Highway Administration, Washington, D.C, Estados Unidos de América.

PCI. (2001). *Bridge Member Repair Guidelines (Report n.° PCINER-01-BMRG).* New England Region: Precast/Prestesseded Concrete Institute.

PennDOT. (2019). *Bridge Maintenance Manual (PUB 55 (7-19)).* Pennsylvania: Pennsylvania Department of Transportation.

Reglamento al Artículo 6 de la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria n.° 8114. (Decreto Ejecutivo n.° 37016 - MOPT, 2012). Costa Rica.

Reglamento de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías. (Decreto Ejecutivo n.° 38799-MOPT, 2015). Costa Rica.

SIECA. (2014). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.* Ciudad de Guatemala: Secretaría de Integración Económica Centroamericana

SSPC, y NACE. (2002). *Surface Preparation and Cleaning of Metals by Waterjetting Prior to Recoating* (SSPC-SP 12/NACE n.° 5). The Society for Protective Coatings. Obtenido de https://www.techstreet.com/

SSPC, y NACE. (2003). *Surface Preparation of Concrete* (SSPC-SP 13/NACE n.° 6). The Society for Protective Coatings. Obtenido de https://www.techstreet.com/

SSPC, y NACE. (2007). *Commercial Blast Cleaning* (SSPC-SP 6/NACE n.° 3). The Society for Protective Coatings. Obtenido de https://www.techstreet.com/

VICROADS. (2018). *Bridge Maintenance and Repair Manual.* Victoria State Government: Asset Services, VICROADS.

Apéndice E

Especificaciones técnicas para un sistema de monitoreo integral en puentes

E.1 Estrategias recomendadas para la implementación de MSE..... E/2

E.2 Contenido (tareas) de monitoreo.....E/10

E.3 Requisitos en la selección de sensores..... E/12

E.4 Requerimientos en cuanto a la distribución de los sensores.....E/13

E.5 Especificaciones técnicas recomendadas para los sensores de uso frecuente.....E/18

E.6 Bibliografía..... E/23

E.1 Estrategias recomendadas para la implementación de MSE

Para los diferentes casos donde se recomienda una estrategia de monitoreo mostrados en Tabla E.1, las recomendaciones son dadas siguiendo el orden de los diferentes tipos de monitoreo presentados en el Inciso 11.3.2.3 del MP-2024 Tomo I.

Es importante señalar que el Monitoreo de Salud Estructural (MSE) en su máxima expresión es de instalación permanente y monitoreo continuo para que sea posible un seguimiento ininterrumpido del estado estructural y un alertamiento temprano en tiempo real, solo que lo anterior no siempre es factible o adecuado teniendo en consideración la inversión asociada, dificultad de instrumentación en campo, así como el volumen de información generado. Si bien las siguientes recomendaciones a continuación se consideran suficientes para los diferentes propósitos, siempre debe prevalecer los criterios del experto en MSE con base en una evaluación operacional, las necesidades y el alcance de monitoreo.

Tabla E.1. Estrategias recomendadas y consideraciones para diferentes casos donde amerita la implementación de MSE.

Caso	Estrategia recomendada y consideraciones
1. Estudios de mayor profundidad que se requieran después de que la inspección visual así lo solicita. 2. Como herramienta de apoyo y como PND/END en un trabajo de diagnóstico y evaluación estructural tradicional. 3. Validación de hipótesis de diseño, de un diagnóstico estructural tradicional o de un modelo estructural, y retroalimentación de experiencias para las mejoras futuras. 4. Investigación (recolección de datos experimentales para una mejor comprensión del comportamiento estructural, cambio hacia una filosofía de diseño basada en desempeño, entre otros)	i) Dimensión: método global y/o local según el requerimiento. El método global permite calibrar el modelo estructural analítico para poder realizar evaluaciones y predicciones con ello. El método local permite cuantificar y evaluar el daño en una zona o elemento específico. ii) Acción: dinámico y/o estático según el requerimiento, por ejemplo, prueba de carga estática o dinámica, o métodos basados en vibraciones ambientales (tránsito, viento o microsismos). iii) Instalación: temporal en el lapso requerido. Puede ser una prueba experimental para la validación de resultados analíticos ejecutables en un par de horas o días; o también puede ser de largo plazo durante meses o años para evaluar el comportamiento a largo plazo, bajo diferentes factores ambientales en términos de su ciclo de vida. En este último se puede decir que es casi permanente. iv) Tiempo: una sola vez, como una prueba experimental en campo. Puede ser periódico o continuo para cuando se requiera del conocimiento de parámetros estructurales variantes en el tiempo o en función de condiciones ambientales como temperatura o cargas con efectos estacionales. v) Procesamiento y análisis de datos: fuera de línea o en línea. Si son grandes volúmenes de información o cuando es indispensable el conocimiento de resultados en tiempo real, por ejemplo, en la prueba de comprobación de carga que se requiere de la visualización en tiempo real de la respuesta estructural, se requiere de procesamiento en línea. En el caso de análisis fuera de línea, aplica cuando los datos pueden ser procesados y los resultados conocidos posteriormente. vi) Nivel de profundidad de la información generada: según

Tabla E.1. Estrategias recomendadas y consideraciones para diferentes casos donde amerita la implementación de MSE.

Caso	Estrategia recomendada y consideraciones
	requerimientos.
5. MSE como estrategia para la gestión de puentes	i) Dimensión: método global. ii) Acción: dinámico y/o estático según el requerimiento, por ejemplo: prueba de carga estática o dinámica, o métodos basados en vibraciones ambientales. iii) Instalación: temporal. iv) Tiempo: periódico, dependiendo del estado estructural encontrado, puede realizarse instrumentaciones anuales para puentes “sanos”. v) Procesamiento y análisis de datos: fuera de línea. vi) Nivel de profundidad de la información generada: diagnosis con nivel 1 de detección de daño. En caso de detectar daño, se debe localizar (nivel 2), luego, estimar la severidad de daño (nivel 3), y proceder con una *Inspección detallada* del lugar de daño y realizar END/NDE (método local) si es necesario. Cuando se trata de un alto volumen de puentes, es recomendable automatizar el proceso y minimizar el esfuerzo humano en análisis de datos.
6. Modificaciones a estructura existente (rehabilitación menor o mayor)	<u>Para efectos de validar la eficacia de la modificación realizada:</u> i) Dimensión: método global o local dependiendo del tipo y propósito de reforzamiento. ii) Acción: dinámico y/o estático según el requerimiento, por ejemplo, prueba de carga estática o dinámica, o métodos basados en vibraciones ambientales. iii) Instalación: temporal. iv) Tiempo: antes y después de la modificación. v) Procesamiento y análisis de datos: fuera de línea.

Tabla E.1. Estrategias recomendadas y consideraciones para diferentes casos donde amerita la implementación de MSE.

Caso	Estrategia recomendada y consideraciones
	vi) Nivel de profundidad de la información generada: diagnosis. <u>Para efectos de monitorear la integridad estructural durante la modificación:</u> i) Dimensión: método global y/o local según el requerimiento. ii) Acción: dinámico (vibraciones ambientales) y estático (deformaciones o desplazamientos en zonas claves de control). iii) Instalación: temporal durante la modificación. iv) Tiempo: continuo. v) Procesamiento y análisis de datos: en línea y automático (como mínimo con módulo de alertamiento temprano). vi) Nivel de profundidad de la información generada: mediciones directas, identificación de parámetros de interés o diagnosis.
7. Puente bajo potencial de afectación de trabajos externos cercanos	Igual al caso 6 para efectos de monitorear la integridad estructural durante el trabajo externo.
8. Demolición de una estructura	Igual al caso 6 para efectos de monitorear la integridad estructural durante el trabajo de demolición.
9. Puentes cercanos al final de su vida útil, con dudas sobre su capacidad y condición estructural, pero por su importancia deben permanecer en operación y sin interrupción	Pruebas de carga para determinar su capacidad de carga. <u>Para efectos de monitorear la seguridad estructural durante la operación:</u> i) Dimensión: método global. Con método local si se determinaron zonas o elementos críticos que lo requieran. ii) Acción: dinámico (vibraciones ambientales) y/o estático (deformaciones o desplazamientos en zonas claves de control).

Tabla E.1. Estrategias recomendadas y consideraciones para diferentes casos donde amerita la implementación de MSE.

Caso	Estrategia recomendada y consideraciones
	iii) Instalación: permanente hasta el final de su vida útil o su rehabilitación mayor. iv) Tiempo: dependiendo del estado de deterioro, se puede escoger si se empleará monitoreo periódico o continuo. v) Procesamiento y análisis de datos: análisis en línea y automático (mínimo con módulo de alerta temprana). vi) Nivel de profundidad de la información generada: mediciones directas, identificación de parámetros de interés o diagnosis. Además, en combinación con inspecciones visuales realizar evaluación de la seguridad estructural en forma periódica.
10. Puentes con daños identificados y que deben permanecer en operación mientras se espera su reparación o reforzamiento	Igual al caso anterior, pero añadir, además, mediciones directas sobre el daño, por ejemplo, monitorear el ancho de una grieta.
11. Puentes sujetos a desplazamientos en la subestructura (movimientos en relleno de aproximación, socavación grave en las pilas, cimentaciones en condiciones geotécnicas especiales, entre otros)	i) Dimensión: método global y específicamente en el monitoreo del posicionamiento espacial de la subestructura. ii) Acción: estático (en las subestructuras) y dinámico (vibraciones ambientales). <u>Si la tasa de desplazamiento es lenta (en el orden de meses o años):</u> iii) Instalación: temporal. iv) Tiempo: periódico. v) Procesamiento y análisis de datos: análisis fuera de línea o en línea según los requerimientos. <u>Si la tasa de desplazamiento es rápida (en cuestión de horas o minutos):</u> iii) Instalación: permanente.

Tabla E.1. Estrategias recomendadas y consideraciones para diferentes casos donde amerita la implementación de MSE.

Caso	Estrategia recomendada y consideraciones
	iv) Tiempo: continuo. v) Procesamiento y análisis de datos: análisis en línea. vi) Nivel de profundidad de la información generada: según requerimientos.
12. Puentes sujetos a deformaciones a largo plazo o degradación de materiales (flujo plástico, relajación de acero, exposición en un ambiente agresivo, entre otros)	Igual al caso anterior, pero con el monitoreo enfocado hacia las zonas o elementos críticos. Si el fenómeno ha ocasionado algún daño en los componentes estructurales, se debe monitorear la evolución del daño con la estrategia adecuada para el daño.
13. Evaluación de fatiga	i) Dimensión: método local (mediciones de deformaciones unitarias). ii) Acción: dinámico (se requiere una tasa de muestreo > 100 Hz en la adquisición de datos y con sensores que tienen el rango de frecuencia adecuada para los ciclos de fatiga). iii) Instalación: temporal durante un tiempo especificado. iv) Tiempo: continuo. v) Procesamiento y análisis de datos: fuera de línea. vi) Nivel de profundidad de la información generada: según requerimientos.
14. Puentes con novedosos sistemas de construcción	<u>Para efectos de monitorear el comportamiento del puente durante la construcción:</u> i) Dimensión: método global y/o local según el requerimiento. ii) Acción: dinámico (vibraciones ambientales) y estático (deformaciones o desplazamientos en zonas o elementos claves de control, temperatura, entre otros).
15. Puentes con un diseño no tradicional y con desconocimiento sobre su	

Tabla E.1. Estrategias recomendadas y consideraciones para diferentes casos donde amerita la implementación de MSE.

Caso	Estrategia recomendada y consideraciones
comportamiento (cuyo diseño y evaluación no está bien contemplado en los distintos manuales de la materia)	iii) Instalación: temporal durante la construcción, el cual se retira una vez cumplida la tarea; o en forma integral y permanente, incluso embebido en la estructura, como sistema de monitoreo permanente para recepción de obra y seguimientos futuros. iv) Tiempo: continuo o periódico dependiendo del contenido de monitoreo y su tasa de cambio. v) Procesamiento y análisis de datos: análisis en línea y automática (mínimo con módulo de alertamiento temprano). vi) Nivel de profundidad de la información generada: mediciones directas, identificación de parámetros de interés o diagnosis, y evaluación de la seguridad estructural en caso de detectar daños. <u>Para efectos de monitorear el comportamiento del puente durante su operación:</u> La misma estrategia que durante la construcción. Puede ser del mismo sistema integral usado durante la construcción, el cual debe ser diseñado y planeado para que cumpla las funciones de monitoreo durante la operación del puente, o puede ser otro sistema instalado en forma permanente con la misma estrategia descrita.
16. Evaluación de la integridad estructural posterior a eventos extremos (terremoto, huracán, incendios, entre otros)	<u>Para puentes sin instrumentación permanente:</u> i) Dimensión: método global o local según los requerimientos. ii) Acción: dinámico (trabaja con vibraciones ambientales antes y después del evento) y/o estático (deformaciones o desplazamientos en zonas o elementos claves de control, entre otros). iii) Instalación: temporal. iv) Tiempo: antes y después de la ocurrencia de los eventos.

Tabla E.1. Estrategias recomendadas y consideraciones para diferentes casos donde amerita la implementación de MSE.

Caso	Estrategia recomendada y consideraciones
	v) Procesamiento y análisis de datos: análisis en línea o fuera de línea, pero automatizado (para dar un diagnóstico en sitio). vi) Nivel de profundidad de la información generada: diagnosis (evaluación de la integridad estructural). <u>Para puentes con instrumentación permanente:</u> Si es un puente con sensor de aceleración permanente, se pueden emplear métodos dinámicos basados en vibraciones e identificar cambios de frecuencias durante movimientos fuertes, procesando datos en tiempo real y en forma automatizada para emitir alertamiento temprano.
17. Puentes nuevos de gran envergadura, de importancia extrema y/o novedoso en su diseño y/o sistema constructivo	<u>Para puentes con instrumentación integral permanente, monitoreo continuo y automatizado:</u> i) Dimensión: método global y local. ii) Acción: dinámico (vibraciones ambientales y especialmente movimientos fuertes durante el evento extremo) y estático (deformaciones o desplazamientos en zonas o elementos claves de control, entre otros). iii) Instalación: permanente. iv) Tiempo: continuo. v) Procesamiento y análisis de datos: análisis en línea y automático (con todos los módulos de alertamiento temprano, de identificación de daño, de evaluación de integridad estructural y de gestión de bases de datos). vi) Nivel de profundidad de la información generada: diagnosis y prognosis.
18. Puentes con poca redundancia estructural, en donde la falla de uno de sus elementos principales podría resultar en una falla de toda la	Pruebas de carga para determinar la capacidad de carga y el desempeño de los elementos o secciones críticos identificados previamente con evaluación operacional, para así determinar si es suficiente con monitoreos periódicos similar al caso 5. (estrategia para la gestión de puentes) o

Tabla E.1. Estrategias recomendadas y consideraciones para diferentes casos donde amerita la implementación de MSE.

Caso	Estrategia recomendada y consideraciones
estructura	es necesario una instalación permanente. En caso de requerir instalación permanente para el monitoreo de la seguridad estructural: i) Dimensión: método global y/o local, con este último en las zonas o elementos críticos que lo requieran. ii) Acción: dinámico (vibraciones ambientales) y/o estático (deformaciones o desplazamientos en zonas claves de control). iii) Instalación: permanente hasta el final de su vida útil o su reforzamiento. iv) Tiempo: dependiendo del estado de deterioro, se puede escoger si se empleará monitoreo periódico o continuo. v) Procesamiento y análisis de datos: análisis en línea y automático (mínimo con módulo de alerta temprana). vi) Nivel de profundidad de la información generada: mediciones directas, identificación de parámetros de interés o diagnosis. Además, en combinación con inspecciones visuales realizar evaluación de la seguridad estructural en forma periódica.

Nota: Los casos 1 al 4 tienen la misma estrategia recomendada y consideraciones.

E.2 Contenido (tareas) de monitoreo

Las siguientes tablas muestran los contenidos para un monitoreo integral de las diferentes tipologías de superestructura de puente, que implica una vigilancia de todos los parámetros determinantes de la condición estructural de sus componentes. Para la mayoría de los casos, se podría requerir sólo de ciertos contenidos, dependiendo de las necesidades reales y de la evaluación operacional del puente.

Esta sección y la E.3, E.4 y E.5 son traducciones de la norma de MSE de Tianjin, China (Comité de Construcción y Transporte de la ciudad y el municipio de Tianjin, 2018).

Tabla E.2. Contenido de monitoreo para puentes tipo viga.

Monitoreo de la acción	Principal	Cargas vehiculares, temperatura.
	Secundario	Acciones sísmicas.
Monitoreo de la respuesta estructural	Principal	Deformaciones unitarias y sus correspondientes esfuerzos en diferentes zonas de control o elementos claves, deformaciones verticales, vibración, asentamiento de subestructuras, desplazamientos en las juntas de expansión.
	Secundario	Forma geométrica del puente, reacción de los apoyos.

Tabla E.3. Contenido de monitoreo para puentes tipo arco.

Monitoreo de la acción	Principal	Cargas vehiculares, temperatura.
	Secundario	Acciones sísmicas, carga del viento, video (se hace la salvedad de que a través de videos se pueden monitorear diferentes acciones, eventos u otras situaciones operacionales).
Monitoreo de la respuesta estructural	Principal	Fuerza en el torón de los tirantes, fuerza en el torón de las péndolas, deformación vertical de las vigas principales, vibración de los arcos principales, deformaciones unitarias y sus correspondientes esfuerzos en zonas o elementos claves, desplazamientos de los pies del arco, desplazamientos en las juntas de expansión.
	Secundario	Forma geométrica del puente, reacción de los apoyos.

Tabla E.4. Contenido de monitoreo para puentes atirantados.

Monitoreo de la acción	Principal	Cargas vehiculares, carga del viento, temperatura.
	Secundario	Acciones sísmicas, humedad, video (se hace la salvedad de que a través de videos se pueden monitorear diferentes acciones, eventos u otras situaciones operacionales).
Monitoreo de	Principal	Deformaciones unitarias y sus correspondientes esfuerzos en diferentes zonas de control de la torre y de

la respuesta estructural		las vigas principales, desplazamiento espacial de la torre, vibración de la torre y de las vigas principales, fuerza en los torones de atirantado, deformación vertical de las vigas principales, desplazamientos en las juntas de expansión.
	Secundario	Forma geométrica del puente, reacción de los apoyos.

Tabla E.5. Contenido de monitoreo para puentes colgantes.

Monitoreo de la acción	Principal	Cargas vehiculares, carga del viento, temperatura.
	Secundario	Acciones sísmicas, humedad, video (se hace la salvedad de que a través de videos se pueden monitorear diferentes acciones, eventos u otras situaciones operacionales).
Monitoreo de la respuesta estructural	Principal	Deformaciones unitarias y sus correspondientes esfuerzos en diferentes zonas de control o elementos claves, desplazamiento espacial de las torres, vibración de las torres, fuerza en los cables de suspensión principales, posicionamiento de los cables de suspensión principales, fuerza en los tirantes verticales, deformación vertical de las vigas principales, vibración de las vigas principales, desplazamientos en los anclajes, esfuerzos en los anclajes, desplazamientos en las juntas de expansión.
	Secundario	Forma geométrica del puente, reacción de los apoyos.

Con respecto al contenido de monitoreo para otros tipos de puentes con sistemas estructurales que se puedan considerar complejos, se debe efectuar un diseño especial del MSE y determinar su contenido, de acuerdo con las características del puente y las necesidades de determinación de las fuerzas que se soportan y transmiten a través de la estructura. Para ello, el profesional responsable debe conocer los patrones de flujo de cargas en la estructura, e identificar cuáles son los elementos estructurales con mayor demanda, así como los posibles mecanismos de falla de la estructura.

E.3 Requisitos en la selección de sensores

Se deben seleccionar los tipos de sensores correspondientes a cada contenido de monitoreo del puente, los cuales deben cumplir con lo especificado en la siguiente tabla.

Tabla E.6. Selección del tipo de sensor.

Categoría de monitoreo	Contenido de monitoreo	Tipo de sensor
Acciones	Carga de viento	Anemómetro mecánico y ultrasónico.
	Temperatura	Sensor de temperatura.
	Humedad	Sensor de humedad.
	Carga vehicular	Sistemas de pesaje dinámico, cámaras de video.
	Sismo	Sensor de aceleración.
Respuesta estructural	Esfuerzo y deformación	Galgas extensiométricas de fibra óptica de rejilla de Bragg de medición puntual o distribuida, de cuerda vibrante, entre otros.
	Fuerza en los cables	Sensor de aceleración, dinamómetro del anclaje, sensor de flujo magnético, fibra óptica de rejilla de Bragg inteligente, de medición puntual o distribuida, entre otros.
	Deformación vertical	GPS, inclinómetros, métodos ópticos, radar interferométrico, escaneo láser.
	Desplazamiento espacial de la torre	GPS, inclinómetros, métodos ópticos, escaneo láser.
	Vibración del puente	Sensor de velocidad, sensor de aceleración.
	Forma geométrica del puente	Nivel estático, medidor de desplazamiento lineal, inclinómetro, GPS, estaciones totales, escaneo láser.
	Reacción de los apoyos	Sensor de deformación, dinamómetro de reacción del apoyo.
	Desplazamientos en las juntas de expansión	Medidor de desplazamiento lineal.

E.4 Requerimientos en cuanto a la distribución de los sensores

Las siguientes tablas muestran los requerimientos generales en cuanto a la distribución de

sensores para cada contenido de monitoreo, en el caso de un sistema de MSE integral permanente.

Tabla E.7. Distribución de sensores para diferentes contenidos de monitoreo en puentes tipo viga.

Contenido de monitoreo	Requerimientos de la distribución
Temperatura	En el centro, a un 1/4 y 3/4 del claro principal.
Humedad	En el centro del claro principal.
Esfuerzo	En el centro, a un 1/4 y 3/4 del claro principal; en el centro de los claros laterales; en los apoyos (para los puentes continuos de acero, en los nodos rígidos sobre las pilas).
Vibración del puente	En el centro, a un 1/4 y 3/4 del claro principal; en el centro de los claros laterales; en los apoyos (para los puentes continuos de acero, en los nodos rígidos sobre las pilas).
Deformación vertical	En el centro, a un 1/4 y 3/4 del claro principal; en el centro de los claros laterales.
Cargas vehiculares	A inicios del puente de aproximación conectado al puente principal, en los carriles vehiculares o en caso de que no tenga puente de aproximación, la medición debe ser antes del puente principal.
Sismo	En la cimentación de las pilas o de los bastiones.
Ancho de las juntas de expansión	Juntas de expansión.

Tabla E.8. Distribución de sensores para diferentes contenidos de monitoreo en puentes tipo arco.

Contenido de monitoreo	Requerimientos de la distribución
Velocidad de viento	En el centro del claro principal.
Temperatura	En el centro del claro principal y en el centro del arco principal.
Humedad	En el centro del claro principal y en el centro del arco principal.

Tabla E.8. Distribución de sensores para diferentes contenidos de monitoreo en puentes tipo arco.

Contenido de monitoreo	Requerimientos de la distribución
Cargas vehiculares	A inicios del puente de aproximación conectado al puente principal, en los carriles vehiculares.
Sismo	En fundación de los arcos.
Esfuerzo	En el centro, a un 1/4 y 3/4 del claro principal, en el centro y en los pies de los arcos.
Fuerza de los cables	En las pérgolas.
Vibración del puente	En el centro, a un 1/4 y 3/4 del claro principal.
Desplazamiento espacial	En el centro del claro principal, en el centro y en los pies de los arcos principales.
Deformación vertical	En el centro, a un 1/4 y 3/4 del claro principal, en el tope de los arcos.
Reacción de los apoyos	En los apoyos de los arcos.
Ancho de las juntas de expansión	Juntas de expansión.

Tabla E.9. Distribución de sensores para diferentes contenidos de monitoreo en puentes atirantados.

Contenido de monitoreo	Requerimientos de la distribución
Velocidad de viento	En el centro del claro principal y en la torre.
Temperatura	En el centro del claro principal y en la torre.
Humedad	En el centro del claro principal y en la torre.

Tabla E.9. Distribución de sensores para diferentes contenidos de monitoreo en puentes atirantados.

Contenido de monitoreo	Requerimientos de la distribución
Cargas vehiculares	A inicios del puente de aproximación conectado al puente principal, en los carriles vehiculares.
Sismo	En las cimentaciones de las pilas o de los bastiones.
Esfuerzo	En el centro, a un 1/4 y 3/4 del claro principal, en el centro de los claros laterales y en las torres.
Fuerza en los tirantes	En los tirantes.
Vibración del puente	En el centro, a un 1/4 y 3/4 del claro principal, en el centro de claros laterales y en la torre.
Desplazamiento espacial	En el centro del claro principal y en la torre.
Deformación vertical	En el centro, a un 1/4 y 3/4 del claro principal, y en el centro de los claros laterales.
Reacción de los apoyos	Sobre las pilas.
Ancho de las juntas de expansión	Juntas de expansión.

Tabla E.10. Distribución de sensores para diferentes contenidos de monitoreo en puentes colgantes.

Contenido de monitoreo	Requerimientos de la distribución
Velocidad de viento	En el centro del claro principal y en las torres.
Temperatura	En el centro del claro principal y en las torres.
Humedad	En el centro del claro principal y en las torres.
Cargas vehiculares	A inicios del puente de aproximación conectado al puente principal, en los carriles vehiculares.
Sismo	En el muelle de las pilas y en las torres.
Esfuerzo	En el centro, a un 1/4 y 3/4 del claro principal, en el centro de los claros laterales y en las torres.
Fuerza en los tirantes	En los cables de suspensión principal y en las péndolas.
Vibración del puente	En el centro, a un 1/4 y 3/4 del claro principal, en el centro de claros laterales y en las torres.
Desplazamiento espacial	En el centro del claro principal y en las torres.
Deformación vertical	En el centro, a un 1/4 y 3/4 del claro principal, y en el centro de los claros laterales.
Presión en el anclaje	En los anclajes.
Ancho de las juntas de expansión	Juntas de expansión.

Además de los contenidos mostrados en las tablas anteriores, también se deben satisfacer los otros requisitos de distribución y de contenido de monitoreo exigidos por las unidades de diseño y *Organización*.

E.5 Especificaciones técnicas recomendadas para los sensores de uso frecuente

Tabla E.11. Especificaciones técnicas para los sensores de uso frecuente.

Nombre del sensor	Indicadores técnicos	Nota
Anemómetro ultrasónico	Rango de medición de la velocidad de viento: 0 a 60 m/s Resolución en la medición: 0,01 m/s Precisión de la medición: ± 1 % Rango de medición de la dirección de viento: 0° – 360º Resolución en la dirección del viento: 0,1º Precisión en la medición de dirección del viento: ≤ ± 1 % Tasa de muestreo: ≥ 10 Hz Temperatura de trabajo: -30 ºC a 65 ºC	Emplear anemómetro ultrasónico y mecánico como complemento uno del otro.
Anemómetro mecánico	Rango de medición de la velocidad de viento: 0 m/s – 60 m/s Precisión de la medición: < ± 0,3 m/s Rango de medición de la dirección de viento: 0° a 360º Precisión en la medición de dirección del viento: < ± 3º Tasa de muestreo: ≥ 20 Hz Temperatura de trabajo: -30 ºC a 65 ºC	Emplear anemómetro ultrasónico y mecánico como complemento uno del otro.
Sistema de pesaje dinámico	Rango de velocidad vehicular: 10 km/h a 200 km/h Precisión de la medición: ≤ ± 1,5% Confiabilidad en la separación de vehículos: ≥ 98 %	

Tabla E.11. Especificaciones técnicas para los sensores de uso frecuente.

Nombre del sensor	Indicadores técnicos	Nota
	Rango de pesaje: ≥ 300 kN/eje Precisión en la determinación del volumen de tránsito: ≤ ± 1 % Error en la determinación de la distancia entre ejes: ≤ ± 1 % Precisión en el pesaje: ± 5 % Clasificación vehicular: de acuerdo con la tipología vehicular establecida por la Administración. Temperatura de trabajo: -30 ºC a 85 ºC.	
Sensor de aceleración (tipo 1)	Direcciones de medición: triaxial Rango de medición: ± 2g Ancho de banda en la respuesta de frecuencias: 0 Hz a 500 Hz Resolución: < 1,0 μg Sensibilidad: ≥ 1500 mV/g Sensibilidad transversal: < 1 % Límite de sobrecarga (impacto): > 250 g Temperatura de trabajo: -30ºC a 65 ºC	Utilizado en el monitoreo de vibraciones del puente, de sismos y de impacto.
Sensor de aceleración (tipo 2)	Direcciones de medición: uniaxial Rango de medición: ± 5 g Sensibilidad: ≥ 1000 mV/g Resolución: < 1,0 μg Ancho de banda en la respuesta de frecuencias: 0 Hz a 80 Hz Ruido: < 10 μV Temperatura de trabajo: -30 ºC a 65 ºC	Utilizado en el monitoreo de la fuerza de cable.
Sensor de deformación	Rango de medición: ± 1500 με	

Tabla E.11. Especificaciones técnicas para los sensores de uso frecuente.

Nombre del sensor	Indicadores técnicos	Nota
(galga extensiométrica)	Resolución: 1με Tasa de muestreo: ≥ 10 Hz Temperatura de trabajo: -30 ºC a 85 ºC Precisión de la medición: ± 3 με	
Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	Precisión de línea base estática: rizontal: 3 mm + 0,5 ppm rtical: 5 mm + 1 ppm Precisión de RTK (cinemática en tiempo real o navegación cinética satelital en tiempo real): rizontal: 10 mm + 1,5 ppm rtical: 15 mm + 1,5 ppm (en tiempo real) Tasa de muestreo: ≥ 20 Hz Temperatura de trabajo: -30 ºC a 65 ºC	
Medidor de desplazamiento lineal	Rango de medición: 10 mm a 1000 mm Precisión: ±0,1 mm Resolución: ± 0,01 mm Temperatura de trabajo: -30 ºC a 65 ºC	
Higrómetro	Rango de medición: 0 % a100 % Humedad Relativa (HR) Precisión: ± 1,5 % Estabilidad: < 1 % de HR/año Temperatura de trabajo: -30 ºC a 85 ºC	
Termómetro	Rango de medición: -30 ºC a 85 ºC Precisión: ± 0,5 ºC	
Inclinómetro	Rango de medición: ± 14,5º Desviación en el punto cero: <0,15º No linealidad: < 0,005º Resolución: < 0,00005º	

Tabla E.11. Especificaciones técnicas para los sensores de uso frecuente.

Nombre del sensor	Indicadores técnicos	Nota
	Error de repetividad: < 0,003º Ruido: < 0,0002º rms (media cuadrática) Temperatura de trabajo: -30 ºC a 65 ºC	
Nivel estático	Rango de medición: ≥ ±10 mm Precisión: ±0,3 mm Temperatura de trabajo: -30 ºC a 65 ºC	
Medidor de flujo magnético	Rango de medición: 0 a Esfuerzo de fluencia del cable de atirantado. Longitud del cableado: ≤ 200 m Desviación del sistema: ≤ 2 % FS (FS: escala completa) Voltaje de alimentación: AC 100 V a 240 V Voltaje de excitación: 100 V a 500 V Temperatura de trabajo: -30 ºC a 65 ºC	
Estaciones totales	Precisión en la medición de ángulo: ≤ 0,0175 rad Precisión en la medición de distancia: 1 mm + 2 ppm Alcance de medición (condición atmosférica promedio): 2,5 km (prisma simple) / 3,5 km (prisma triangular) Tiempo de una medición: ≤ 3,5 s Aumento del telescopio: 30 x Función ATR (reconocimiento automático de prisma): 1000 m (prisma simple) / 600 m (prisma de 360º) Temperatura de trabajo: -30 ºC a 65 ºC	
Dinamómetro de reacción en los	Rango de medición: 500 – 64000 kN Resolución: ≤ 0,1 % FS (FS: escala completa)	

Tabla E.11. Especificaciones técnicas para los sensores de uso frecuente.

Nombre del sensor	Indicadores técnicos	Nota
apoyos	No linealidad: ≤ 1,5 % FS Desviación integral: ≤ 2,0 % FS Temperatura de trabajo: -20 ºC a 65 ºC	
Dinamómetro del anclaje	Nivel de precisión: 3 % Rango aplicable (0,2 F nominal a F nominal) Error de repetividad: (0,2 F nominal a F nominal): 0,3 % Error en la linealidad: 0,3 % Influencia de la temperatura en la sensibilidad por cada 10 ºC de variación: 0,25 % (después de la compensación: 0,05%) Influencia de la temperatura en el punto cero/ 10 ºC: 0,2 % Influencia de la excentricidad/5 mm: 0,4 % Flujo plástico/30 m: 0,1% Deriva del cero/año: 0,2% . Temperatura de almacenamiento: -40 ºC a 70 ºC . Mayor carga de trabajo: 120 % . Límite de sobrecarga de seguridad: 150 % . Sobrecarga de destrucción: 250 % . Amplitud de esfuerzo permisible: 70 % . Temperatura de trabajo: -30 ºC a 65 ºC	

E.6 Bibliografía

Comité de Construcción y Transporte de la cuidad y municipio de Tianjin. (2018). *Sistema de monitoreo de salud estructural: especificaciones técnicas para puentes de Tianjin.*Tianjin.

Página intencionalmente en blanco.

Apéndice F

Guía para la calificación de la condición de puentes existentes

F.1 Generalidades.....F/2

F.2 Definición de calificación de la condición.....F/3

F.3 Variables que intervienen en la calificación de la condición de deficiencias en elementos de puentes.....F/5

F.3.1 Función del elemento.....F/5

F.3.2 Efecto de la deficiencia.....F/7

F.3.3 Extensión asociada a cada nivel de severidad de la deficiencia.....F/8

F.4 Criterio para la calificación de la condición de las deficiencias de un elemento.....F/10

F.5 Procedimiento para calificar la condición de los elementos, los componentes y el puente de forma global.....F/16

F.5.1 Descripción del procedimiento.....F/16

F.5.2 Ejemplo de aplicación del procedimiento.....F/18

F.6 Categorización de los elementos de puentes.....F/22

F.7 Categorización de las deficiencias en elementos de puentes.....F/38

F.8 Procedimiento para calificar la condición con datos del programa SAEP del CONAVI. F/47

F.8.1 Categorización de los elementos del SAEP.....F/48

F.8.2 Categorización de las deficiencias del SAEP.....F/49

F.8.3 Criterio para la calificación de la condición de los elementos del SAEP.....F/54

F.9 Bibliografía.....F/56

F.1 Generalidades

Este apéndice consiste en una guía para calificar la condición de los elementos, los componentes y del puente de forma global. La calificación de la condición se obtiene a partir de la extensión y la severidad de las deficiencias identificadas durante una *Inspección rutinaria* del puente, la cual se debe realizar siguiendo los criterios establecidos en el Capítulo 6 y el Apéndice B del MP-2024 Tomo I.

La calificación de la condición permite determinar las acciones de intervención necesarias para restaurar o mejorar de la condición de los elementos, los componentes y del puente de forma global. Una vez obtenida la calificación de la condición por medio del procedimiento que se describe en esta guía, las acciones de intervención que son requeridas se pueden determinar utilizando la metodología que se presenta en el Apartado 8.2.1 del MP-2024 Tomo I.

Para la elaboración de esta guía se tomaron como base las metodologías de las siguientes publicaciones, modificando algunos aspectos para adaptarlos al enfoque de *Inspección rutinaria* que se especifica en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I:

- Los enfoques cualitativos y de calificación máxima, descritos en la publicación: "*Synthesis of National and International Methodologies Used for Bridge Health Indices"* (Federal Highway Administration [FHWA], 2016).
- La escala de calificación para determinar la calificación general de componentes descrita en la publicación: "*Bridge Preservation Guide - Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility" (*FHWA, 2018).

En la Sección F.2 de la guía se presenta la escala que se utiliza para la calificación de la condición. En la Sección F.3 se explica cada una de las variables que intervienen en la calificación de las deficiencias en elementos de puentes. En la Sección F.4 se define el criterio para calificar la condición a nivel de deficiencias, que constituye la base para obtener la calificación de condición a nivel de elemento, a nivel de componente y a nivel del puente. En la Sección F.5 se describe el procedimiento para calificar la condición de los elementos, componentes y del puente de forma global a partir de la calificación de la condición de cada una de las deficiencias; adicionalmente, se incluye un ejemplo de la aplicación del procedimiento a un caso hipotético. La Sección F.6 muestra la categorización de todos los elementos de acuerdo con su función, y la Sección F.7 muestra la categorización de todas las deficiencias de acuerdo a su efecto sobre el elemento donde se presentan. Esta categorización es importante ya que la importancia relativa de los elementos y las deficiencias se toma en cuenta para la calificación de la condición. Finalmente, en la Sección F.8 se explica el procedimiento para calificar la condición utilizando los datos del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP).

F.2 Definición de calificación de la condición

La calificación de la condición de puentes es un indicador de desempeño que se utiliza para apoyar la toma de decisiones relacionadas con la intervención de puentes, para determinar aquellas estructuras que representan un peligro a la seguridad de los usuarios o a la continuidad del servicio brindado y para la asignación de recursos a los distintos programas de intervención (mantenimiento cíclico, mantenimiento basado en la condición, rehabilitación menor, rehabilitación mayor y reconstrucción), siguiendo la metodología que se describe en el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I.

Para realizar la calificación de la condición, primero se debe definir una escala de calificación. Esta escala consiste en una serie de categorías cualitativas que se asignan a cada uno de los elementos con base en la información recopilada durante una *Inspección rutinaria* (FHWA, 2016), la cual se debe realizar siguiendo los procedimientos de inspección establecidos en el Capítulo 6 y el Apéndice B del MP-2024 Tomo I.

Existen muchas escalas de calificación de la condición de los elementos de un puente que definen las organizaciones de distintos lugares del mundo (FHWA, 2016). Para definir la escala utilizada en esta guía, se buscó que el método de calificación fuera compatible con el enfoque del Apéndice B del MP-2024 Tomo I, donde la forma de calificar la severidad de las deficiencias en un puente se basa en las prácticas utilizadas por la publicación "*Manual for Bridge Element Inspection*" (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2019). Por lo tanto, se usó como referencia lo que se señala en "*The Manual for Bridge Evaluation*" de AASHTO (2018), la cual permite utilizar como indicador la escala de calificación de condición que se presenta en las publicaciones de FHWA (1995) y FHWA (2018).

La escala de FHWA (1995) y FHWA (2018) presenta 10 categorías de calificación (entre 0 y 9). Sin embargo, algunas de las categorías en los extremos de la escala describen estados de condición similares, por lo que se decidió agrupar las categorías de los extremos. Esto resultó en una escala de calificación de 6 categorías, la cual se muestra en la Tabla F.1. Como se explicará en las siguientes secciones, esta escala se utiliza para calificar la condición a nivel de deficiencias, de elementos, de componentes y del puente de manera global.

Tabla F.1. Escala utilizada para la calificación de la condición.

Calificación de la condición	Equivalencia con categorías de FHWA (1995) y FHWA (2018)	Descripción de la calificación de la condición
7- Satisfactoria	8 y 9	Elementos sin deficiencias o con deficiencias leves que afectan únicamente la durabilidad del elemento. La estabilidad estructural y la seguridad vial están aseguradas.
8- Aceptable	6 y 7	Elementos con deterioros ligeros. Se observan deficiencias leves en elementos funcionales o estructurales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa, o deficiencias moderadas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.
9- Regular	5	Deficiencias importantes, pero los componentes del puente aún funcionan de forma adecuada. Se observan deficiencias moderadas en elementos funcionales o estructurales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa, o deficiencias significativas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.
10-Deficiente	4	Deficiencias serias, pero, que no llegan a comprometer la estabilidad del puente. Se observan deficiencias moderadas en elementos estructurales primarios o deficiencias significativas en elementos estructurales secundarios o elementos funcionales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa. O bien, se observan deficiencias severas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.
11-Alarmante	3 y 2	La estabilidad del puente podría estar comprometida en el corto plazo debido a deficiencias significativas en uno o varios elementos estructurales principales del puente, o a deficiencias severas extendidas en uno o varios elementos estructurales secundarios o elementos funcionales.
12-Falla inminente	1 y 0	Inestabilidad estructural del puente o de sus componentes. Riesgo alto de colapso de la estructura debido a deficiencias severas extendidas en uno o varios elementos estructurales principales del puente. Daño irreversible que posiblemente requiera la reconstrucción (sustitución) del puente o al menos la sustitución de los elementos dañados.

F.3 Variables que intervienen en la calificación de la condición de deficiencias en elementos de puentes

. La calificación de la condición de un puente inicia por asignar una calificación a cada una de las deficiencias presentes en los diferentes elementos del puente. Como se explicó en la sección anterior, la calificación de la condición se debe determinar a partir de la información recopilada durante una *Inspección rutinaria*, específicamente a partir de los datos de extensión y severidad de las deficiencias identificadas en cada elemento del puente (ver el Apéndice B del MP-2024 Tomo I). Adicionalmente, el criterio utilizado para la calificación debe tomar en cuenta la importancia relativa del elemento donde ocurre la deficiencia, así como la consecuencia o el efecto que tiene la deficiencia.

Tomando lo anterior en consideración, el criterio para la calificación de la condición de deficiencias en elementos de puentes que se establece en esta guía depende de las siguientes tres variables:

1. Función del elemento: se establecen 4 categorías para esta variable (elemento funcional secundario, elemento funcional primario, elemento estructural secundario, elemento estructural primario).
2. Efecto de la deficiencia: se establecen 2 categorías para esta variable (deficiencias que afectan la durabilidad del elemento, deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento).
3. Extensión asociada a cada nivel de severidad de la deficiencia: se establecen 4 categorías para esta variable (inexistente, poco extendido, moderadamente extendido, muy extendido).

Cada una de las variables mencionadas anteriormente se explica con mayor detalle en los siguientes apartados.

F.3.1 Función del elemento

Los elementos del puente se definen en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I. La función que tienen los elementos en el sistema del puente es uno de los aspectos que se considera para determinar la calificación la condición. Cada elemento del puente se puede clasificar en una de cuatro categorías, de acuerdo con la función que tenga y las posibles consecuencias de una deficiencia severa en el elemento. Estas categorías, ordenadas de menor a mayor importancia relativa en términos de seguridad estructural, se describen a continuación:

1 – Elemento funcional secundario: Son elementos que se colocan en el puente para guiar y brindar seguridad a los usuarios o para alertar de situaciones de riesgo. También pueden ser elementos que se colocan para proteger del ambiente a otros elementos. Una deficiencia severa en un elemento funcional secundario provocaría a lo sumo riesgos potenciales en la seguridad vial o una reducción en la durabilidad del elemento que protege. Por lo tanto, se consideran con importancia relativa baja y pueden llegar a tener una calificación de condición máxima de 4 – Deficiente. Algunos ejemplos de estos elementos son: la superficie de desgaste, los sistemas de contención vehicular y las juntas de expansión.

2 – Elemento funcional primario: Son elementos necesarios para que el puente brinde el servicio para el que fue construido. Aunque estos elementos no tienen una función estructural, una deficiencia severa en ellos puede provocar interrupciones en la funcionalidad del puente, es decir, en el servicio que el puente brinda regularmente. Por eso, se consideran con importancia relativa intermedia y pueden llegar a tener una calificación de condición máxima de 5 – Alarmante. Algunos ejemplos de estos elementos son: los rellenos de aproximación, la losa de aproximación y las obras de retención no integrales.

3 – Elemento estructural secundario: Son elementos que tienen función de brindar estabilidad y compatibilidad de deformaciones a los elementos con función estructural primaria. Estos elementos no se encuentran en la trayectoria de cargas del puente. Por lo tanto, una deficiencia que genere discontinuidades en el elemento o que afecte su capacidad, no necesariamente implicaría una reducción en la resistencia del puente para soportar cargas, pero sí podría generar riesgos a los usuarios del puente si se presentan elementos sueltos, y podría afectar el servicio que brinda el puente. Por eso, se consideran con importancia relativa intermedia y pueden llegar a tener una calificación de condición máxima de 5 – Alarmante. Algunos ejemplos de estos elementos son: los dispositivos de apoyo, las vigas diafragma y el cabezal de pilas o bastiones.

4 – Elemento estructural primario: Son elementos que se encuentran en la trayectoria de cargas del puente. Si se produjera una deficiencia que genere una discontinuidad en el elemento o que afecte su capacidad de transmitir carga, se podría provocar la falla estructural del elemento, lo cual reduciría la capacidad de soportar carga del puente y afectaría el servicio éste brinda. Asimismo, si la estabilidad de la estructura dependiera de este elemento, se presentaría una falla estructural del puente. Por lo tanto, los elementos estructurales primarios se consideran los elementos de mayor importancia relativa y pueden llegar a tener una calificación de condición máxima de 6 – Falla inminente. Algunos ejemplos de estos elementos son: las vigas principales, el cuerpo de pilas o bastiones y los elementos de las fundaciones.

En la Tabla F.2 se resume la importancia relativa y la calificación de condición máxima posible para cada categoría de elemento. Por otra parte, la categorización completa de todos los elementos del puente definidos en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I se presenta en la

Sección F.6 del MP-2024 Tomo I.

Tabla F.2. Importancia relativa y calificación de la condición máxima que es posible obtener para cada categoría de elemento.

Categoría del elemento	Importancia relativa	Calificación de condición máxima
1- Elemento funcional secundario	1 (menor)	4 – Deficiente.
2- Elemento funcional primario	2	5 – Alarmante.
3- Elemento estructural secundario	3	5 – Alarmante.
4- Elemento estructural primario	4 (mayor)	6 – Falla inminente.

F.3.2 Efecto de la deficiencia

Las deficiencias en elementos del puente se definen en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I. El efecto que pueden tener estas deficiencias en los elementos donde se produzcan es otro aspecto que se considera para determinar la calificación la condición. Cada deficiencia se puede clasificar en una de dos categorías, de acuerdo con el efecto que produzca en el elemento. Estas categorías, ordenadas de menor a mayor importancia relativa, se describen a continuación:

1 – Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento: Son deficiencias que afectan la protección que tiene el elemento ante agentes ambientales, y en principio no afectan la resistencia estructural de un elemento o la funcionalidad del puente. Sin embargo, si no son atendidas oportunamente, sí podrían llegar a afectar la capacidad estructural u operativa de los elementos. La calificación de condición máxima que se puede asignar a las deficiencias que afectan la durabilidad de un elemento es de 4 – Deficiente, lo cual también dependerá de las otras dos variables presentadas en esta sección. Algunos ejemplos de estas deficiencias son: nidos de piedra en elementos de concreto, decoloración de sistemas de protección para elementos de acero o filtración de agua a través de las juntas de expansión.

2 – Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento: Son deficiencias que al alcanzar una extensión y severidad importante pueden afectar la operación normal del puente, o bien, pueden reducir la capacidad estructural del elemento. Si el elemento se clasifica como estructural primario y tiene deficiencias de este tipo, se puede producir una disminución en la capacidad de soportar cargas del puente y se pueden generar interrupciones al servicio que éste brinda. La calificación de condición máxima que se puede asignar a este

tipo de deficiencias es de 6 – Falla inminente, lo cual también dependerá de las otras dos variables presentadas en esta sección (importancia relativa de los elementos y extensión). Algunos ejemplos de estas deficiencias son: agrietamiento en elementos de concreto, corrosión en elementos de acero o desalineamiento de los dispositivos de apoyo.

En la Tabla F.3 se resume la importancia relativa y la calificación de condición máxima posible para cada categoría de deficiencia. Por otra parte, la categorización completa de todas las deficiencias definidas en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I se presenta en la Sección F.7 del MP-2024 Tomo I.

Tabla F.3. Importancia relativa y calificación de condición máxima para cada categoría de deficiencia.

Categoría de la deficiencia	Importancia relativa	Calificación de condición máxima
1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento	1 (menor)	4 – Deficiente
2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	2 (mayor)	6 – Falla inminente

F.3.3 Extensión asociada a cada nivel de severidad de la deficiencia

En el Apéndice B del MP-2024 Tomo I se definen cuatro niveles de severidad (1, 2, 3 y 4) para cada una de las deficiencias en elementos de puentes, donde el Nivel 1 corresponde a la menor severidad del daño y el Nivel 4 corresponde a la mayor severidad del daño.

De acuerdo con la guía presentada en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I, durante una *Inspección rutinaria* se debe recopilar la información de cada deficiencia aplicable a un elemento. Esto implica reportar un porcentaje de extensión para cada uno de los niveles de severidad (1, 2, 3 y 4) establecidos, y dicha extensión debe cuantificarse de acuerdo a una forma de medición determinada que depende del elemento afectado (lineal, por área o por unidad,). Al par conformado por el nivel de severidad y su porcentaje de extensión se le denominará en adelante como “conjunto de severidad-extensión”. Cada deficiencia tiene cuatro conjuntos de severidad-extensión asociados.

Para determinar los porcentajes de extensión, los inspectores tienen como ayuda la Figura B.6, así como las Figuras B.21 a B.26 que se incluyen en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I, las cuales muestran esquemas de deficiencias que abarcan un determinado porcentaje del

elemento. Para facilitar la evaluación de la extensión de cada nivel de severidad de la deficiencia, en la Tabla F.4 se definen diferentes rangos de porcentajes de extensión que están asociados a las figuras del Apéndice B del MP-2024 Tomo I, los cuales también dependen de la forma en la que se mide el elemento (lineal, por área o por unidad). A cada rango de porcentaje de extensión se le asigna una de las siguientes cuatro categorías: inexistente, poco extendido, moderadamente extendido y muy extendido.

Tabla F.4. Categorías asignadas según el rango de porcentaje de extensión de las deficiencias

Forma de medir los elementos	Rango de porcentaje de extensión asociada a un nivel de severidad de una deficiencia (ver Apéndice B del MP-2024 Tomo I)		Categoría de extensión asignada
Lineal	0 %		Inexistente
	≥ 0% - < 5 %		Poco extendido
	≥ 5 % - < 10 %		Poco extendido
	≥ 10 % - < 25 %		Moderadamente extendido
	≥ 25 % - < 50 %		Muy extendido
	≥ 50 %		Muy extendido
Área	Grietas en una dirección en elementos de concreto	0 %	Inexistente
		≥ 0% - < 5 %	Poco extendido
		≥ 5 % - < 10 %	Moderadamente extendido
		≥ 10 %	Muy extendido
	Grietas en dos direcciones en elementos de concreto	0 %	Inexistente
		≥ 0% - < 5 %	Poco extendido
		≥ 5 % - < 10 %	Moderadamente extendido
		≥ 10 % - < 25 %	Moderadamente extendido
		≥ 25 %	Muy extendido
	Otras deficiencias en elementos de concreto, acero, mampostería o madera	0 %	Inexistente
		≥ 0% - < 1 %	Poco extendido
		≥ 1 % - < 3 %	Poco extendido
		≥ 3 % - < 5 %	Poco extendido
		≥ 5 % - < 10 %	Moderadamente extendido
		≥ 10 % - < 25 %	Moderadamente extendido
		≥ 25 % - < 50 %	Muy extendido
		≥ 50 %	Muy extendido
Unidad	0 %		Inexistente
	≥ 0% - < 10 %		Poco extendido
	≥ 10 % - < 25 %		Moderadamente extendido
	≥ 25 % - < 50 %		Moderadamente extendido
	≥ 50 %		Muy extendido

F.4 Criterio para la calificación de la condición de las deficiencias de un elemento

Una vez definidas las tres variables que intervienen en la calificación de la condición de deficiencias en elementos de puentes y las diferentes categorías asociadas a cada variable, es posible establecer el criterio para la calificación de la condición de estas deficiencias.

Como se explicó en el Apartado F.3.3 del MP-2024 Tomo I, cada deficiencia tiene 4 conjuntos de severidad-extensión asociados. De acuerdo con la metodología establecida en esta guía, a cada uno de estos conjuntos se le debe asignar una calificación de la condición y, por lo tanto, cada deficiencia tendrá 4 calificaciones asociadas. La Tabla F.5 muestra la calificación de la condición que se debe asignar a cada conjunto de severidad-extensión dependiendo de la categoría del elemento definida en el Apartado F.3.1, la categoría de la deficiencia definida en el Apartado F.3.2 y la categoría de extensión definida en el Apartado F.3.3, del MP-2024 Tomo I.

Para obtener la calificación de la condición de la deficiencia, se deben comparar las calificaciones de condición asignadas a los cuatro conjuntos de severidad-extensión y seleccionar la calificación mayor. La calificación obtenida de esta forma para cada una de las deficiencias constituye la base para obtener la calificación de condición a nivel de elemento, a nivel de componente y a nivel del puente de forma global, como se explica en la Sección F.5 del MP-2024 Tomo I.

Al asignar la calificación de la condición de cada elemento con sus respectivas deficiencias, asociadas a una severidad y una extensión, se debe tomar en cuenta las actividades de intervención recomendadas en el Apartado 8.2.1 del MP-2024 Tomo I. Para esta asignación, se requiere el uso del criterio ingenieril para determinar cualitativamente la factibilidad de que una deficiencia, en un elemento específico, pueda ser atendida por una actividad de intervención de manera efectiva, considerando su severidad y su extensión.

Por esta razón, la *Organización responsable de la gestión de puentes* puede modificar el criterio de calificación de la condición presentado en la Tabla F.5, si considera que no se ajusta a sus prácticas de intervención de puentes. Una forma de realizarlo racionalmente, es preparando una plantilla donde se muestren todos los elementos (ver Sección F.6 y Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I), las deficiencias posibles que se pueden encontrar en esos elementos (ver Sección F.7 y Apéndice B del MP-2024 Tomo I), las unidades de medida y los rangos de extensión (ver Tabla F.4). De esta manera, se puede evaluar la posible acción de intervención

para cada criterio de severidad, considerando la extensión de la deficiencia en un elemento determinado. Por último, se relaciona la acción de intervención determinada a la calificación de la condición específica, utilizando lo indicado en el Apartado 8.2.1 del MP-2024 Tomo I y la escala presentada en la Tabla F.1.

Tabla F.5. Criterio para la calificación de la condición de deficiencias de acuerdo con la escala presentada en la Tabla F.1

Categoría del elemento según su función (Apartado F.3.1)	Categoría de la deficiencia según su efecto (Apartado F.3.2)	Nivel de severidad de la deficiencia (Apéndice B)	Categoría de extensión asociada al nivel de severidad de la deficiencia (Apartado F.3.3)	Calificación de la condición (ver Tabla F.1)
1- Elemento funcional secundario	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento	Nivel 1	Cualquier extensión	1 - Satisfactoria
		Nivel 2	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	1 - Satisfactoria
			Moderadamente extendido	1 - Satisfactoria
			Muy extendido	2 - Aceptable
		Nivel 3	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	2 - Aceptable
			Moderadamente extendido	2 - Aceptable
			Muy extendido	3 - Regular
		Nivel 4	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	3 - Regular
			Moderadamente extendido	3 - Regular
			Muy extendido	4 - Deficiente
	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	Nivel 1	Cualquier extensión	1 - Satisfactoria
		Nivel 2	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	1 - Satisfactoria
			Moderadamente extendido	1 - Satisfactoria
			Muy extendido	2 - Aceptable
		Nivel 3	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	2 - Aceptable
			Moderadamente extendido	2 - Aceptable
			Muy extendido	3 - Regular
		Nivel 4	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	3 - Regular
			Moderadamente extendido	3 - Regular
			Muy extendido	4 - Deficiente

Tabla F.5. Criterio para la calificación de la condición de deficiencias de acuerdo con la escala presentada en la Tabla F.1 (*continuación*)

Categoría del elemento según su función (Apartado F.3.1)	Categoría de la deficiencia según su efecto (Apartado F.3.2)	Nivel de severidad de la deficiencia (Apéndice B)	Categoría de extensión asociada al nivel de severidad de la deficiencia (Apartado F.3.3)	Calificación de la condición (ver Tabla F.1)
2- Elemento funcional primario	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento	Nivel 1	Cualquier extensión	1 - Satisfactoria
		Nivel 2	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	1 - Satisfactoria
			Moderadamente extendido	1 - Satisfactoria
			Muy extendido	2 - Aceptable
		Nivel 3	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	2 - Aceptable
			Moderadamente extendido	2 - Aceptable
			Muy extendido	3 - Regular
		Nivel 4	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	3 - Regular
			Moderadamente extendido	3 - Regular
			Muy extendido	4 - Deficiente
	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	Nivel 1	Cualquier extensión	1 - Satisfactoria
		Nivel 2	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	1 - Satisfactoria
			Moderadamente extendido	2 - Aceptable
			Muy extendido	3 - Regular
		Nivel 3	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	2 - Aceptable
			Moderadamente extendido	3 - Regular
			Muy extendido	4 - Deficiente
		Nivel 4	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	3 - Regular
			Moderadamente extendido	4 - Deficiente
			Muy extendido	5 - Alarmante

Tabla F.5. Criterio para la calificación de la condición de deficiencias de acuerdo con la escala presentada en la Tabla F.1 (*continuación*)

Categoría del elemento según su función (Apartado F.3.1)	Categoría de la deficiencia según su efecto (Apartado F.3.2)	Nivel de severidad de la deficiencia (Apéndice B)	Categoría de extensión asociada al nivel de severidad de la deficiencia (Apartado F.3.3)	Calificación de la condición (ver Tabla F.1)
3- Elemento estructural secundario	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento	Nivel 1	Cualquier extensión	1 - Satisfactoria
		Nivel 2	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	1 - Satisfactoria
			Moderadamente extendido	1 - Satisfactoria
			Muy extendido	2 - Aceptable
		Nivel 3	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	2 - Aceptable
			Moderadamente extendido	2 - Aceptable
			Muy extendido	3 - Regular
		Nivel 4	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	3 - Regular
			Moderadamente extendido	3 - Regular
			Muy extendido	4 - Deficiente
	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	Nivel 1	Cualquier extensión	1 - Satisfactoria
		Nivel 2	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	1 - Satisfactoria
			Moderadamente extendido	2 - Aceptable
			Muy extendido	3 - Regular
		Nivel 3	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	2 - Aceptable
			Moderadamente extendido	3 - Regular
			Muy extendido	4 - Deficiente
		Nivel 4	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	3 - Regular
			Moderadamente extendido	4 - Deficiente
			Muy extendido	5 - Alarmante

Tabla F.5. Criterio para la calificación de la condición de deficiencias de acuerdo con la escala presentada en la Tabla F.1 (*continuación*)

Categoría del elemento según su función (Apartado F.3.1)	Categoría de la deficiencia según su efecto (Apartado F.3.2)	Nivel de severidad de la deficiencia (Apéndice B)	Categoría de extensión asociada al nivel de severidad de la deficiencia (Apartado F.3.3)	Calificación de la condición (ver Tabla F.1)
4- Elemento estructural primario	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento	Nivel 1	Cualquier extensión	1 - Satisfactoria
		Nivel 2	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	1 - Satisfactoria
			Moderadamente extendido	1 - Satisfactoria
			Muy extendido	2 - Aceptable
		Nivel 3	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	2 - Aceptable
			Moderadamente extendido	2 - Aceptable
			Muy extendido	3 - Regular
		Nivel 4	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	3 - Regular
			Moderadamente extendido	3 - Regular
			Muy extendido	4 - Deficiente
	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	Nivel 1	Cualquier extensión	1 - Satisfactoria
		Nivel 2	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	2 - Aceptable
			Moderadamente extendido	2 - Aceptable
			Muy extendido	3 - Regular
		Nivel 3	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	3 - Regular
			Moderadamente extendido	4 - Deficiente
			Muy extendido	5 - Alarmante
		Nivel 4	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	4 - Deficiente
			Moderadamente extendido	5 – Alarmante
			Muy extendido	6 – Falla inminente

F.5 Procedimiento para calificar la condición de los elementos, los componentes y el puente de forma global.

F.5.1 Descripción del procedimiento

En este apartado se describe el procedimiento que se utiliza para obtener la calificación de la condición a nivel de elemento, de componente y del puente en forma global. El procedimiento se resume gráficamente en la Figura F.1, y cada uno de los pasos se explica con mayor detalle a continuación.

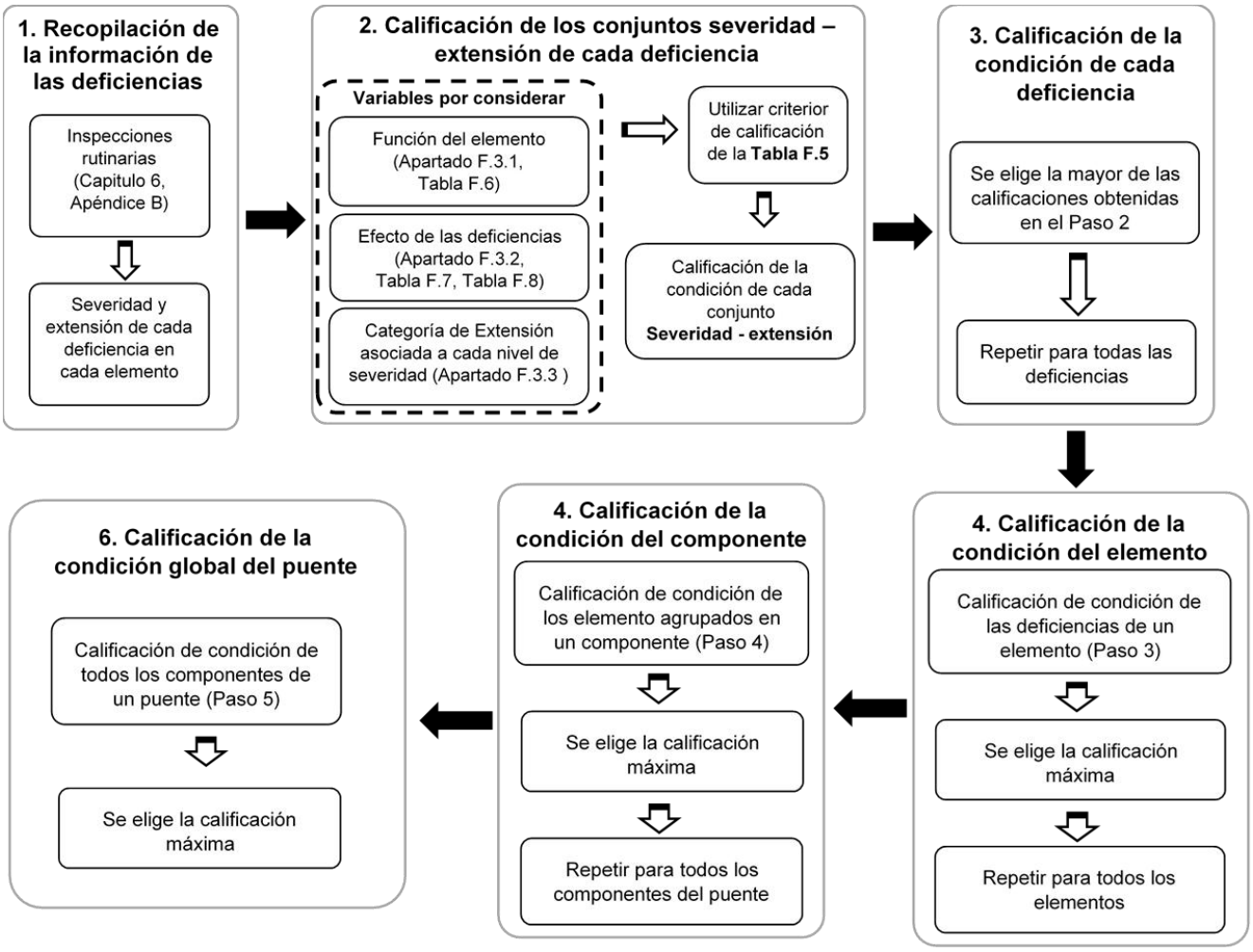


Figura F.1. Esquema de la metodología para calificar la condición de los elementos, los componentes y los puentes.

1. Recopilación de información de deficiencias: Por medio de la *Inspección rutinaria*, se recopila información de las deficiencias en los diferentes elementos del puente. Para cada deficiencia, se debe determinar la extensión asociada a cada uno de los cuatro niveles de severidad que se definen en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I.

2. Calificación de los conjuntos severidad-extensión: Se asigna una calificación de condición a los cuatro conjuntos de severidad-extensión de cada deficiencia, de acuerdo con el criterio establecido en la Tabla F.5. Para ello se debe tener en cuenta las tres variables que se definieron en la Sección F.3 del MP-2024 Tomo I (función del elemento, efecto de la deficiencia y extensión asociada a cada nivel de severidad de la deficiencia)

3. Calificación de la condición de las deficiencias: Para obtener la calificación de la condición de una deficiencia en particular, se comparan las calificaciones de condición asignadas a los cuatro conjuntos de severidad-extensión de esa deficiencia y se selecciona la calificación mayor. Esto se realiza para cada una de las deficiencias en los diferentes elementos del puente.

4. Calificación de la condición de los elementos: Para obtener la calificación de la condición de un elemento en particular, se comparan las calificaciones de condición obtenidas para todas las deficiencias que afectan a ese elemento, y se selecciona la calificación mayor. Esto se realiza para cada uno de los elementos del puente.

5. Calificación de la calificación de los componentes: Para obtener la calificación de la condición de un componente en particular, se comparan las calificaciones de condición obtenidas para todos los elementos que pertenecen a ese componente, y se selecciona la calificación mayor. Esto se realiza para cada uno de los componentes del puente.

6. Calificación de la condición global del puente: Para obtener la calificación de la condición global del puente, se comparan las calificaciones de condición obtenidas para todos los componentes del puente, y se selecciona la calificación mayor.

F.5.2 Ejemplo de aplicación del procedimiento

En este apartado se aplicará a un caso hipotético el procedimiento para la calificación de la condición que se presentó en el apartado anterior, esto con el fin de ejemplificar cada uno de los pasos del procedimiento. Se empezará por evaluar la deficiencia "Acero expuesto" presente en elemento “Vigas principales”, considerando que estas son de concreto reforzado. Por lo tanto, este elemento pertenece al componente “Superestructura (Vigas de concreto reforzado) [401]”, según se define en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I. A continuación, se muestra la aplicación del procedimiento para determinar la calificación de la condición del elemento, del componente y del puente de forma global.

Paso 1. Recopilación de información de deficiencias:

A partir de la *Inspección rutinaria* se debe determinar la extensión asociada a cada uno de los niveles de severidad definidos en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I. Específicamente, la evaluación de la deficiencia "Acero expuesto" se realiza de acuerdo con la Tabla B.4 del Apéndice B del MP-2024 Tomo I, ya que se trata de un elemento de concreto reforzado. Después de realizar la *Inspección rutinaria*, se determina que los porcentajes de extensión para cada nivel de severidad de la deficiencia son los siguientes:

Deficiencia	Nivel de severidad	Descripción	Porcentaje de extensión
Acero expuesto	1	No se observa acero expuesto.	80 %
	2	Se observa acero de refuerzo expuesto y oxidado, pero sin pérdida de sección medible.	15 %
	3	Se observa acero de refuerzo expuesto con pérdida de sección medible. La pérdida de sección transversal del acero es menor o igual que el 20 %	0 %
	4	Acero de refuerzo expuesto con oxidación severa y corrosión. La pérdida de sección transversal del acero es superior al 20%.	5 %

Paso 2. Calificación los conjuntos severidad-extensión:

Se asigna una calificación de condición a cada uno de los conjuntos severidad-extensión de la deficiencia “Acero Expuesto”. Para determinar la calificación de la condición, se deberá tener presente cada una las variables definidas en la Sección F.3 del MP-2024 Tomo I. Estas variables son las siguientes:

- Función del elemento: las vigas principales del puente se categorizan como “4 - Elemento estructural primario”, de acuerdo con el Apartado F.3.1 y la Tabla F.6, del MP-2024 Tomo I.
- Efecto de la deficiencia: la deficiencia "Acero expuesto" se categoriza como “2 - Deficiencia que puede afectar la capacidad estructural u operativa del elemento”, de acuerdo con el Apartado F.3.2 y la Tabla F.7, del MP-2024 Tomo I.
- Extensión de la deficiencia asociada a cada nivel de severidad: de acuerdo con el Apéndice B del MP-2024 Tomo I, la extensión de las deficiencias en las vigas principales del puente se evalúa linealmente, es decir, con respecto a la longitud total de las vigas. Utilizando los rangos establecidos en la Tabla F.4, se obtienen las categorías de extensión asociadas a cada nivel de severidad como se muestra a continuación:

Nivel de severidad	**Porcentaje de extensión**	**Rango aplicable (ver Tabla F.4)**	**Categoría de extensión asignada (ver Tabla F.4)**
1	80%	≥ 50 %	Muy extendido
2	15%	≥ 10 % - < 25 %	Moderadamente extendido
3	0%	0%	Inexistente
4	5%	≥ 5 % - < 10 %	Poco extendido

Seguidamente, se obtiene la calificación de la condición para cada conjunto de severidad y extensión por medio del criterio establecido en la Tabla F.5, considerando cada una de las variables anteriores:

Categoría del elemento según su función (Apartado F.3.1)	Categoría de la deficiencia según su efecto (Apartado F.3.2)	Nivel de severidad de la deficiencia (Apéndice B)	Categoría de extensión asociada al nivel de severidad de la deficiencia (Apartado F.3.3)	Calificación de la condición (ver Tabla F.1)
4- Elemento estructural primario	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	Nivel 1	Cualquier extensión	1 - Satisfactoria
		Nivel 2	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	2 - Aceptable
			Moderadamente extendido	2 - Aceptable
			Muy extendido	3 - Regular
		Nivel 3	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	3 - Regular
			Moderadamente extendido	4 - Deficiente
			Muy extendido	5 - Alarmante
		Nivel 4	Inexistente	1 - Satisfactoria
			Poco extendido	4 - Deficiente
			Moderadamente extendido	5 – Alarmante
			Muy extendido	6 – Falla inminente

Paso 3. Calificación de la condición de las deficiencias:

Se comparan las calificaciones de condición para cada conjunto de severidad-extensión de la deficiencia, y se selecciona la calificación mayor. A continuación, se resume la calificación de la condición que se obtuvo para cada conjunto de severidad y extensión:

Nivel de severidad	Categoría de extensión asociada	Calificación de la condición
1	Muy extendido	1 - Satisfactoria
2	Moderadamente extendido	2 - Aceptable
3	Inexistente	1 - Satisfactoria
4	Poco extendido	4 - Deficiente

Con base en los resultados obtenidos, la deficiencia "Acero expuesto" se califica como 4-Deficiente, pues esta es la calificación mayor que se obtuvo entre los cuatro conjuntos de severidad-extensión. El Paso 3 se debe repetir para el resto de las deficiencias aplicables al elemento “Vigas principales” de concreto reforzado.

Paso 4. Calificación de la condición de los elementos:

Se comparan las calificaciones de condición para todas las deficiencias en el elemento “Vigas principales [40101]”, y se selecciona la calificación mayor. En este ejemplo, se asume que, después de aplicar el Paso 3 a cada una de las deficiencias que se encontraron en las vigas principales de concreto reforzado (ver Tabla B.4 del Apéndice B del MP-2024 Tomo I), se obtienen las siguientes calificaciones de la condición:

Deficiencias en el elemento principal [40101] del componente “Superestructuras de vigas de concreto reforzado [401]”	Calificación obtenida
Delaminación	3 - Regular
Acero expuesto	4 - Deficiente
Eflorescencias	2 - Aceptable
Nidos de piedra	1 - Satisfactoria
Agrietamiento	4 - Deficiente
Abrasión o desgaste	1 - Satisfactoria
Impacto	1 - Satisfactoria

Con base en los resultados obtenidos, el elemento “Vigas principales” se califica como 4-Deficiente, pues esta es la calificación mayor que se obtuvo al considerar todas las deficiencias que afectan el elemento. Notar que esta calificación se obtuvo para dos deficiencias, “Acero expuesto” y “Agrietamiento”. El Paso 4 se debe repetir para el resto de los elementos que

forman parte del componente “Superestructura (Vigas de concreto reforzado)”.

Paso 5. Calificación de la condición de los componentes:

Se comparan las calificaciones de condición para todos los elementos que pertenecen al componente “Superestructura (Vigas de concreto reforzado)” y se selecciona la calificación mayor. En este caso, se asume que, después de aplicar el Paso 4 a cada uno de los elementos que pertenecen a este componente, se obtienen las siguientes calificaciones de la condición:

Elementos del componente “Superestructura (Vigas de concreto reforzado) [401]”	**Calificación obtenida**
Elementos principales (vigas principales) [40101]	4 - Deficiente
Elementos secundarios (diafragmas) [40102]	2- Aceptable

Con base en los resultados mostrados en la tabla, el componente “Superestructura (Vigas de concreto reforzado [401]” se califica como 4-Deficiente, pues esta es la calificación mayor que se obtuvo al considerar todos los elementos que pertenecen al componente. El Paso 5 se debe repetir para el resto de los componentes del puente.

Paso 6. Calificación de la condición del puente:

Se comparan las calificaciones de condición para todos los componentes del puente y se selecciona la calificación mayor. En este caso, se asume que después de aplicar el Paso 5 a cada uno de los componentes del puente se obtienen las siguientes calificaciones de la condición:

Componentes	**Calificación obtenida**
Accesorios [100]	3 - Regular
Accesos [200]	2- Aceptable
Seguridad vial [300]	3 - Regular
Superestructura (Tablero) [400]	2- Aceptable
Superestructura (Vigas de concreto reforzado) [401]	4 - Deficiente
Subestructura [500]	5 - Alarmante
Sistema de protección [600]	2- Aceptable

Con base en los resultados obtenidos, el puente se califica como 5-Alarmante, pues esta es la calificación mayor que se obtuvo al considerar todos los componentes del puente. Notar que la calificación obtenida en el Paso 5 para el componente “Superestructura (Vigas de concreto reforzado) [401]” no rigió la calificación global del puente, pues el componente “Subestructura [500]” obtuvo una calificación mayor.

F.6 Categorización de los elementos de puentes

La Tabla F.6 muestra la categorización de todos los elementos de puentes definidos en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I. A cada elemento se le asignó una de las cuatro categorías que se describen en el Apartado F.3.1 del MP-2024 Tomo I. Adicionalmente, la tabla muestra la unidad y la forma de medida correspondiente a cada elemento, según se estableció en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I.

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Accesorios [100]	Juntas de expansión [10001]	Elastomérica [1000101]	m	Largo de la junta (ancho total del puente)	1. Elemento funcional secundario
		Elastomérica colada [1000102]	m		
		Elastomérica reforzada [1000103]	m		
		Sello comprimido [1000104]	m		
		Modular con sello [1000105]	m		
		Junta abierta [1000106]	m		
		Junta asfáltica [1000107]	m		
		Placas deslizantes [1000108]	m		

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Accesorios [100]	Juntas de expansión [10001]	Junta dentada [1000109]	m	Largo de la junta (ancho total del puente)	1. Elemento funcional secundario
		Junta de alivio de puente integral [1000110]			
	Sistema de drenaje del tablero (entrada) [10002]	Rejilla [1000201]	unidad	Conteo de cada una de las rejillas en todo el puente	1. Elemento funcional secundario
		Drenaje a través de losa [1000202]		Conteo de cada uno de los ductos de drenaje a lo largo del puente	1. Elemento funcional secundario
		Ranuras en base de sistema de contención vehicular [1000203]		Conteo de cada una de las ranuras a lo largo del puente	1. Elemento funcional secundario
	Sistema de drenaje del tablero (salida) [10003]	Metálico [1000301]	unidad	Conteo de cada uno de los tubos de salida	1. Elemento funcional secundario
		Plástico [1000302]			
	Superficie de desgaste del puente [10004]	Concreto [1000401]	m^2	Área de calzada (largo total del puente entre juntas por ancho de calzada)	1. Elemento funcional secundario

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Accesorios [100]	Superficie de desgaste del puente [10004]	Asfalto [1000402]	m^2	Área de calzada (largo total del puente entre juntas por ancho de calzada)	1. Elemento funcional secundario
		Acero [1000403]			
		Madera [1000404]			
Accesos [200]	Losa de aproximación [20001]	Concreto reforzado [2000101]	m^2	Área expuesta de la losa de aproximación	2. Elemento funcional primario
		Concreto presforzado [2000102]			
	Superficie de ruedo (accesos) [20002]	Concreto [2000201]	m^2	Área de la superficie de ruedo del acceso (ancho de vía de acceso por longitud hasta donde se defina el acceso)	1. Elemento funcional secundario
		Asfalto [2000202]			
		Grava [2000203]			
	Rellenos de aproximación [20003]	-	m	Ancho de vía de acceso	2. Elemento funcional primario
	Obras de retención no integrales [20004]	Concreto ciclópeo [2000401]	m	Largo de la obra de retención	2. Elemento funcional primario
		Concreto reforzado [2000402]			
		Gaviones [2000403]			

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Accesos [200]	Obras de retención no integrales [20004]	Suelo cosido [2000404]	m	Largo de la obra de retención	2. Elemento funcional primario
		Tierra armada [2000405]			
		Tablestaca [2000406]			
		Mampostería [2000407]			
	Sistemas de drenaje (accesos) [20005]	Concreto [2000501]	unidad	Conteo de cada uno de los sistemas de drenaje	1. Elemento funcional secundario
		Metálico [2000502]			
		Plástico [2000503]			
		Canal natural [2000504]			
Seguridad vial [300]		Bordillo [3000101]	unidad	Conteo de cada uno de los bordillos	1. Elemento funcional secundario
	Sistema de contención vehicular (SCV) (puente) [30001] (Concreto – acero – madera – mampostería)	TL-1 [3000102]	m	Suma del largo de cada SCV del mismo material	1. Elemento funcional secundario
		TL-2 [3000103]			
		TL-3 [3000104]			
		TL-4 [3000105]			
		TL-5 [3000106]			

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Seguridad vial [300]		Terminal de impacto [3000201]	unidad	Conteo de cada una de las terminales	1. Elemento funcional secundario
	Sistema de contención vehicular (SCV) (accesos) [30002] (Concreto - acero – madera- mampostería)	TL-1 [3000202]	m	Suma del largo de cada SCV del mismo material	1. Elemento funcional secundario
		TL-2 [3000203]			
		TL-3 [3000204]			
		TL-4 [3000205]			
		TL-5 [3000206]			
	Sistema de contención vehicular (SCV) (medianera) [30003] (Concreto - acero – madera- mampostería)	TL-1 [3000301]	m	Suma del largo de cada SCV del mismo material	1. Elemento funcional secundario
		TL-2 [3000302]			
		TL-3 [3000303]			
		TL-4 [3000304]			
		TL-5 [3000305]			

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Seguridad vial [300]	Infraestructura ciclista [30004]	-	unidad	Conteo de cada infraestructura ciclista	1. Elemento funcional secundario
	Acera o pasarela peatonal [30005]	-	unidad	Conteo de cada acera	1. Elemento funcional secundario
	Señalización y demarcación [30006]	Señalización vertical [3000601]	unidad	Conteo de cada señal vertical	1. Elemento funcional secundario
		Demarcación horizontal [3000602]	unidad	Conteo de cada señal horizontal	
		Señalización de carga [3000603]	unidad	Conteo de cada rótulo de carga que se requiere	
		Señalización de altura [3000604]	unidad	Conteo de cada rótulo de altura que se requiere	
		Estructura de señales [3000605]	unidad	Conteo de cada estructura	
	Iluminación [30007]	-	unidad	Conteo de cada luminaria	1. Elemento funcional secundario
	Bordillo [30008]	-	unidad	Cada bordillo	1. Elemento funcional secundario
	Baranda o barrera peatonal [30009]	-	unidad	Cada baranda peatonal	1. Elemento funcional secundario
	Acera inferior (paso a desnivel) [30010]	-	unidad	Cada acera	1. Elemento funcional secundario

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Superestructura (Tablero) [400]	Tablero [40001]	Concreto reforzado [4000101]	m^2	Área del tablero (largo del tramo por ancho total)	4. Elemento estructural primario
		Concreto presforzado [4000102]			
		Rejilla metálica abierta [4000103]			
		Rejilla metálica rellena [4000104]			
		Metálico corrugado [4000105]			
		Madera [4000106]			
		Madera presforzada [4000107]			
		Ortotrópico [4000108]			
		Lámina de acero [4000109]			
Superestructura (Vigas de concreto reforzado) [401]	Elementos principales [40101]	Vigas principales [4010101]	m	Largo del tramo, por número de vigas	4. Elemento estructural primario
	Elementos secundarios [40102]	Diafragmas [4010201]	m	Ancho total del tramo por número de diafragmas internos y externos	4. Elemento estructural secundario

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Superestructura (Vigas de concreto presforzado) [402]	Elementos principales [40201]	Vigas principales [4020101]	m	Largo del tramo, por número de vigas	4. Elemento estructural primario
	Elementos secundarios [40202]	Diafragmas [4020201]	m	Ancho total del tramo por número de diafragmas internos y externos	3. Elemento estructural secundario
Superestructura (Vigas I de acero) [403]	Elementos principales [40301]	Vigas principales [4030101]	m	Largo del tramo, por número de vigas	4. Elemento estructural primario
		Vigas transversales [4030102]	m	Ancho total del tramo, por número de líneas de vigas transversales	4. Elemento estructural primario
		Vigas de piso [4030103]	m	Largo del tramo, por número de vigas	4. Elemento estructural primario
	Elementos secundarios [40302]	Diafragmas [4030201]	m	Ancho total del tramo por número de diafragmas internos y externos	3. Elemento estructural secundario
		Sistema de arriostramiento (transversales) [4030202]	m	Ancho total del tramo por número de arriostres	3. Elemento estructural secundario

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Superestructura (Vigas I de acero) [403]	Elementos secundarios [40302]	Sistema de arriostramiento (longitudinales) [4030202]	m	Largo del tramo	3. Elemento estructural secundario
Superestructura (Vigas de madera) [404]	Elementos principales [40401]	Vigas principales [4040101]	m	Largo del tramo, por número de vigas	4. Elemento estructural primario
	Elementos secundarios [40402]	Diafragmas [4040201]	m	Ancho total del tramo, por número de líneas de diafragmas	4. Elemento estructural secundario
Superestructura (Losa de concreto reforzado – concreto presforzado – madera) [405]	Elementos principales [40501]	Losa [4050101]	m^2	Área de losa (largo por ancho total) en cada tramo	4. Elemento estructural primario
Superestructura (Arco de concreto reforzado – acero – madera-concreto presforzado) [406]	Elementos principales [40601]	Arco [4060101]	m	Longitud de la cuerda del arco por número de arcos de cada tramo	4. Elemento estructural primario
		Sistema de soporte del tablero [4060102]	m	Ancho total del tramo por número de soportes	4. Elemento estructural primario
		Vigas transversales [4060103]	m	Ancho total del tramo, por número de líneas de vigas transversales	4. Elemento estructural primario
		Vigas de piso [4060104]	m	Largo del tramo, por número de vigas de piso	4. Elemento estructural primario
	Elementos secundarios [40602]	Vigas de arriostramiento [4060201]	m	Ancho total del tramo, por número de líneas de vigas de arriostramiento	3. Elemento estructural secundario

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Superestructura (Arco de mampostería) [407]	Elementos principales [40701]	Arco [4070101]	m	Longitud de la cuerda del arco, por número de arcos de cada tramo	4. Elemento estructural primario
		Muro de retención lateral [4070102]	m	Suma de los largos de cada muro de retención lateral	4. Elemento estructural primario
Superestructura (Arco prefabricado) [408]	Elementos principales [40801]	Arco [4080101]	m	Longitud de la cuerda del arco por número de arcos de cada tramo	4. Elemento estructural primario
		Muro de retención lateral [4080102]	m	Suma de los largos de cada muro de retención lateral	4. Elemento estructural primario
Superestructura (Viga de cajón de concreto presforzado – acero – madera) [409]	Elementos principales [40901]	Viga cajón [4090101]	m	Largo del tramo por número de vigas cajón	4. Elemento estructural primario

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Superestructura (Cercha de acero – madera) [410]	Elementos principales [41001]	Cerchas [4100101]	m	Largo del tramo por número de cerchas	4. Elemento estructural primario
		Vigas transversales [4100102]	m	Ancho total del tramo, por número de líneas de vigas transversales	4. Elemento estructural primario
		Vigas de piso [4100103]	m	Largo del tramo, por número de vigas de piso	4. Elemento estructural primario
	Elementos secundarios [41002]	Sistema de arriostramiento (transversales) [4100201]	m	Ancho total del tramo, por número de líneas de arriostres	3. Elemento estructural secundario
		Sistema de arriostramiento (longitudinales) [4100201]	m	Largo del tramo	3. Elemento estructural secundario

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Superestructura (Colgante) [411]	Elementos principales [41101]	Cables principales [4110101]	unidad	Cada línea de cables principales	4. Elemento estructural primario
		Tirantes [4110102]	unidad	Cada uno de los tirantes	4. Elemento estructural primario
		Cerchas rigidizadoras [4110103]	m	Largo del tramo, por número de cerchas rigidizadoras	4. Elemento estructural primario
		Vigas transversales [4110104]	m	Ancho total del tramo, por número de líneas de vigas transversales	4. Elemento estructural primario
		Vigas de piso [4110105]	m	Largo del tramo, por número de vigas de piso	4. Elemento estructural primario
	Elementos secundarios [41102]	Sistema de arriostramiento (transversales) [4110201]	m	Ancho total del tramo, por número de líneas de arriostres	3. Elemento estructural secundario
		Sistema de arriostramiento (longitudinales) [4110201]	m	Largo total del tramo	3. Elemento estructural secundario

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Superestructura (Atirantado) [412]	Elementos principales [41201]	Cables principales [4120101]	unidad	Cada línea de cables principales	4. Elemento estructural primario
		Vigas principales [4120102]	unidad	Largo del tramo, por número de vigas principales	3. Elemento estructural secundario
		Vigas transversales [4120103]	m	Ancho total del tramo, por número de líneas de vigas transversales	4. Elemento estructural primario
	Elementos secundarios [41202]	Diafragmas [4120201]	m	Ancho total del tramo, por número de líneas de diafragmas	3. Elemento estructural secundario
Subestructura [500]	Cabezal de pilas [50001]	Concreto reforzado [5000101]	m	Ancho del cabezal	3. Elemento estructural secundario
		Concreto presforzado [5000102]			
	Cabezal de bastiones [50002]	Concreto reforzado [5000201]	m	Ancho del cabezal	3. Elemento estructural secundario
		Concreto presforzado [5000202]			
	Cuerpo de pilas [50003]	Muro [5000301]	m	Ancho del muro	4. Elemento estructural primario
		Columna sencilla [5000302]	m	Altura de la columna	4. Elemento estructural primario
		Columna doble [5000303]	m	Suma de altura de cada columna	4. Elemento estructural primario

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Subestructura [500]	Cuerpo de pilas [50003]	Columna múltiple [5000304]	m	Suma de altura de cada columna	4. Elemento estructural primario
		Cabezal sobre pilotes [5000305]	m	Ancho del cabezal	4. Elemento estructural primario
	Cuerpo de bastiones [50004]	Gravedad [5000401]	m	Ancho de muro	4. Elemento estructural primario
		Voladizo [5000402]	m	Ancho de muro	4. Elemento estructural primario
		Marco [5000403]	m	Suma de altura de cada columna	4. Elemento estructural primario
		Muro con contrafuertes [5000404]	m	Ancho de muro	4. Elemento estructural primario
		Tierra armada [5000405]	m	Ancho de muro	4. Elemento estructural primario
		Cabezal sobre pilotes [5000406]	m	Ancho del cabezal	4. Elemento estructural primario
	Fundaciones [50005]	Placa aislada de concreto [5000501]	m	Suma del ancho de cada placa	4. Elemento estructural primario
		Placa sobre pilotes [5000502]	m	Suma del ancho de cada placa	4. Elemento estructural primario
		Pilote [5000503]	unidad	Cada pilote	4. Elemento estructural primario
		Bloque rígido tipo “*caisson*” [5000504]	m	Suma del ancho del "*caisson*"	4. Elemento estructural primario
		Placa corrida [5000505]	m	Suma del ancho de cada placa	4. Elemento estructural primario

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Subestructura [500]	Apoyos [50006]	Elastomérico [5000601]	unidad	Cada apoyo	3. Elemento estructural secundario
		Rodillos [5000602]			
		Balancines [5000603]			
		Fijos (acero) [5000604]			
		Fijos (concreto) [5000605]			
		Confinado ("*pot bearing*") [5000606]			
		Disco [5000607]			
		Placas deslizantes [5000608]			
		Esférico [5000609]			
		Unión integral a bastión o pila [5000610]			
		Lámina asfáltica ("*tar paper*") [5000611]			
		Aisladores elastoméricos [5000612]			
		Aisladores deslizantes [5000613]			
	Aletones [50007]	-	m	Suma del largo de cada aletón	3. Elemento estructural secundario
	Torres [50008]	Concreto [5000801]	m	Altura de la torre	4. Elemento estructural primario
		Acero [5000802]			

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Sistema de protección [600]	Sistemas de protección contra la corrosión para elementos de acero [60001]	Pintura [6000101]	Según elemento donde se aplique	Según elemento donde se aplique	1. Elemento funcional secundario
		Acero autopatinable (“*weathering”)* [6000102]			
		Galvanizado [6000103]			
		Sistema dúplex [6000104]			
	Sistemas de protección para elementos de madera [60002]	Pintura [6000201]	Según elemento donde se aplique	Según elemento donde se aplique	1. Elemento funcional secundario
		Preservante [6000202]			
		Repelente de agua [6000203]			
		Retardante de fuego [6000204]			
	Sistemas de protección para elementos de concreto [60003]	Recubrimiento impermeabilizante [6000301]	Según elemento donde se aplique	Según elemento donde se aplique	1. Elemento funcional secundario
		Sellador de grietas [6000302]			

Tabla F.6. Categorización de todos los elementos de puentes (*continuación*).

Componente	Elemento	Tipo	Unidad	Forma de medir	Categoría (ver Apartado F.3.1)
Sistema de protección [600]	Sistemas de protección sísmica [60004]	Llaves de corte [6000401]	unidad	Cada elemento de protección	2. Elemento funcional primario
		Cadenas / Anclajes / Post-tensión externa [6000402]			
		Dispositivos de disipación de energía [6000403]			
	Sistemas de protección hidráulica [60005]	-	unidad	Cada elemento de protección	2. Elemento funcional primario

F.7 Categorización de las deficiencias en elementos de puentes

En esta sección se muestra la categorización de todas las deficiencias en elementos de puentes, presentadas en el Apéndice B del MP-2024 Tomo I. A cada deficiencia se le asigna una de las dos categorías que se describen en el Apartado F.3.2 del MP-2024 Tomo I. Estas categorías son las siguientes:

1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento.

2- Deficiencias que afectan la capacidad estructural u operativa del elemento.

Es importante aclarar que el Apéndice B del MP-2024 Tomo I muestra primero las deficiencias que se evalúan de forma general según el material del elemento, y posteriormente muestra deficiencias que aplican específicamente a ciertos elementos. Por lo tanto, la categorización de las deficiencias se hará por separado para cada uno de estos casos.

Primeramente, la Tabla F.7 muestra la categorización de todas las deficiencias definidas por material. En esta tabla se hace referencia a los apartados y tablas del Apéndice B del MP-2024 Tomo I correspondientes a cada deficiencia.

Tabla F.7. Categorización de las deficiencias definidas por material

Material	Forma de medición	Deficiencia	Categoría
Acero (Apartado B.3.1)	Linealmente (Tabla B.2)	Agrietamiento	2
		Corrosión	2
		Conexiones	2
		Deformación	2
		Impacto	2
	Por Área (Tabla B.3)	Agrietamiento	2
		Corrosión	2
		Conexiones y alineamiento	2
		Impacto	2
		Reparaciones	2
Concreto Reforzado (Apartado B.3.2)	Linealmente (Tabla B.4)	Delaminación/desprendimiento/ área reparada	2
		Acero expuesto	2
		Eflorescencias/manchas de óxido	1
		Nidos de piedra	1
		Agrietamiento	2
		Abrasión o desgaste	1
		Impacto	2
	Por Área (Tabla B.5)	Grietas en una dirección	2
		Grietas en dos direcciones	2
		Agujeros en losas	2
		Delaminación/desprendimiento/ área reparada	2
		Acero expuesto	2
		Eflorescencias/manchas de óxido	1
		Nidos de piedra	1
		Abrasión o desgaste	1
		Impacto	2

Tabla F.7. Categorización de las deficiencias definidas por material (*continuación*)

Material	Forma de medición	Deficiencia	Categoría
Concreto Presforzado (Apartado B.3.3)	Linealmente (Tabla B.6)	Delaminación/ desprendimientos	2
		Agrietamiento	2
		Eflorescencias/manchas de óxido	1
		Acero de refuerzo convencional expuesto	2
		Acero del presfuerzo expuesto	2
		Nidos de piedra	1
		Abrasión o desgaste	1
		Impacto	2
	Por Área (Tabla B.7)	Delaminación/ desprendimiento/área reparada	2
		Agrietamiento (una o dos direcciones)	2
		Agujeros en losas	2
		Eflorescencias/manchas de óxido	1
		Acero de refuerzo convencional expuesto	2
		Acero del presfuerzo expuesto	2
		Nidos de piedra	1
		Abrasión o desgaste	1
		Impacto	2
Madera (Apartado B.3.4)	Linealmente (Tabla B.8)	Grietas/acebolladuras/rajaduras	2
		Abrasión/desgaste	2
		Pudrición	2
		Daño por fuego	2
		Conexiones (elementos de sujeción y accesorios de acero)	2
	Por Área (Tabla B.9)	Grietas/acebolladuras/rajaduras	2
		Abrasión o desgaste	2
		Pudrición	2
		Pérdida de sección	2
		Daño por fuego	2
		Conexiones (elementos de sujeción y accesorios)	2
		Reparaciones	2

Tabla F.7. Categorización de las deficiencias definidas por material (*continuación*)

Material	Forma de medición	Deficiencia	Categoría
Mampostería (Apartado B.3.5)	Linealmente/ Por Área (Tabla B.10)	Delaminaciones/ descascaramiento	2
		Fractura o separación de la mampostería	2
		Abrasión o desgaste	2
		Áreas reparadas	2
		Eflorescencias/ filtraciones	2
		Agrietamiento del mortero	2
		Desalineamiento o desplazamiento de los bloques	2
		Verticalidad (pérdida de plomo)	2
		Pérdida de relleno (confinado por la mampostería)	2

De manera similar, la Tabla F.8 muestra la categorización de las deficiencias que aplican específicamente a ciertos elementos del puente. En esta tabla se hace referencia a los apartados, incisos y tablas del Apéndice B del MP-2024 Tomo I correspondientes a cada deficiencia.

Tabla F.8. Categorización de las deficiencias definidas por elemento

Componente	Elemento	Tipo	Deficiencia	Categoría
Sistema de protección de los materiales (Apartado B.4.2)	Sistema de protección para elementos de acero (Inciso B.4.2.1)	Pintura (Tabla B.11)	Decoloración	1
			Pulverización	1
			Descascaramiento/ ampollas/ agrietamiento	1
			Efectividad de la protección	1
		Galvanizado/ acero córten/ dúplex (Tabla B.12)	En galvanizado	1
			Sistema de protección dúplex (galvanizado y pintura)	1
			Porcentaje de oxidación	1
			Sistema de protección de acero autopatinable (“weathering”)	1
	Sistema de protección para elementos de concreto (Inciso B.4.2.2)	Todos (Tabla B.13)	Desgaste	1
			Efectividad	1

Tabla F.8. Categorización de las deficiencias definidas por elemento (*continuación*)

Componente	Elemento	Tipo	Deficiencia	Categoría
Seguridad Vial (Apartado B.4.3)	Sistema de contención vehicular (accesos) (Inciso B.4.3.1)	Todos (Tabla B.14)	Sistema de contención faltante	2
			Deformación del sistema de contención	2
			En conexiones del sistema de contención	2
			En anclaje y terminales de las barreras	2
	Sistemas de contención vehicular del puente (Inciso B.4.3.2) Barandas y pasarelas peatonales (Inciso B.4.3.3)	Todos (Tabla B.15)	Sistema de contención vehicular faltante	2
			Deformación	2
			En conexiones y anclajes	2
	Señalización y demarcación (Inciso B.4.3.4)	Todos (Tabla B.16)	En demarcación horizontal	2
			En señalización de altura máxima	2
			En señalización de carga	2
			En señalización vertical	2
	Aceras y pasarelas peatonales (Inciso B.4.3.5)	Todos (Tabla B.17)	Condición general	2
			En el drenaje	2
			Asentamiento	2
	Iluminación (Inciso B.4.3.6)	Todos (Tabla B.18)	En postes y luminarias	2
	Infraestructura ciclista (Inciso B.4.3.7)	Todos (Tabla B.19)	En el estado de la infraestructura ciclista	2
	Bordillos y medianeras (Inciso B.4.3.8)	Todos (Tabla B.20)	En la altura del bordillo o medianera	2
			En la limpieza del bordillo o medianera	2

Tabla F.8. Categorización de las deficiencias definidas por elemento (*continuación*)

Componente	Elemento	Tipo	Deficiencia	Categoría
Accesos (Apartado B.4.4)	Alineamiento del acceso (Inciso B.4.4.1)	Todos (Tabla B.21)	En el alineamiento del acceso respecto al puente	2
	Rellenos de aproximación (Inciso B.4.4.2)	Todos (Tabla B.22)	Asentamiento o pérdida de relleno en los accesos	2
			En la transición entre acceso y puente	2
	Sistema de drenaje de los accesos (Inciso B.4.4.3)	Todos (Tabla B.23)	Erosión	2
			Estancamiento de agua	2
			En la condición y funcionamiento del sistema de drenaje	1
	Obras de retención no integrales (Inciso B.4.4.4)	Todos (Tabla B.24)	Asentamiento o volcamiento de muros de retención no integrales	2
			Estado de los gaviones	2
	Losas de aproximación (Inciso B.4.4.5)	No cubiertas por superficie de ruedo (Tabla B.25)	Reparaciones	2
			Asentamiento o pérdida de soporte	2
	Superficies de ruedo de los accesos (Inciso B.4.4.6)	De concreto asfáltico (Tabla B.26)	Ondulaciones	2
			Surcos	2
			Abultamientos y hundimientos	2
			Grietas	2
			Baches	2
			Huecos	2
			Sobrecapas	2
		De grava (Tabla B.27)	En el estado de la superficie de grava	2

Tabla F.8. Categorización de las deficiencias definidas por elemento (*continuación*)

Componente	Elemento	Tipo	Deficiencia	Categoría
Accesorios (Apartado B.4.5)	Superficie de ruedo (Inciso B.4.5.1)	De concreto asfáltico (Tabla B.26)	Ondulaciones	2
			Surcos	2
			Abultamientos y hundimientos	2
			Grietas	2
			Baches	2
			Huecos	2
			Sobrecapas	2
		De grava (Tabla B.27)	En el estado de la superficie de grava	2
	Juntas de expansión (Inciso B.4.5.2)	Todos (Tabla B.28)	Filtración de agua	1
			Faltante o deformación	2
			Movimiento vertical	2
			Obstrucción	2
			En la condición de los componentes de la junta	2
			En la condición del sello	1
	Sistema de drenaje del puente (Inciso B.4.5.3)	Todos (Tabla B.29)	Obstrucciones/ acumulación de agua (entrada)	2
			Condición del sistema de drenaje del tablero (salida)	1
			Condición del sistema de drenaje del tablero (entrada)	2
Superestructura de puente colgante o atirantado (Apartado B.4.6)	Elementos principales (Inciso B.4.6.1)	Cables principales y tirantes (Tabla B.30)	Corrosión	2
			En los sistemas de sujeción de los cables	2
			Vibración	2
			Cables dañados (deshilachados, desgastados)	2
			En los anclajes de los cables	2

Tabla F.8. Categorización de las deficiencias definidas por elemento (*continuación*)

Componente	Elemento	Tipo	Deficiencia	Categoría
Subestructura (Apartado B.4.7)	Apoyos (Inciso B.4.7.1)	Elastoméricos (Tabla B.31)	Movimiento	2
			Alineamiento	2
			Corrosión	2
			Pérdida del área de soporte	2
			En la posición de la almohadilla	2
			Deformación lateral	2
			Grietas o desgarre de la almohadilla	2
			En las placas, pernos de anclaje, topes (*restraints*)	2
		Expansivos (Tabla B.32)	Movimiento	2
			Alineamiento	2
			En los elementos principales de los apoyos	2
			Corrosión	2
			En las placas, pernos de anclaje, topes y guías laterales	2
			Pérdida del área de soporte	2
		Fijos (Tabla B.33)	Movimiento	2
			En los elementos principales de los apoyos	2
			Corrosión	2
			En conexiones	2
			En los pernos de anclaje o sistemas de restricción vertical	2
			Pérdida del área de soporte	2

Tabla F.8. Categorización de las deficiencias definidas por elemento (*continuación*)

Componente	Elemento	Tipo	Deficiencia	Categoría
Subestructura (Apartado B.4.7)	Apoyos (Inciso B.4.7.1)	Disco/ confinado (Tabla B.34)	Movimiento	2
			Alineamiento	2
			En los elementos principales de los apoyos	2
			Corrosión	2
			En conexiones	2
			En los pernos de anclaje, sistemas de restricción vertical o guías laterales	2
			Pérdida del área de soporte	2
	Elementos expuestos a asentamientos (Inciso B.4.7.2)	Todos (Tabla B.35)	Asentamiento de los elementos de la subestructura	2
			Movimiento o rotación de elementos de la subestructura	2
			Erosión y asentamiento de taludes y de las protecciones de los taludes	2
	Aletones (Inciso B.4.7.3)	Todos (Tabla B.36)	Condición de las uniones de los aletones	2
			Movimiento o rotación	2
			Erosión y filtraciones en el relleno	2
Sistemas de protección contra amenazas naturales (Apartado B.4.8)	Sistema de protección hidráulica (Inciso B.4.8.1)	Todos (Tabla B.37)	Potencial de bloqueo del cauce	1
			Desbordamiento	1
			Sistemas de protección contra la socavación	1
			Socavación de cimentaciones superficiales	2
			Socavación de cimentaciones profundas	2
	Sistema de protección sísmica (Inciso B.4.8.2)	Todos (Tabla B.38)	Longitud de asiento	2
			Llaves de corte	2
			Otros sistemas de protección sísmica	2

F.8 Procedimiento para calificar la condición con datos del programa SAEP del CONAVI.

En Costa Rica los puentes han sido evaluados con la metodología del *Manual de Inspección de Puentes* (Ministerio de Obras Públicas y Transportes [MOPT] y Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA], 2007). La información del inventario y la inspección de estos puentes está alojada en un programa informático denominado Sistema de Administración de Puentes (SAEP). Esta información puede ser analizada para determinar la calificación de la condición de los elementos, los componentes y del puente globalmente. Este análisis permitiría utilizar la información disponible para la toma de decisiones, durante el periodo en que se implementan las metodologías de *Inspección de inventario* e *Inspección rutinaria* del MP-2024 Tomo I.

En la *Inspección rutinaria* incluida en el SAEP (MOPT y JICA, 2007) se recolecta información de 17 elementos que se pueden encontrar en los puentes de Costa Rica. Esos elementos se agrupan en 6 componentes. Estos elementos, corresponden a puentes con superestructuras tipo viga. Sin embargo, el MOPT ha desarrollado metodologías de ajuste para ingresar la información de otros elementos de otras tipologías de puentes, utilizando los mismos elementos ya definidos.

Por cada elemento el MOPT y JICA (2007) definió de 3 a 9 deficiencias que pueden ser evaluadas. Si se distribuyen las deficiencias entre los elementos, en las que aplican, se tiene en total 84 deficiencias por evaluar. Algunas de las deficiencias se repiten en varios elementos, ya que corresponden a deficiencias por tipo de material.

Otros aspectos a resaltar son que la metodología de evaluación del SAEP (MOPT y JICA, 2007) no considera la extensión de las deficiencias y utiliza 5 grados de daño, que se consideran los niveles de severidad. En algunos grados de daño, está incluida la extensión de las deficiencias.

Debido a lo anterior, es necesario desarrollar un criterio similar al de la Tabla F.5 para calificar la condición de los elementos, los componentes y los puentes globalmente, que han sido inspeccionados con la metodología del SAEP (MOPT y JICA, 2007). Esto implica las siguientes consideraciones:

1. Categorizar los elementos que se evalúan en el SAEP de acuerdo con su función (ver Apartado F.3.1 del MP-2024 Tomo I).
2. Categorizar las deficiencias que se evalúan en el SAEP de acuerdo con su efecto (ver Apartado F.3.2 del MP-2024 Tomo I).
3. Implementar un criterio para calificar la condición de los elementos del SAEP, sin hacer

uso de la variable de extensión.

Los siguientes apartados presentan los criterios para realizar lo indicado en los puntos anteriores. En el Apartado F.8.1 del MP-2024 Tomo I se muestra la categorización requerida para los elementos. En el Apartado F.8.2 del MP-2024 Tomo I se muestra la categorización requerida para las deficiencias que se evalúan con la metodología de inspección del SAEP (MOPT y JICA, 2007). Y por último, en el Apartado F.8.2 del MP-2024 Tomo I se muestra el criterio para calificar la condición con los 5 grados de severidad de las deficiencias con que se deben evaluar los puentes en el SAEP.

F.8.1 Categorización de los elementos del SAEP

En la Tabla F.9 se presenta la categorización de los elementos del SAEP de acuerdo con el Apartado F.3.1 del MP-2024 Tomo I.

Tabla F.9. Categorización de los elementos del SAEP

COMPONENTE	ELEMENTO	CATEGORÍA (Ver Apartado F.3.1)
ACCESORIOS	Pavimento	*1- Elemento funcional secundario*
	Juntas de expansión	*1- Elemento funcional secundario*
	Baranda (Acero)	*1- Elemento funcional secundario*
	Baranda (Concreto)	*1- Elemento funcional secundario*
SUPERESTRUCTURA - ELEMENTOS DE CONCRETO	Losa	*4- Elemento estructural primario*
	Vigas Principal de concreto	*4- Elemento estructural primario*
	Viga diafragma	*3- Elemento estructural secundario*
	Apoyo	*3- Elemento estructural secundario*
SUPERESTRUCTURA - ELEMENTOS DE ACERO	Losa	*4- Elemento estructural primario*
	Viga Principal de acero	*4- Elemento estructural primario*
	Sistema de Arriostramiento	*3- Elemento estructural secundario*
	Pintura	*1- Elemento funcional secundario*
	Apoyo	*3- Elemento estructural secundario*

Tabla F.9. Categorización de los elementos del SAEP (*continuación*)

COMPONENTE	ELEMENTO	CATEGORÍA (Ver Apartado F.3.1)
SUBESTRUCTURA	Viga cabezal y Aletones (Bastión)	*3- Elemento estructural secundario*
	Cuerpo Principal (Bastión)	*4- Elemento estructural primario*
	Martillo (Pila)	*3- Elemento estructural secundario*
	Cuerpo Principal (Pila)	*4- Elemento estructural primario*
ACCESOS	Talud del relleno de aproximación	*2. Elemento funcional primario*
SISTEMA DE PROTECCIÓN	Protección en frente del bastión	*2. Elemento funcional primario*

En la Tabla F.9 se muestran dos componentes, con sus respectivos elementos, que no se encuentran originalmente en el SAEP o en el *Manual de Inspección de Puentes* de MOPT y JICA (2007). Esos componentes son *"Accesos"* y "*Sistemas de protección"* y sus elementos son "*Talud del relleno de aproximación"* y *"Protección en frente del bastión",* respectivamente.

El elemento "*Talud del relleno de aproximación"*, incluido como parte de los accesos, originalmente, se evaluaba como parte del elemento "*Viga cabezal y Aletones (Bastión)*". En este elemento se evaluaba como la deficiencia denominada *"Protección del talud"*. Esta deficiencia se refiere realmente a un relleno de aproximación, que es parte de los accesos y no del bastión.

El elemento *"Protección en frente del bastión"*, incluido como parte del sistema de protección, originalmente, se evaluaba como parte del elemento "*Cuerpo Principal (Bastión)*". En este elemento se evaluaba como la deficiencia denominada "*Pérdida del talud de protección en frente del bastión"*. Esta deficiencia, realmente se refiere a un sistema de protección hidráulica, que en el MP-2024 Tomo I se considera como un elemento diferente del bastión.

F.8.2 Categorización de las deficiencias del SAEP

En el SAEP las deficiencias se agrupan por elementos. Por esto, en la Tabla F.10 se presenta la categorización de las deficiencias del SAEP agrupadas por el elemento en el que se evalúan. Aunque algunas deficiencias por tipo de material son comunes entre elementos, se presentan por separado para mantener la consistencia de la categorización.

La categorización de las deficiencias del SAEP que se muestra en la Tabla F.10 se realiza con los criterios que se establecieron en el Apartado F.3.2 del MP-2024 Tomo I.

Tabla F.10. Categorización de las deficiencias del SAEP

ELEMENTO	DEFICIENCIA	CATEGORÍA DE LA DEFICIENCIA (ver Apartado F.3.2)
Pavimento	**Ondulación**	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Surcos	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Grietas (superficie de rodamiento o pavimento)	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Baches	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Sobrecapas de asfalto	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
Baranda (acero)	**Deformación**	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Oxidación	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Corrosión	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Faltante o ausencia	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
Baranda (concreto)	**Agrietamiento**	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Acero de refuerzo expuesto	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Faltante o ausencia	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
Juntas de expansión	**Sonidos extraños**	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Filtraciones de agua	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Faltante o deformación	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Movimiento vertical	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Juntas obstruidas	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Acero de refuerzo expuesto	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento

Tabla F.10. Categorización de las deficiencias del SAEP (*continuación*)

ELEMENTO	DEFICIENCIA	CATEGORÍA DE LA DEFICIENCIA (ver Apartado F.3.2)
Losa	**Grietas en una dirección**	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Grietas en dos direcciones	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Descascara-miento	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Acero de refuerzo expuesto	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Nidos de piedra	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Eflorescencia	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Agujeros en la losa	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
Viga principal de acero	**Oxidación**	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Corrosión	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Deformación	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Pérdida de pernos	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Grieta en la soldadura o la placa	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
Sistema de arriostramiento	**Oxidación**	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Corrosión	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Deformación	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Rotura de conexiones	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Rotura de elementos	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
Pintura	**Decoloración**	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Ampollas	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Descascaramiento	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento

Tabla F.10. Categorización de las deficiencias del SAEP (*continuación*)

ELEMENTO	DEFICIENCIA	CATEGORÍA DE LA DEFICIENCIA (ver Apartado F.3.2)
Viga principal de concreto	**Grietas en una dirección**	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Grietas en dos direcciones	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Descascara-miento	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Acero de refuerzo expuesto	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Nidos de piedra	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Eflorescencia	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
Viga diafragma	**Grietas en una dirección**	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Grietas en dos direcciones	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Descascaramiento	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Acero de refuerzo expuesto	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Nidos de piedra	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Eflorescencia	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
Apoyos	**Rotura de pernos**	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Deformación	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Inclinación	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Desplazamiento	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
Viga cabezal y aletones del bastión	**Grietas en una dirección**	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Grietas en dos direcciones	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Descascaramiento	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Acero de refuerzo expuesto	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Nidos de piedra	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Eflorescencia	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
Talud del relleno de aproximación	**Protección del talud**	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento

Tabla F.10. Categorización de las deficiencias del SAEP (*continuación*)

ELEMENTO	DEFICIENCIA	CATEGORÍA DE LA DEFICIENCIA (ver Apartado F.3.2)
Cuerpo principal del bastión	**Grietas en una dirección**	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Grietas en dos direcciones	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Descascara-miento	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Acero de refuerzo expuesto	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Nidos de piedra	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Eflorescencia	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Inclinación	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Socavación en la fundación	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
Protección en frente del bastión	**Pérdida del talud de protección en frente del bastión**	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
Martillo de la pila	**Grietas en una dirección**	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Grietas en dos direcciones	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Descascaramiento	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Acero de refuerzo expuesto	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Nidos de piedra	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Eflorescencia	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
Cuerpo principal de la pila	**Grietas en una dirección**	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Grietas en dos direcciones	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Descascaramiento	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Acero de refuerzo expuesto	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Nidos de piedra	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Eflorescencia	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento
	Inclinación	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento
	Socavación en la fundación	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento

F.8.3 Criterio para la calificación de la condición de los elementos del SAEP

La Tabla F.11 muestra la calificación de la condición que se debe asignar a cada una de las deficiencias, con los 5 grados de daño (severidad) del SAEP (MOPT y JICA, 2007) dependiendo de la categoría del elemento definida en el Apartado F.8.1 y la categoría de la deficiencia definida en el Apartado F.8.2, del MP-2024 Tomo I.

Tabla F.11. Criterio para la calificación de la condición de las deficiencias en los elementos que evalúa el SAEP de acuerdo con la escala presentada en la Tabla F.1

Categoría del elemento según su función (Apartado F.3.1)	Categoría de la deficiencia según su efecto (Apartado F.3.2)	Grado de daño (MOPT y JICA, 2007)	Calificación de la condición (ver Tabla F.1)
1- Elemento funcional secundario	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento	1	1 Satisfactoria
		2	2 Aceptable
		3	2 Aceptable
		4	3 Regular
		5	3 Regular
	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	1	1 Satisfactoria
		2	2 Aceptable
		3	2 Aceptable
		4	3 Regular
		5	4 Deficiente
2. Elemento funcional primario	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento	1	1 Satisfactoria
		2	2 Aceptable
		3	3 Regular
		4	3 Regular
		5	4 Deficiente
	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	1	1 Satisfactoria
		2	2 Aceptable
		3	3 Regular
		4	4 Deficiente
		5	4 Deficiente
3- Elemento estructural secundario	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento	1	1 Satisfactoria
		2	2 Aceptable
		3	3 Regular
		4	3 Regular
		5	4 Deficiente
	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	1	1 Satisfactoria
		2	2 Aceptable
		3	3 Regular
		4	4 Deficiente
		5	4 Deficiente

Tabla F.11. Criterio para la calificación de la condición de las deficiencias en los elementos que evalúa el SAEP de acuerdo con la escala presentada en la Tabla F.1

Categoría del elemento según su función (Apartado F.3.1)	Categoría de la deficiencia según su efecto (Apartado F.3.2)	Grado de daño (MOPT y JICA, 2007)	Calificación de la condición (ver Tabla F.1)
4- Elemento estructural primario	1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento	1	1 Satisfactoria
		2	2 Aceptable
		3	3 Regular
		4	3 Regular
		5	4 Deficiente
	2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	1	1 Satisfactoria
		2	3 Regular
		3	3 Regular
		4	4 Deficiente
		5	5 Alarmante
			6 Falla inminente

En la Tabla F.11 se observa que es necesario aplicar el criterio ingenieril para calificar la condición en los elementos estructurales primarios, con deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa y donde el grado de daño es 5. Lo anterior, es porque en esos casos, algunos criterios de deficiencias del *Manual de Inspección de Puentes* de MOPT y JICA (2007) para el grado de daño 5, implican una severidad mayor que otras.

Es posible que los inspectores hayan asignado un cero como grado de daño en las deficiencias que se evalúan en el programa SAEP. En ese caso, se tratará como si la deficiencia no existiera en el puente. Por lo tanto, la calificación de la condición se obtendrá con las deficiencias que tengan calificaciones mayores o iguales que 1.

Al definir el criterio de calificación de la condición de las deficiencias con los datos del SAEP, se puede seguir el procedimiento detallado en la Sección F.5 del MP-2024 Tomo I. En este caso, se debe cambiar el Paso 1, para que indique que los datos de *Inspección rutinaria* se deben recolectar con los criterios del *Manual de Inspección de Puentes* de MOPT y JICA (2007), para ingresar los datos en el programa informático SAEP. Además, se debe realizar el procedimiento descrito en esta sección en lugar de lo indicado en el Paso 2. Los demás pasos, se deben seguir de la forma en que están descritos.

F.9 Bibliografía

AASHTO. (2018). *The Manual for Bridge Evaluation (3° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2019). *Manual for Bridge Element Inspection (2° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

FHWA. (1995). *Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges (Publication n.° FHWA-PD-96-001).* Washington, D.C: Office of Engineering, Federal Highway Administration.

FHWA. (2016). *Synthesis of National and International Methodologies Used for Bridge Health Indices (Publication n.° FHWA-HRT-15-081).* Virginia: Federal Highway Administration.

FHWA. (2018). *Bridge Preservation Guide - Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility (Publication n.° FHWA-HIF-18-022).* Washington, D.C: Federal Highway Administration.

MOPT, y JICA. (2007). *Manual de Inspección de Puentes.* San José: Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Página intencionalmente en blanco.

Apéndice G

Guía para la priorización de la intervención de puentes existentes

G.1 Generalidades..... G/3

G.2 Priorización de puentes por programas de intervención..... G/3

G.2.1 Categorización por programa de intervención..... G/3

G.3 Variables que intervienen en la priorización de puentes..... G/4

G.3.1 Priorización con relevancia en la calificación de la condición de componentes y la importancia del puente..... G/5

G.3.2 Priorización con relevancia en la obsolescencia y la importancia del puente... G/6

G.4 Variables relacionadas con la calificación de la condición de los componentes..... G/6

G.5 Variables relacionadas con la importancia del puente..... G/9

G.5.1 Importancia operacional..... G/11

G.5.2 Clasificación de la ruta..... G/11

G.5.3 Conteo de tráfico..... G/12

G.5.4 Tipo de superestructura principal..... G/14

G.5.5 Distancia de la ruta de desvío..... G/15

G.5.6 Longitud total del puente entre juntas de expansión..... G/15

G.5.7 Velocidad en la ruta de desvío..... G/16

G.5.8 Servicios públicos adosados al puente..... G/16

G.5.9 Longitud del tramo máximo del puente..... G/16

G.5.10 Número de tramos..... G/17

G.6 Variables relacionadas con la obsolescencia del puente..... G/17

G.6.1 Capacidad de carga viva..... G/19

G.6.2 Altura libre inferior....G/21
G.6.3 Altura libre superior.... G/23
G.6.4 Número de carriles del puente.... G/23
G.6.5 Puente temporal o sin diseño formal....G/24
G.6.6 Vida de servicio....G/24
G.6.7 Normativa de diseño.... G/25
G.7 Procedimiento de priorización.... G/27
G.7.1 Datos de entrada.... G/27
G.7.2 Evaluación de las variables individuales.... G/28
G.7.3 Ponderación de las variables generales....G/28
G.7.4 Puntaje de priorización total....G/29
G.7.5 Lista de priorización de puentes.... G/29
G.8 Cálculo de los pesos ponderados de las variables de priorización....G/29
G.8.1 Pesos de las variables generales de priorización de puentes.... G/31
G.8.2 Peso de las variables relacionadas con la condición de los componentes..... G/31
G.8.3 Peso de las variables relacionadas con la importancia del puente....G/35
G.8.4 Pesos de las variables relacionadas con la obsolescencia del puente....G/36
G.9 Bibliografía....G/37

G.1 Generalidades

Esta guía está orientada a definir un procedimiento para priorizar las intervenciones en puentes de acuerdo con una serie de criterios o variables, a las que se les asigna un peso ponderado o porcentaje de relevancia, con el cual, se obtiene una ponderación final. Esta ponderación de los puentes permite ordenarlos para tomar decisiones sobre las acciones de intervención que la *Organización responsable de la gestión de puentes* (denominada de aquí en adelante como *Organización*) debe llevar a cabo, según las necesidades identificadas, los recursos disponibles y los objetivos de planteados en un Sistema de Gestión de Puentes (SGP).

La base del método de ponderación de variables es el proceso analítico por jerarquías propuesto por Saaty (1987). Este procedimiento fue utilizado en el *Lineamiento para Mantenimiento de Puentes* (Ministerio de Obras Públicas y Transportes [MOPT] y Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA], 2007). En algunas partes de esta guía se hace referencia este documento.

En esta guía se presenta de forma detallada la metodología implementada para obtener los pesos ponderados (porcentajes de relevancia) de las distintas variables que intervienen en la ponderación global de un puente para su priorización. Además, se desglosa la forma en que se califica cada puente, de acuerdo con sus características de inventario, para obtener la ponderación de los criterios considerados dentro de cada una de esas variables. Estos criterios a su vez, tienen un peso ponderado característico dentro de la variable que se considera para la priorización.

G.2 Priorización de puentes por programas de intervención

El proceso de priorización de puentes establecido en esta guía, está relacionado con el concepto de los programas de intervención de puentes definidos en el Capítulo 8 y en el Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I. Estos programas se incorporan en el proceso de priorización con el fin de facilitar a la *Organización* los procesos de asignación de los recursos para alcanzar de forma efectiva los objetivos establecidos en el SGP.

Por esta razón, el primer paso de la priorización de puentes debe ser la clasificación de las estructuras en los diferentes programas de intervención. Este proceso se explica con detalle en el Apartado 8.2.1 del MP-2024 Tomo I.

G.2.1 Categorización por programa de intervención

De acuerdo con lo que se establece en el Apartado 8.2.1 del MP-2024 Tomo I, se tienen tres programas de intervención, según las acciones de intervención consideradas. Las acciones de mantenimiento cíclico, de mantenimiento basado en la condición y de rehabilitación menor

corresponden al programa de mantenimiento que es parte de la conservación de puentes existente, un segundo programa dentro de la conservación de puentes existentes denominado rehabilitación mayor y un tercer programa denominado reconstrucción (sustitución), que es parte de la categoría de construcción de puentes nuevos (ver Capítulo 9 del MP-2024 Tomo I).

La priorización de puentes se debe realizar por aparte para el programa de mantenimiento y para los programas de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución), estos dos últimos se priorizan en conjunto. Por lo anterior, de forma previa a determinar la priorización de las acciones, los puentes deben ser categorizados en los programas de intervención indicados anteriormente. Esta categorización inicial de cada puente, se puede obtener de la calificación de la condición global obtenida para cada puente, como resultado de las inspecciones rutinarias, de acuerdo a como se definió en el Apartado 8.2.1 del MP-2024 Tomo I.

En el caso del programa de mantenimiento de puentes, la priorización se aplica para las actividades en la categoría de mantenimiento basado en la condición y rehabilitación menor, ya que las actividades de mantenimiento cíclico se realizan en intervalos de tiempo definidos y deberían estar incluidas dentro de un presupuesto que no dependa de una priorización.

G.3 Variables que intervienen en la priorización de puentes

La priorización de las acciones de intervención en puentes definidos en este manual, se obtiene con base en la ponderación de las variables relacionadas con la condición de los elementos y otras variables obtenidas de los datos de inventario, que involucran la importancia y la obsolescencia del puente. Estas ponderaciones se obtienen utilizando el proceso analítico por jerarquías (Saaty, 1987). El detalle de la obtención de la distribución de los porcentajes de relevancia mostrados en las tablas de cada una de las variables definidas en esta la guía se muestra en la Sección G.8 del MP-2024 Tomo I.

Para conocer la importancia relativa de las acciones de intervención de puentes dentro de un mismo programa de intervención, esta guía establece tres criterios o variables a las cuales se les debe asignar un peso ponderado, dichas variables son:

1. Calificación de condición de los componentes del puente (ver Sección G.4 del MP-2024 Tomo I)
2. Importancia del puente (ver Sección G.5 del MP-2024 Tomo I)
3. Obsolescencia del puente (ver Sección G.6 del MP-2024 Tomo I).

Con estas tres variables generales, se pueden considerar dos casos para priorizar las acciones en un puente, según sea el objetivo requerido por la *Organización*. La relevancia considerada en los pesos ponderados, asignados mediante el proceso analítico por jerarquías, se obtienen considerando alguno de los siguientes objetivos de priorización:

1. Priorizar la seguridad de los usuarios y la continuidad del servicio dando relevancia a la variable de calificación de la condición de los componentes y a la importancia del puente, sobre la obsolescencia (ver el Apartado G.3.1 del MP-2024 Tomo I).
2. Priorizar la continuidad y fluidez del servicio dando relevancia a la variable de obsolescencia y a la importancia del puente, pero considerando un peso relativo menor, aunque significativo, en la variable de calificación de la condición de los componentes (ver el Apartado G.3.2 del MP-2024 Tomo I).

G.3.1 Priorización con relevancia en la calificación de la condición de componentes y la importancia del puente

En este caso los pesos ponderados asignados por el proceso analítico de jerarquías (Saaty, 1987) brindan mayor relevancia a aquellos puentes que requieren intervención debido a la calificación de condición de sus componentes y por su importancia. Se incluyen también algunos aspectos de obsolescencia, pero con una menor importancia relativa respecto a las otras variables.

El objetivo detrás de esta priorización es brindar seguridad a usuarios del puente y mantener la continuidad del servicio. Lo anterior, se debe a que se priorizan los puentes donde hay mayor ocupación diaria, donde una falla implicaría pérdidas de vidas o altos costos a los usuarios y donde la condición de sus componentes lleva a una necesidad de atención prioritaria para evitar deficiencias mayores.

La Tabla G.1 muestra los pesos ponderados que se deben utilizar en este caso de priorización. En el Apartado G.8.1 del MP-2024 Tomo I se puede observar el detalle del proceso analítico por jerarquías (Saaty, 1987) que llevó a estos pesos ponderados.

Tabla G.1. Peso ponderado máximo de las variables para priorizar puentes, según la condición de los componentes e importancia del puente.

Variable de priorización	Peso ponderado máximo, v (%)
Calificación de la condición de los componentes	45 %
Importancia del puente	45 %
Obsolescencia del puente	10 %
Ponderación total máxima	100 %

G.3.2 Priorización con relevancia en la obsolescencia y la importancia del puente

En este caso los pesos ponderados asignados por el proceso analítico de jerarquías (Saaty, 1987) brindan mayor relevancia a aquellos puentes que requieren intervención debido a la obsolescencia que presentan sus características y a su importancia (Federal Highway Administration [FHWA], 1995).

La obsolescencia implica que un puente no satisface la demanda actual de servicio mínimo requerida; debido a diversas deficiencias en sus características, con respecto a las características especificadas en las normativas para diseño y construcción de puentes más actualizadas. Es una condición de un puente que podría afectar su posición prioritaria en el programa de intervención e incluso hacerlo cambiar de programa de atención en el que se ubica.

El objetivo detrás de esta priorización es mantener la continuidad y fluidez del servicio que brinda el puente. Por esta razón, la ponderación dando relevancia a la obsolescencia se utiliza si los puentes que gestiona la *Organización* representan obstrucciones al servicio de la carretera provocando accidentes de tránsito, congestionamientos y cierres frecuentes.

La Tabla G.2 muestra los pesos ponderados que se deben utilizar en este caso de priorización. En el Apartado G.8.1 del MP-2024 Tomo I se puede observar el detalle del proceso analítico por jerarquías (Saaty, 1987) que llevó a estos pesos ponderados.

Tabla G.2. Peso ponderado máximo de las variables para priorizar puentes, según la condición de obsolescencia e importancia del puente.

Variable de priorización	Peso ponderado máximo, v (%)
Calificación de la condición de los componentes	20 %
Importancia del puente	40 %
Obsolescencia del puente	40 %
Ponderación total máxima	100 %

G.4 Variables relacionadas con la calificación de la condición de los componentes

De acuerdo con el Capítulo 8 del MP-2024 Tomo I, la calificación global de un puente que define el programa de intervención en el que se categoriza el puente (ver Apartado 8.2.1 del MP-2024 Tomo I). Esta calificación global se obtiene como se describe en el Apéndice F del MP-2024 Tomo I, con el siguiente proceso:

- Primero se elige la calificación individual de los elementos del puente, considerando el tipo de elemento y el tipo, la severidad y la extensión de las deficiencias.
- Seguidamente, los elementos se agrupan en componentes, de acuerdo con el Apéndice A. La calificación de la condición de los componentes se obtiene entonces como el valor máximo de la calificación de la condición de los elementos que lo integran.
- Por último, se obtiene la calificación de la condición global del puente, obteniendo el valor máximo de la calificación de la condición de cada componente.

Para el proceso de priorización, no se utiliza la calificación global del puente, ya que es un valor de referencia que solo definirá de forma global el programa de intervención. En su lugar, se utiliza la calificación de la condición de los componentes. Este cambio es para priorizar los puentes donde más componentes requieren atención.

En la Tabla G.3 se muestran los pesos ponderados máximos debido a la calificación de la condición de cada uno de las categorías de componentes de un puente. Estos pesos ponderados se obtuvieron por el proceso analítico por jerarquías (Saaty, 1987) que se detalla en el Apartado G.8.2 del MP-2024 Tomo I. Como se observa en la Tabla G.3, los componentes estructurales han sido priorizados sobre los componentes funcionales (ver Apéndice F del MP-2024 Tomo I). Los componentes de un puente están definidos en el Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I.

En el Apartado G.2.1 del MP-2024 Tomo I se mencionó que la priorización se debe realizar por aparte para cada programa de intervención de puentes. Para el programa de mantenimiento se deben utilizar los pesos ponderados establecidos en la Tabla G.4 y para el programa de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución), se deben utilizar los pesos ponderados establecidos en la Tabla G.5 (ver Apartado G.8.2 del MP-2024 Tomo I).

Tabla G.3. Peso ponderado máximo para la calificación de la condición de los componentes de un puente.

Componente	Ponderación Máxima (%)
Accesorios [100]	3 %
Accesos [200]	3 %
Seguridad vial [300]	9 %
Superestructura (Tablero) [400]	15 %
Superestructura [401], [402], [403], [404], [405], [406], [407], [408], [409], [410], [411], [412]	30 %
Subestructura [500]	30 %
Sistema de protección [600]	10 %
Máxima ponderación individual de la variable	100 %

Tabla G.4. Distribución del peso ponderado con la calificación de la condición de los componentes de puentes que califican para el programa de mantenimiento.

Componente	Distribución del peso ponderado con la calificación de la condición			
	1 – Satisfactorio	2 – Aceptable	3 – Regular	4 – Deficiente
Accesorios [100]	0 %	1 %	3 %	2 %
Accesos [200]	0 %	1 %	3 %	2 %
Seguridad vial [300]	1 %	4 %	9 %	6 %
Superestructura (Tablero) [400]	2 %	7 %	15 %	10 %
Superestructura [401], [402], [403], [404], [405], [406], [407], [408], [409], [410], [411], [412]	4 %	13 %	30 %	20 %
Subestructura [500]	4 %	13 %	30 %	20 %
Sistema de protección [600]	1 %	4 %	10 %	7 %

Tabla G.5. Distribución del peso ponderado con la calificación de la condición de los componentes de puentes que califican para los programas de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) de puentes existentes.

Componente	Distribución del peso ponderado con la calificación de la condición			
	1 – Satisfactoria 2 – Aceptable 3 – Regular	4 – Deficiente	5 – Alarmante	6 – Falla inminente
Accesorios [100]	0 %	3 %	No aplica	No aplica
Accesos [200]	0 %	2 %	3 %	No aplica
Seguridad vial [300]	0 %	9 %	No aplica	No aplica
Superestructura (Tablero) [400]	0 %	4 %	8 %	15 %
Superestructura [401], [402], [403], [404], [405], [406], [407], [408], [409], [410], [411], [412]	0 %	8 %	15 %	30 %
Subestructura [500]	0 %	8 %	15 %	30 %
Sistema de protección [600]	0 %	5 %	10 %	No aplica

Esta separación de programas se realiza, principalmente, para evitar que puentes que deban ser intervenidos por mantenimiento sean relegados en la priorización por los que requieren acciones en programas de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución). Lo anterior se debe a que un programa de mantenimiento da mayor relevancia a los puentes con sus componentes en las condiciones más favorables, mientras que, los programas de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) se enfocan en los puentes con sus componentes en las condiciones más desfavorables y que pueden representar un riesgo a la seguridad de los usuarios. Esta diferencia se puede reflejar mediante el proceso analítico por jerarquías (Saaty, 1987) como se muestra en el Apartado G.8.2 del MP-2024 Tomo I y que resulta en la distribución de peso ponderado de la Tabla G.4 y la Tabla G.5.

Debido a lo anterior, en la Tabla G.5 los componentes con calificaciones de la condición 1 – Satisfactoria, 2 – Aceptable o 3 – Regular no ponderan en la variable, debido a que no son relevantes para los programas de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución). En esta misma tabla, también se muestran algunas calificaciones de la condición que no aplican para algunos componentes. Esto se debe a que esos componentes agrupan elementos se categorizan como elementos funcionales primario o secundarios, que no podría llegar a una calificación de condición mayor que la que se indica en la Tabla G.5, de acuerdo con las reglas del Apartado F.3.1 del MP-2024 Tomo I. Por lo tanto, el componente que agrupa esos elementos no puede alcanzar una calificación de la condición mayor que la indicada.

G.5 Variables relacionadas con la importancia del puente

La importancia del puente se debe considerar en la priorización de puentes para intervención (MOPT y JICA, 2007). Esta variable tiene igual importancia que la calificación de la condición de los componentes del puente en el caso de la Tabla G.1, y que la condición de obsolescencia en el caso de la Tabla G.2 (ver Sección G.3 del MP-2024 Tomo I), por lo tanto permite elegir, de forma cualitativa, los puentes del inventario en donde las acciones de intervención pueden ser más efectivas.

A continuación, se enlistan todas las variables individuales que se consideran para ponderar la importancia de un puente, las cuales, se pueden obtener a partir de los datos de inventario de puentes (los cuales, se obtienen de los formularios indicados entre paréntesis que se pueden observar en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I):

a. Importancia operacional (ver el Apartado G.5.1 y el formulario IN-IB-01).
b. Clasificación de la ruta (ver el Apartado G.5.2 y el formulario IN-IB-01).
c. Conteo de tráfico (ver el Apartado G.5.3 y el formulario IN-IB-01).
d. Tipo de superestructura del puente para obtener el tipo de superestructura principal (ver el Apartado G.5.4 y los formularios del grupo IN-SP).

e. Distancia de la ruta de desvío (ver el Apartado G.5.5 y ver el formulario IN-IB-01).

f. Longitud total entre juntas del puente (ver el Apartado G.5.6 y el formulario IN-IB-01).

g. Velocidad en la ruta de desvío (ver el Apartado G.5.7 y el formulario IN-IB-01).

h. Servicios públicos (ver el Apartado G.5.8 y el formulario IN-IB-01).

i. Longitud de cada tramo del puente, para obtener el tramo de máxima longitud (ver el Apartado G.5.9 y los formularios del grupo IN-SP).

j. Número de tramos (ver el Apartado G.5.10 y el formulario IN-IB-01).

Las variables de conteo de tráfico, clasificación de la ruta, distancia de la ruta de desvío y servicios públicos son modificaciones a las variables incluidas en la priorización por importancia de la publicación de MOPT y JICA (2007). En esa publicación se denominan, respectivamente, como: volumen de tráfico, clase de vías, longitud de desvíos y línea de vida. Además, en esta sección se agregan siete variables adicionales para ponderar la importancia de un puente.

El peso ponderado máximo de cada una de las variables consideradas para evaluar la importancia del puente se puede observar en la Tabla G.6, los cuales, se obtuvieron por medio del proceso analítico por jerarquías (ver Apartado G.8.3 del MP-2024 Tomo I). En esta sección, también, se describen los criterios para obtener los pesos ponderados para cada una de las variables individuales indicadas anteriormente.

Tabla G.6. Peso ponderado máximo de las variables para evaluar la importancia de un puente.

Variable	Ponderación Máxima (%)
a. Importancia operacional	18 %
b. Clasificación de la ruta	18 %
c. Conteo de tráfico	18 %
d. Tipo de superestructura principal	12 %
e. Distancia de la ruta de desvío	8 %
f. Longitud total del puente	8 %
g. Velocidad en la ruta de desvío	6 %
h. Servicios públicos	6 %
i. Longitud del tramo máximo del puente	3 %
j. Número de tramos	3 %
Máxima ponderación individual de la variable	100 %

G.5.1 Importancia operacional

La importancia operacional es una característica especificada en los *Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes* (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos [CFIA], 2013) y establece una categorización propia de los puentes por nivel de importancia, por ejemplo, establece categorías que determinan si el puente es requerido después de una emergencia por sismo para evitar el corte de rutas de tránsito de vehículos de emergencia hacia centros de salud o como ruta de evacuación. Además, considera si el puente se encuentra en una ruta estratégica para el transporte de bienes y servicios, si brinda acceso a fronteras, puertos o aeropuertos o si el valor de reposición del puente es elevado. De acuerdo con esta publicación, los puentes se pueden clasificar por su importancia como: críticos, esenciales, convencionales y otros (CFIA, 2013).

Esta variable toma en consideración otras variables que están incluidas en esta sección. Sin embargo, se consideran por aparte para mejorar la ponderación de importancia del puente.

En la Tabla G.7 se observan las categorías para ponderar cada una de las categorías de importancia operacional para puentes y los pesos correspondientes calculados por el proceso analítico de jerarquías.

Tabla G.7. Categorías para la evaluación de importancia por categorías de importancia operacional.

Categorías de importancia operacional (CFIA, 2013)	Peso ponderado (%)
• Otros puentes	0 %
• Puentes convencionales	6 %
• Puentes esenciales	12 %
• Puentes críticos	18 %

G.5.2 Clasificación de la ruta

En la publicación *Lineamiento para Mantenimiento de Puentes* de MOPT y JICA (2007) se incluye la clasificación de la ruta en la metodología de priorización por importancia (denominado en la publicación como “clase de vía”). Los niveles de ponderación que se utilizan en esta variable se modificaron de los establecidos por el MOPT y JICA (2007), para que las categorías de clasificación de la ruta concuerden con las categorías de inventario (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I). En la Tabla G.8 se muestran las categorías de ponderación y los

pesos para cada una de las categorías de clasificación de la vía.

En el caso de rutas cantonales, se establece la clasificación de rutas cantonales de acuerdo con la Ley n.º 5060, *Ley General de Caminos Públicos* (1972), y con el Decreto Ejecutivo n.º 38578-MOPT denominado *Manual de Especificaciones Técnicas para Realizar el Inventario y Evaluación de la Red Vial Cantonal* (2014).

Tabla G.8. Categorías para la evaluación de importancia por clasificación categorías de la ruta

Categorías de clasificación de la ruta nacional	Categorías de clasificación de la ruta cantonal	Peso ponderado (%)
• No aplica	• Caminos privados	0 %
• Ruta de travesía	• Caminos no clasificados en desuso	2 %
• Ruta terciaria	• Caminos no clasificados en uso	6 %
• Ruta secundaria	• Calles urbanas (cuadrantes urbanos)	12 %
• Ruta primaria	• Caminos vecinales o clasificados	18 %

G.5.3 Conteo de tráfico

El conteo de tráfico es una de las variables que determina la importancia del puente debido a que determina la frecuencia de uso del puente. También se conoce por el nombre de tránsito promedio diario (TPD) y se expresa en unidades de vehículos/día.

Por otro lado, en una carretera puede presentarse la situación particular de que el conteo de vehículos pesados es alto. En este caso, la importancia del puente es más bien porque la estructura tiene una mayor demanda de carga y facilita el transporte de bienes.

El conteo de vehículos pesados (TPDVP) se obtiene como la multiplicación entre el porcentaje de vehículos pesados y el conteo total de tráfico vehicular (TPD). El porcentaje de vehículos pesados que transitan sobre el puente se obtiene como parte de los datos de inventario (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I). Las unidades en que se expresa son vehículos/día.

Las categorías para seleccionar los pesos ponderados respectivos de acuerdo con el TPD y el TPDVP, se muestran en la Tabla G.9. En el caso del TPD se utilizan los rangos definidos por el MOPT y JICA (2007). En el caso del TPDVP, los rangos se definen con el histograma de distribución, obtenido con datos de la Secretaría de Planificación Sectorial del MOPT (2019),

para todos los conteos vehiculares en la Red Vial Nacional y los porcentajes de vehículos pesados, respectivos.

El peso ponderado por conteo de tráfico que se muestra en la Tabla G.9 se debe asignar de la siguiente manera:

1- Se obtiene el peso ponderado correspondiente al TPD sobre el puente.

2- Se obtiene el peso ponderado correspondiente al TPDVP sobre el puente.

3- Se obtiene el máximo peso ponderado entre el que fue obtenido para el TPD y para el TPDVP.

Si el puente que se está priorizando se encuentra en una ruta cantonal, aplican otros rangos para el conteo de tráfico vehicular. Estos rangos se definieron de acuerdo con el Decreto Ejecutivo n.º 38578-MOPT denominado *Manual de Especificaciones Técnicas para Realizar el Inventario y Evaluación de la Red Vial Cantonal* (2014). En la Tabla G.10 se muestran los rangos para el conteo de tráfico para puentes en rutas cantonales y los pesos ponderados respectivos. En el caso de rutas cantonales no se utiliza el conteo de tráfico de vehículos pesados.

Tabla G.9. Categorías para la evaluación de importancia por conteo de tráfico para puentes en rutas nacionales

Rangos del conteo de tráfico (TPD) (vehículos / día)	Rangos del conteo de tráfico de vehículos pesados (TPDVP) (vehículos / día)	Peso ponderado (%)
0 ≤ TPD ≤ 1 000	0 ≤ TPDVP < 500	0 %
1 000 < TPD ≤ 5 000	No aplica	4 %
5 000 < TPD ≤ 10 000	No aplica	7 %
10 000 < TPD ≤ 20 000	500 ≤ TPDVP ≤ 1 000	11 %
20 000 < TPD ≤ 50 000	1 000 < TPDVP ≤ 5 000	14 %
TPD > 50 000	TPDVP > 5 000	18 %

Tabla G.10. Categorías para la evaluación de importancia por conteo de tráfico para puentes en rutas cantonales

Rangos del conteo de tráfico (TPD) (vehículos / día)	Peso ponderado (%)
0 ≤ TPD ≤ 30	0 %
30 < TPD ≤ 50	6 %

Tabla G.10. Categorías para la evaluación de importancia por conteo de tráfico para puentes en rutas cantonales

Rangos del conteo de tráfico (TPD) (vehículos / día)	Peso ponderado (%)
50 < TPD ≤ 100	12 %
TPD > 100	18 %

G.5.4 Tipo de superestructura principal

El tipo de superestructura principal determina la complejidad estructural y el costo de reposición de un puente, que al mismo tiempo define la complejidad que puede tener para su mantenimiento o rehabilitación mayor, lo cual, también puede determinar la importancia del tipo de estructura. En la Tabla G.11 se presenta un orden de importancia del tipo de superestructura, agrupando en categorías aquellos tipos de superestructuras considerados con un nivel de relevancia similar y los pesos ponderados correspondientes, obtenidos con el proceso analítico de jerarquías (Saaty, 1987).

Cuando un puente tiene más de una superestructura, se debe obtener peso ponderado correspondiente de cada uno de los tipos de superestructuras. Para la ponderación, se debe elegir como superestructura principal la que obtenga un peso ponderado mayor en la Tabla G..

Tabla G.11. Categorías para la evaluación de importancia por tipo de superestructura principal

Tipos de superestructura principal	Peso ponderado (%)
• Losa de concreto reforzado, concreto presforzado o madera [405]	0 %
• Vigas de concreto reforzado [401] • Vigas de concreto preesforzado [402] • Vigas I de acero [403] • Vigas de madera [404]	1 %
• Arco de mampostería [407] • Arco prefabricado [408]	4 %
• Viga de cajón de concreto reforzado, concreto presforzado, acero, madera [409]	7 %
• Arco de concreto reforzado, acero o madera [406] • Cercha de acero o madera [410]	10 %
• Colgante [411] • Atirantado [412]	12 %

G.5.5 Distancia de la ruta de desvío

La distancia de la ruta de desvío es la que debe recorrer un vehículo en caso de que el paso por el puente sea cerrado (ver Apéndice A del MP-2024 Tomo I), lo cual, impacta en los costos a los usuarios del puente (JICA, 2007). En la Tabla G.12 se muestran las categorías para la evaluación de la distancia de la ruta de desvío y sus pesos (MOPT y JICA, 2007).

Tabla G.12. Categorías para la evaluación de importancia por distancia de la ruta de desvío

Distancia de la ruta de desvío (D) (MOPT y JICA, 2007)	Peso ponderado (%)
D ≤ 5 km	0 %
5 km < D ≤ 15 km	1 %
15 km < D ≤ 30 km	3 %
D > 30 km	6 %
No existe ruta de desvío (NE)	8 %

G.5.6 Longitud total del puente entre juntas de expansión.

La variable de longitud total entre juntas de expansión se utiliza dentro de la priorización por importancia de un puente, debido a que se considera que, si existen daños en puentes largos, tendrán mayor impacto en los costos directos y en los costos a los usuarios, en caso de requerir una intervención.

Se definieron tres categorías para la ponderación de longitud del puente, los cuales, se muestran en la Tabla G.13 junto con los pesos de ponderación. Estas categorías se definieron por medio del histograma de la longitud de todos los puentes de la Red Vial Nacional que se encuentran en la base de datos del programa SAEP (Consejo Nacional de Vialidad [CONAVI], 2020), y de establecer cuáles son los rangos más característicos que pudieran representar dicha variable.

Tabla G.13. Categorías para la evaluación de importancia por longitud total del puente

Longitud total del puente (L)	Peso ponderado (%)
L ≤ 25 m	0 %
25 m < L ≤ 75 m	4 %
L > 75 m	8 %

G.5.7 Velocidad en la ruta de desvío

La velocidad en la ruta de desvío puede determinar los costos al usuario, debido al cierre del paso por el puente (National Cooperative Highway Research Program [NCHRP], 2003). En el informe *Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035-Volumen 2 CARRETERA*: *Propuesta de Desarrollo Vial Redes Viales y Jerarquía Funcional* (INECO y MOPT, 2011), se establece una jerarquía de la red vial nacional, con velocidades operativas sugeridas, para cada categoría establecida en el informe, y que varía en el orden de 20 km/h entre categorías. Con base en lo anterior se definen las categorías y pesos de ponderación en la Tabla G.14.

Tabla G.14. Categorías para la evaluación de importancia por velocidad en la ruta de desvío

Criterio de evaluación	Peso ponderado (%)
$v_{puente} - v_{desvío} < 20\ km/h$	0 %
$v_{puente} - v_{desvío} \geq 20\ km/h$	6 %

v_{puente}: velocidad en la carretera que se ubica el puente
$v_{desvío}$: velocidad en la ruta de desvío

G.5.8 Servicios públicos adosados al puente

Una de las funciones de un puente que se puede considerar en la evaluación de importancia es si la estructura se utiliza para el paso de servicios públicos como agua, electricidad, telecomunicaciones, combustible, entre otros. El procedimiento para asignar la ponderación y los pesos de cada categoría se muestran la Tabla G.15 (MOPT y JICA, 2007).

Tabla G.15. Categorías para la evaluación de importancia por servicios públicos

Criterio de evaluación	Peso ponderado (%)
• El puente no se utiliza para dar paso a servicios públicos	0 %
• El puente sí se utiliza para dar paso a servicios públicos	6 %

G.5.9 Longitud del tramo máximo del puente

De forma similar a la variable longitud total del puente, la longitud del tramo máximo está relacionada con el impacto en los costos directos y los costos a los usuarios del puente debido a una posible intervención. En esta variable se consideran los mismos criterios que se muestran en la Tabla G.13, pero ajustando los pesos de ponderación como se indica en la

Tabla G.16.

Tabla G.16. Categorías para la evaluación de importancia por longitud del tramo máximo del puente

Longitud del tramo máximo puente (L_{tramo})	Peso ponderado (%)
$L_{tramo} \leq 25$ m	0 %
25 m < $L_{tramo} \leq 75$ m	1 %
$L_{tramo} > 75$ m	3 %

G.5.10 Número de tramos

El número de tramos también está relacionado con el impacto en los costos directos y los costos a los usuarios del puente debido a una posible intervención. Entre más tramos tenga un puente, la complejidad de una intervención puede ser mayor. Por lo cual, se definieron las categorías y pesos de ponderación mostrados en la Tabla G.17.

Tabla G.17. Categorías para la evaluación de importancia por número de tramos

Número de tramos del puente	Peso ponderado (%)
1	0 %
2	1 %
3	2 %
> 3	3 %

G.6 Variables relacionadas con la obsolescencia del puente

Las variables relacionadas con la obsolescencia ponderan las características de inventario que hacen que el puente no cumpla con los estándares actuales de diseño o que no mantenga una operación fluida en la carretera a la que da servicio. Lo anterior, podría generar interrupciones en el tráfico sobre el puente. Un porcentaje alto de priorización por obsolescencia puede llevar a que un puente que se encuentra en el programa de mantenimiento, debido a su condición, pase a un programa de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) ya que requiere un aumento en su capacidad de carga o capacidad operativa (geometría).

De acuerdo con lo anterior, las variables para ponderar la obsolescencia del puente, que se

pueden obtener a partir de los datos de inventario (entre paréntesis, se indican los formularios de inventario del Apéndice A del MP-2024 Tomo I, de donde se obtienen los datos), son las siguientes:

a. Carga viva y restricciones de carga, para la evaluación por capacidad de carga viva (ver el Apartado G.6.1 y el formulario IN-IB-01). Capacidad de carga viva (MOPT y JICA, 2007).

b. Altura libre vertical inferior (ver el Apartado G.6.2 y el formulario IN-IB-01(MOPT y JICA, 2007)).

c. Altura libre vertical superior (ver el Apartado G.6.3 y el formulario IN-IB-01(MOPT y JICA, 2007)).

d. Número de carriles del puente (ver el Apartado G.6.4 y el formulario IN-IB-01).

e. Puente temporal o sin diseño formal (ver el Apartado G.6.5 y los formularios IN-PT-01 e IN-SP-13) de troncos.

f. Fecha de construcción para obtener la vida de servicio (ver el Apartado G.6.6 y el formulario IN-IB-01).

g. Especificación normativa de diseño (ver el Apartado G.6.7 y el formulario IN-IB-01).

Las variables de capacidad de carga, número de carriles, altura libre superior y altura libre inferior son modificaciones a las variables incluidas en la publicación del MOPT y JICA (2007) que se denominan, respectivamente, como: capacidad de carga, geometría de la losa, claro libre superior y claro libre inferior. También, el MOPT y JICA (2007) considera una variable denominada “Características Estructurales” donde se evalúa si la estructura inspeccionada es de madera o es una alcantarilla de tubos corrugados, lo cual, se modifica con la variable “puente temporal o sin diseño formal”. Además, en esta sección se agregan dos variables adicionales para evaluar la obsolescencia.

El peso ponderado máximo de cada una de las variables de obsolescencia del puente se puede observar en la Tabla G.18. Estos pesos ponderados se obtuvieron con el proceso analítico por jerarquías (Saaty, 1987). En esta sección, también, se describen los criterios para obtener los pesos ponderados para cada una de las variables individuales indicadas anteriormente.

Como se indica en la Sección G.3 del MP-2024 Tomo I, si un puente posee características que lo hacen sumar en obsolescencia puede ser considerado para un análisis particular en la priorización final de las acciones de intervención. En este caso, se pueden considerar los pesos de ponderación mostrados en la Tabla G.2. Lo anterior, se debe realizar si la *Organización* ha determinado que se debe dar relevancia a la obsolescencia de acuerdo con el objetivo de priorización que haya planteado.

Tabla G.18. Peso ponderado máximo para la obsolescencia de un puente

Variable	Ponderación Máxima (%)
a. Capacidad de carga viva	30 %
b. Altura libre inferior	15 %
c. Altura libre superior	15 %
d. Número de carriles del puente	15 %
e. Puente temporal o sin diseño formal	15 %
f. Vida de servicio	5 %
g. Normativa de diseño	5 %
Máxima ponderación individual de la variable	100 %

G.6.1 Capacidad de carga viva

La capacidad de carga viva es un parámetro que permite medir si un puente tiene suficiente resistencia para soportar las cargas a las que está sometido. Si un puente no tiene capacidad para soportar las cargas de los vehículos que transitan sobre él, entonces se debe considerar con un nivel de obsolescencia alto. Por eso, es necesario obtener este indicador, siguiendo los procedimientos del Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I.

En la publicación del MOPT y JICA (2007), se evalúa este parámetro para la priorización de puentes, pero no considera los resultados de la evaluación de capacidad de carga viva. Por esto, la evaluación de capacidad de carga para priorización se modifica como se muestra en este apartado.

Es posible que existan puentes que no tienen una evaluación de capacidad de carga viva. Por esto, se brindan procedimientos alternativos para los siguientes casos:

i. Cuando un puente tiene evaluación de capacidad de carga viva

Si un puente tiene evaluación de capacidad de carga viva, la ponderación se debe obtener como se muestra en la Tabla G.19. En esta tabla se hace mención del factor de capacidad de carga viva (RF) que se define en el Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I. El Capítulo 10 del MP-2024 Tomo I se basa en los criterios de evaluación de capacidad de carga de la publicación "*The Manual for Bridge Evaluation"* (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2018).
Se deben considerar cambios en el programa de intervención obtenido con base en la calificación de la condición global (ver Apartado 8.2.1 del MP-2024 Tomo I) cuando el

puente presenta deficiencias en la capacidad de carga viva, como se indica en el Apartado G.3 del MP-2024 Tomo I.

Si un puente tiene un RF menor que 0,30 o una capacidad de carga menor que 30 kN (3 ton) (AASHTO, 2018), debe ser considerado para el programa de reconstrucción (sustitución) de puentes. Si un puente tiene señales con restricciones de carga vehicular, es candidato al programa de rehabilitación mayor.

Sin embargo, si la colocación de una señal con restricción de carga no le provoca problemas económicos a la región donde se ubica la estructura, el puente puede ser candidato al programa de mantenimiento, si su calificación de condición lo lleva a este programa.

Tabla G.19. Categorías para la evaluación de obsolescencia por capacidad de carga viva en puentes que tienen evaluación de capacidad de carga

Criterio de evaluación	Peso ponderado (%)
• RF ≥ 1,0 para la evaluación de cargas de diseño de inventario	0 %
• RF < 1,0 para la evaluación de cargas de diseño de inventario y RF ≥ 1,0 para la evaluación de cargas de diseño de operación	10 %
• RF < 1,0 para la evaluación de cargas de diseño de operación y RF ≥ 1,0 para la evaluación de cargas legales	15 %
• RF < 1,0 para la evaluación de cargas legales y el puente tiene restricción de carga vehicular	20 %
• RF < 1,0 para la evaluación de cargas legales y el puente no tiene restricción de carga vehicular (aunque es necesaria)	25 %
• RF < 0,3 para la evaluación de cargas legales o capacidad de carga menor que 30 kN (3 ton)	30 %

ii. Cuando un puente no tiene evaluación de capacidad de carga viva, pero sí tiene información de la carga viva de diseño

Si en el puente no se ha realizado una evaluación de capacidad de carga viva, pero se tiene disponible la carga viva con que fue diseñado el puente, entonces se debe utilizar el criterio de calificación que se muestra en la Tabla G.20, donde el peso ponderado se asigna de acuerdo con la carga viva de diseño del puente.

Tabla G.20. Categorías para la evaluación de obsolescencia por capacidad de carga viva en puentes que no tienen evaluación de capacidad de carga y si tienen carga viva de diseño

Carga viva de diseño	Peso ponderado (%)

Tabla G.20. Categorías para la evaluación de obsolescencia por capacidad de carga viva en puentes que no tienen evaluación de capacidad de carga y si tienen carga viva de diseño

Carga viva de diseño	Peso ponderado (%)
• HL-93 o HS20-44 + 25%	0 %
• HS20-44	15 %
• HS15-44	20 %
• Puentes con rótulos de restricción de carga vehicular	25 %
• Puentes sin rótulos de restricción de carga y diseñados para una carga menor que HS15-44	30 %

iii. Cuando un puente no tiene evaluación de capacidad de carga viva y no tiene información de la carga viva de diseño.

En el caso de que un puente no tenga una evaluación de capacidad de carga viva y no tenga en el inventario información de la carga viva de diseño entonces se debe seguir el criterio y los pesos ponderados que se presentan en la Tabla G.21. Las deficiencias estructurales debido a carga viva vehicular que se mencionan en la Tabla G.21 son deformaciones verticales de los elementos, movimientos fuertemente perceptibles con el paso de vehículos pesados, grietas de cortante o flexión en elementos de concreto y grietas por fatiga en elementos de acero.

Tabla G.21. Categorías para la evaluación de obsolescencia por capacidad de carga viva en puentes que no tienen evaluación de capacidad de carga y no tienen información de la carga viva de diseño

Criterio de evaluación	Peso ponderado (%)
• Puentes sin rótulos de restricciones de carga y sin deficiencias estructurales debido a carga viva vehicular	15 %
• Puentes con rótulos de restricción de carga vehicular	25 %
• Puentes sin rótulos de restricciones de carga y con deficiencias estructurales debido a carga viva vehicular	30 %

G.6.2 Altura libre inferior

La altura libre inferior es uno de los parámetros que se evalúan en la obsolescencia de un puente en la publicación del MOPT y JICA (2007). La evaluación en este caso se modifica

según se muestra en este apartado. Esta evaluación se debe realizar para dos casos:

i. Si la estructura cruza un cuerpo de agua

Se debe evaluar si la altura libre inferior, medida como la distancia entre el nivel máximo del agua y el punto más bajo de cualquier elemento estructural del puente (como se establece en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I), es mayor que la altura libre mínima establecida para estructuras sobre cuerpos de agua.
La altura libre mínima para estructuras sobre cuerpos de agua es de 1,50 m para regiones montañosas y 1,00 m para zonas de planicie, de acuerdo como se especifica en el *Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la infraestructura Vial en Centroamérica* (Secretaría de Integración Económica Centroamericana [SIECA], 2016).
La evaluación por obsolescencia de altura libre inferior en puentes se debe realizar de acuerdo con lo que se muestra en la Tabla G.22.

Tabla G.22. Categorías para la evaluación de obsolescencia altura libre inferior en puentes sobre cuerpos de agua

Criterios de evaluación (SIECA, 2016)	Peso ponderado (%)
• La altura libre inferior (respecto al nivel de agua máximo) es de al menos 1,50 m para regiones montañosas y 1,00 m para zonas de planicie	0 %
• La altura libre inferior (respecto al nivel de agua máximo) es menor a 1,50 m para regiones montañosas y 1,00 m para zonas de planicie	15 %

ii. Si la estructura cruza una carretera

Si la estructura cruza una carretera se debe evaluar si la altura libre, medida como la distancia entre la rasante del paso inferior y el punto más bajo de cualquier elemento estructural del puente (como se establece en el Apéndice A del MP-2024 Tomo I), es menor que la distancia mínima de 5,50 m, establecido por el *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión de Riego y Seguridad Vial* (SIECA, 2011).
Además, para puentes existentes que no cumplen con la altura libre establecida por SIECA (2011), se consideran las alturas máximas autorizadas para vehículos de carga en el Decreto Ejecutivo n.º 31363-MOPT denominado *Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga* (2003) y sus reformas, en el cual se permite que los vehículos tengan alturas máximas de 4,15 m.
Por lo tanto, la evaluación por obsolescencia de altura libre inferior en pasos a desnivel se debe realizar de acuerdo con la Tabla G.23.

Tabla G.23. Categorías para la evaluación de obsolescencia por altura libre inferior en pasos a desnivel

Criterios de evaluación	Peso ponderado (%)
Altura libre inferior ≥ 5,50 m	0 %
4,15 m < Altura libre inferior ≤ 5,50 m	10 %
Altura libre inferior ≤ 4,15 m	15 %

G.6.3 Altura libre superior

La altura libre superior se evalúa en donde existan elementos sobre la rasante del puente. La altura libre superior debe cumplir con las mismas alturas mínimas que se indican para la altura libre inferior de pasos a desnivel. Por lo cual, para la evaluación de obsolescencia por altura libre superior se debe utilizar el mismo criterio que se muestra en el Punto ii del Apartado G.6.2 del MP-2024 Tomo I.

La Tabla G.24 muestra las categorías y pesos de ponderación para esta variable.

Tabla G.24. Categorías para la evaluación de obsolescencia altura libre superior

Criterios de evaluación	Peso ponderado (%)
Altura libre superior ≥ 5,50 m	0 %
4,15 m < Altura libre superior ≤ 5,50 m	10 %
Altura libre superior ≤ 4,15 m	15 %

G.6.4 Número de carriles del puente

El número de carriles en el puente permite determinar si existe una restricción al tránsito, al compararlo con el número de carriles de la carretera que brinda acceso al puente. Un puente con menos carriles que la carretera a la que da servicio puede generar congestionamientos, dependiendo de la cantidad y tipo de tránsito.

La publicación del MOPT y JICA (2007) evalúa este parámetro de priorización, pero con el ancho del puente y con el ancho de la carretera de acceso, esa evaluación se modifica con lo establecido en la Tabla G.25, que muestra las categorías y los pesos de ponderación.

Tabla G.25. Categorías para la evaluación de obsolescencia por número de carriles en el puente

Criterios de evaluación	Peso ponderado (%)
• Número de carriles del puente ≥ Número de carriles de la carretera	0 %
• Número de carriles del puente < Número de carriles de la carretera	15 %

G.6.5 Puente temporal o sin diseño formal

De acuerdo con el Apéndice A y con los *Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes* (CFIA, 2013), los puentes temporales son estructuras empleadas para proveer paso temporal a los usuarios ante la necesidad de reconstrucción (sustitución) de un puente existente o la construcción de un puente nuevo a completarse en menos de tres años y que, por lo tanto, no cumple con los requisitos formales de diseño y construcción de un puente permanente. Por esto, si un puente está destinado a ser temporal y ha superado el límite de tiempo establecido, se considera obsoleto.

Por otra parte, los puentes que no cuentan con un diseño formal, se deben considerar como obsoletos, los cuales, generalmente son: puentes de troncos, puentes sin bastiones o puentes con cualquier elemento estructural primario que no tenga un diseño formal.

En la Tabla G.26 se establecen las categorías para calificar con pesos ponderados, la obsolescencia de un puente temporal o de troncos.

Tabla G.26. Categorías para la evaluación de obsolescencia por puente temporal o sin diseño formal

Criterios de evaluación	Peso ponderado (%)
• Puente temporal con menos de tres años en el sitio	0 %
• Puente temporal con más de tres años en el sitio • Puentes sin diseño formal.	15 %

G.6.6 Vida de servicio

Si un puente ha superado su vida de servicio, puede implicar la necesidad de que sea sustituido, debido a que su conservación (mantenimiento o rehabilitación) puede no ser económicamente justificable (CFIA, 2013). La vida de servicio se refiere al periodo de tiempo en donde un activo ha perdido su valor o ha llegado a una condición que prevalece y que la *Organización* considera inaceptable, tal como se indica en el Reporte NCHRP 483,

denominado *"Bridge Life Cycle Cost Analysis"* (NCHRP, 2003). Esto puede determinar la obsolescencia de un puente.

De acuerdo con el Reporte NCHRP 483 (NCHRP, 2003), la vida de servicio de puentes oscila entre 30 y 50 años, según la experiencia estadounidense del siglo pasado. Sin embargo, las normativas de diseño actuales, como "*AASHTO LRFD Bridge Design Specifications"* (AASHTO, 2020) (denominado de aquí en adelante como AASHTO LRFD 2020), especifican vidas de servicio de 75 años. Otras agencias especifican hasta 100 años (NCHRP, 2003). Con base en lo anterior, se definieron las categorías con los rangos de vida de servicio y los pesos, que se muestran en la Tabla G.27**Tabla G.27.**, para estimar la obsolescencia por fecha de construcción.

En la Ecuación G-1 se muestra la forma de calcular la vida de servicio real de un puente.

$$VS = Año\ actual - Año\ de\ construcción \quad \text{(G-1)}$$

Donde:

VS: Vida de servicio real del puente

$Año\ actual$: Año en que se realiza la evaluación

$Año\ de\ construcción$: Año de la construcción del puente

Si el puente no tiene entre sus datos de inventario el año de construcción, se permite utilizar para el cálculo, el año de diseño. Si no se tiene disponible el año de diseño se debe investigar el año de finalización de construcción de la carretera y utilizar este dato. Si no se tiene información del año de construcción de la carretera, se debe utilizar el valor máximo del peso ponderado de la Tabla G.27, a menos que el responsable de la evaluación justifique utilizar un valor menor.

Tabla G.27. Categorías para la evaluación de obsolescencia por fecha de construcción (vida de servicio)

Criterios de evaluación	Peso ponderado (%)
$\boldsymbol{VS} \leq 30$ años	0 %
30 años < $\boldsymbol{VS} \leq 50$ años	3 %
$\boldsymbol{VS} > 50$ años	5 %

G.6.7 Normativa de diseño.

Las normativas de diseño de los puentes definen muchos aspectos en la configuración y comportamiento del puente, en especial en consideraciones sísmicas, de relevancia en el diseño de puentes en Costa Rica. Estas normativas se actualizan frecuentemente y presentan cambios en los enfoques de diseño, las cargas y los requisitos que un diseñador debe cumplir. En Costa Rica, se han utilizado históricamente normativas AASHTO. Algunos de los cambios más significativos en normativas AASHTO que impactaron la práctica de diseño sísmico de puentes son:

- La introducción de aspectos de diseño sísmico en la 12° edición de 1977 de la normativa de diseño de AASHTO (Penzien, 2001).
- La actualización de los criterios de diseño sísmico, tomando como base la publicación ATC-6, en la 15° edición de 1992 de las especificaciones de diseño de AASHTO (Penzien, 2001).
- La publicación en Costa Rica de los *Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes* (CFIA, 2013) donde se especifica el uso de la edición 2012 de la normativa de diseño AASHTO LRFD. Esto produjo un cambio paulatino en los contratos de diseño de puentes en Costa Rica, especificando la normativa AASHTO LRFD en lugar de las especificaciones estándar.

Con base en los cambios significativos de la normativa se puede observar que el grado de obsolescencia de un puente, es menor conforme se ha diseñado con la normativa más reciente, donde se incorporan consideraciones de diseño sismorresistente actualizadas. Por eso, en la Tabla G.28 se utilizan como categorías las fechas de ediciones de normativas AASHTO, mencionadas anteriormente, para calificar la obsolescencia por normativa de diseño.

Si no se tiene información sobre la normativa de diseño, se debe estimar la fecha de edición por medio de la fecha de diseño o de la fecha de construcción. En la Tabla G.28, también se muestran categorías para calificar la obsolescencia de un puente que no tiene ninguna de la información de inventario necesaria para calificarlo.

Tabla G.28. Categorías para la evaluación de obsolescencia por normativa de diseño

Criterios de evaluación de la normativa de diseño	Peso ponderado (%)
• La edición es más reciente que AASHTO LRFD 2012 (6° edición)	0 %
• La edición está entre AASHTO 1992 (15° edición) y AASHTO LRFD 2012 (6° edición)	1 %
• La edición está entre AASHTO 1977 (12° edición) y AASHTO 1992 (15° edición)	3 %
• La edición es más antigua que AASHTO 1977 (12° edición).	5 %

Tabla G.28. Categorías para la evaluación de obsolescencia por normativa de diseño

Criterios de evaluación de la normativa de diseño	Peso ponderado (%)
• El puente no tiene información disponible para determinar la normativa de diseño.	

G.7 Procedimiento de priorización

La Figura **G.** G.1, muestra las etapas del proceso para obtener el puntaje total de priorización de un puente, de acuerdo con lo que se detalla en esta guía. Cada etapa contiene referencias a los apartados de esta guía, así como a otros capítulos o apéndices del MP-2024 Tomo I. Además, en los siguientes apartados se describe el proceso dentro de cada una de las etapas.

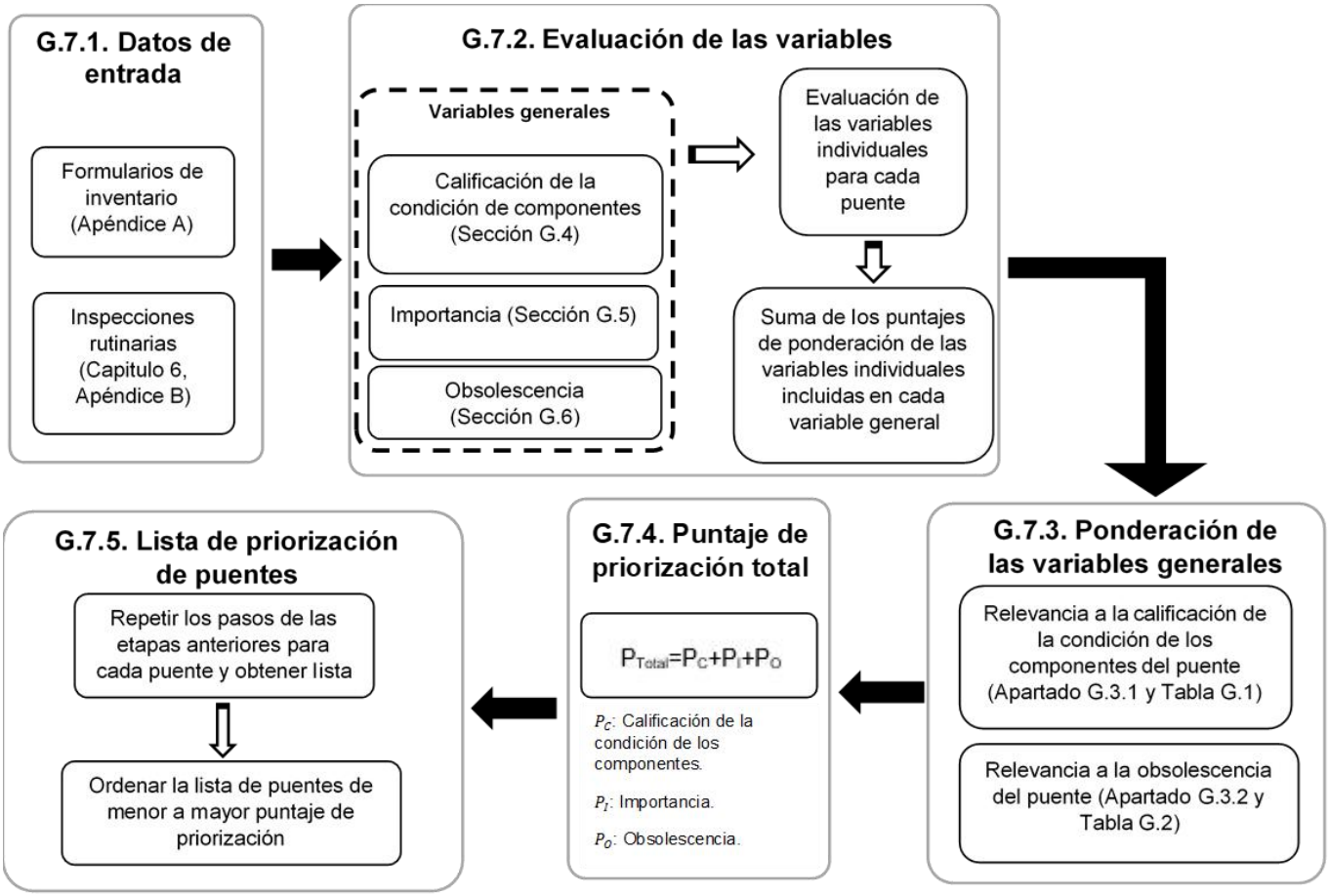


Figura G.1. Diagrama de las etapas para la priorización de puentes.

G.7.1 Datos de entrada.

Para priorizar las acciones de intervención de un puente, se requiere evaluar la información

obtenida de los formularios de inventario del Apéndice A del MP-2024 Tomo I, así como los resultados de las inspecciones rutinarias siguiendo los criterios establecidos en el Capítulo 6 y el Apéndice B del MP-2024 Tomo I.

Además, se debe contar previamente con la calificación de la condición del puente, para poder ubicarlo dentro de un programa de intervención, ya que el proceso de priorización mostrado en la Figura **G.** G.1, se debe realizar para cada programa de intervención por separado (ver Apartado G.2.1 del MP-2024 Tomo I)

G.7.2 Evaluación de las variables individuales

La evaluación de los datos de entrada, se realiza para cada una de las variables individuales, que se incluyen en las variables generales de priorización, de acuerdo con lo indicado en la Secciones G.4, G.5 y G.6. De esta forma se obtienen los puntajes de ponderación respectivos.

Para obtener el puntaje de ponderación de cada una de las variables generales, se suman los puntajes obtenidos en cada variable individual. Esto se muestra en la Ecuación G-2.

$$P_{i_v} = \sum P_{i_i} \qquad \text{(G-2)}$$

Donde:

P_{i_v}: Puntaje de priorización individual obtenido para la variable general v (en escala 0-100).

P_{i_i}: Puntaje de ponderación de cada variable incluida dentro de la variable general v.

v: Variable general que puede ser calificación de la condición de componentes, importancia u obsolescencia del puente

G.7.3 Ponderación de las variables generales

En la Sección G.3 del MP-2024 Tomo I se definieron las ponderaciones máximas de las variables generales que intervienen en la priorización. Esas ponderaciones se muestran en las Tabla G.1 y Tabla G.2. En la Tabla G.1 se muestra la ponderación que se debe tomar en consideración si se tiene como objetivo dar relevancia a la calificación de la condición de los componentes del puente (ver Apartado G.3.1 del MP-2024 Tomo I). En la Tabla G.2 se muestra la ponderación que se debe tomar en consideración si se tiene como objetivo dar relevancia a la obsolescencia del puente (ver Apartado G.3.2 del MP-2024 Tomo I).

Para obtener el puntaje de priorización de cada variable general, se debe multiplicar el puntaje de priorización, obtenido en la etapa anterior (en escala 0-100), por el porcentaje correspondiente al peso ponderado de la variable que se muestra en la Tabla G.1 o la Tabla G.2. Lo anterior, se muestra en la Ecuación G-3.

$$P_v = P_{i_v}\left(\frac{v\,\%}{100}\right) \quad \text{(G-3)}$$

Donde:

P_v: Puntaje de priorización obtenido para la variable general v (en escala 0-100).

P_{i_v}: Puntaje de priorización individual para la variable general v (en escala 0-100).

$v\,\%$: Peso ponderado máximo correspondiente con la variable v (en escala 0-100) (ver la Tabla G.1 o la Tabla G.2).

G.7.4 Puntaje de priorización total

El puntaje total de la priorización para un puente se obtiene como la suma de las ponderaciones de cada variable general obtenida por cada puente, como se muestra en la Ecuación G-4.

$$P_{Total} = P_C + P_I + P_O \quad \text{(G-4)}$$

Donde:
P_{Total}: Puntaje total de priorización obtenido para un puente.
P_C: Ponderación obtenida por la calificación de la condición de los componentes.
P_I: Ponderación obtenida por importancia.
P_O: Ponderación obtenida por obsolescencia.

G.7.5 Lista de priorización de puentes

Se realiza el procedimiento descrito anteriormente, para todos los puentes, dentro de cada programa de intervención. Se obtiene una lista de puentes con sus respectivos puntajes de priorización.

Los puentes que obtengan un puntaje total mayor serán los que requieran acciones de intervención prioritariamente. Esto último, se determina ordenando de forma descendente la lista de los puentes, de acuerdo con el puntaje total obtenido de la Ecuación G-4.

G.8 Cálculo de los pesos ponderados de las variables de priorización

En esta sección se muestran una serie de tablas (de la Tabla G.30 a la Tabla G.36) con las matrices que generan los pesos ponderados que se asignan para cada una de las variables generales que intervienen en la priorización de puentes. Estas matrices se realizan por medio del proceso analítico por jerarquías (Saaty, 1987).

El proceso analítico por jerarquías (Saaty, 1987) es un procedimiento matemático que

permite comparar de forma racional un grupo de variables, asignando un puntaje que evalúa relativamente una variable sobre otra. Esta evaluación se realiza con una escala de 1 a 9, o sus recíprocos (1/9, 1/8, 1/7, …). Si se coloca un 1 significa que las variables de la fila y la columna tienen igual importancia relativa. Si se coloca un 9 significa que la variable de la fila es significativamente más importante que la de la columna. Si se coloca 1/9 significa que la variable de la fila es significativamente menos importante que la de la columna.

En la Tabla G.29 se muestra un ejemplo conceptual del proceso analítico por jerarquías. Para más información del proceso analítico por jerarquías se puede consultar el artículo citado o el *Lineamiento para Mantenimiento de Puentes* de MOPT y JICA (2007), donde se utilizó este procedimiento para realizar la priorización de variables.

Tabla G.29. Ejemplo conceptual del proceso analítico por jerarquías

Variable	a_1	a_2	a_3	a_4	Valor propio	Peso ponde-rado	Peso ponderado ajustado (%)
a_1	$\frac{a_1}{a_1}=1$	$\frac{a_1}{a_2}$	$\frac{a_1}{a_3}$	$\frac{a_1}{a_4}$	w_1	$\frac{w_1}{\sum w_i}$	$f\left(\frac{w_1}{\sum w_i}\cdot 100\right)$
a_2	$\frac{a_2}{a_1}$	$\frac{a_2}{a_2}=1$	$\frac{a_2}{a_3}$	$\frac{a_2}{a_4}$	w_2	$\frac{w_2}{\sum w_i}$	$f\left(\frac{w_2}{\sum w_i}\cdot 100\right)$
a_3	$\frac{a_3}{a_1}$	$\frac{a_3}{a_2}$	$\frac{a_3}{a_3}=1$	$\frac{a_3}{a_4}$	w_3	$\frac{w_3}{\sum w_i}$	$f\left(\frac{w_3}{\sum w_i}\cdot 100\right)$
a_4	$\frac{a_4}{a_1}$	$\frac{a_4}{a_2}$	$\frac{a_4}{a_3}$	$\frac{a_4}{a_4}=1$	w_4	$\frac{w_4}{\sum w_i}$	$f\left(\frac{w_4}{\sum w_i}\cdot 100\right)$
				Σ	$\sum w_i$	**1**	**100**

Los valores propios w_i de la Tabla G.29 se calculan como la raíz enésima del producto de una fila, como se muestra en la Ecuación G-5:

$$w_i = \sqrt[n]{\frac{a_i}{a_1}\cdot\frac{a_i}{a_2}\cdot\frac{a_i}{a_3}\cdots\frac{a_i}{a_n}} \qquad \text{(G-5)}$$

Además, de la Tabla G.29 se puede observar que los puntajes relativos de una fila son recíprocos a los de la columna que contiene la misma variable, lo cual, es una regla del método de Saaty (1987). Esto se explica en la Ecuación G-6:

$$\frac{a_i}{a_j} = \frac{1}{\left(\frac{a_j}{a_i}\right)} \qquad \text{(G-6)}$$

También, en la Tabla G.29 se puede observar que se cumple otra regla del método de Saaty (1987) denominada consistencia. Esta regla se muestra en la Ecuación G-7. No siempre es posible cumplir esa regla, ya que los valores $\frac{a_i}{a_j}$ no deberían ser mayores que 9. Sin embargo, en la medida de lo posible se recomienda cumplirla.

$$\frac{a_k}{a_j} = \left(\frac{a_i}{a_j}\right)\left(\frac{a_k}{a_i}\right) \quad \text{(G-7)}$$

G.8.1 Pesos de las variables generales de priorización de puentes

Tabla G.30. Pesos de ponderación asignados a las variables por el proceso analítico de jerarquías

Variable	Condición de componentes	Obsolescencia del puente	Importancia del puente	Valor propio	Peso ponde-rado	Peso ponderado ajustado (%)
Condición de componentes	1	7	1	1,913	0,467	**45**
Obsolescencia del puente	1/7	1	1/7	0,273	0,067	**10**
Importancia del puente	1	7	1	1,913	0,467	**45**
			∑	**4,099**	**1**	**100**

Tabla G.31. Pesos de ponderación asignados a las variables por el proceso analítico de jerarquías

Variable	Condición de componentes	Obsolescencia del puente	Importancia del puente	Valor propio	Peso ponde-rado	Peso ponderado ajustado (%)
Condición de componentes	1	1/2	1/2	0,630	0,200	**20**
Obsolescencia del puente	2	1	1	1,260	0,400	**40**
Importancia del puente	2	1	1	1,260	0,400	**40**
			∑	**3,150**	**1**	**100**

G.8.2 Peso de las variables relacionadas con la condición de los

Tabla G.32. Pesos de ponderación máximos asignados a los componentes del puente para la priorización por calificación de la condición.

Componentes	[100]	[200]	[300]	[400]	[401]-[412]	[500]	[600]	Valor propio	Peso ponde-rado	Peso ponderado ajustado (%)
Accesorios [100]	1	1	1/3	1/5	1/9	1/9	1/4	0,297	0,03	**3**
Accesos [200]	1	1	1/3	1/5	1/9	1/9	1/4	0,297	0,03	**3**
Seguridad vial [300]	3	3	1	3/5	1/3	1/3	3/4	0,892	0,09	**9**
Superestructura (Tablero) [400]	5	5	1 2/3	1	5/9	5/9	1 1/4	1,487	0,16	**15**
Superestructuras [401]-[412]	9	9	3	1 4/5	1	1	2 1/4	2,677	0,28	**30**
Subestructura [500]	9	9	3	1 4/5	1	1	2 1/4	2,677	0,28	**30**
Sistema de protección [600]	4	4	1 1/3	4/5	4/9	4/9	1	1,19	0,13	**10**
							∑	**9,517**	**1**	**100**

Tabla G.33. Pesos de ponderación asignados a las variables de condición de componentes en el programa de mantenimiento.

										Componentes						
									Ponderación máxima:	3	3	9	15	30	30	10
Condición	1-	2-	3-	4-	5-	6-	**Valor propio**	**Peso ponde-rado**	**Peso ponde-rado (%)**	**[100]**	**[200]**	**[300]**	**[400]**	**[401] - [412]**	**[500]**	**[600]**
1- Satisfactoria	1	1/3	1/9	1/5	5	5	0,755	0,077	**8**	0	0	1	2	4	4	1
2- Aceptable	3	1	1/3	3/5	9	9	1,910	0,194	**19**	1	1	4	7	13	13	4
3- Regular	9	3	1	1 4/5	9	9	3,974	0,404	**40**	3	3	9	15	30	30	10
4- Deficiente	5	1 2/3	5/9	1	9	9	2,685	0,273	**27**	2	2	6	10	20	20	7
5- Alarmante	1/5	1/9	1/9	1/9	1	1	0,255	0,026	**3**	0	0	0	0	0	0	0
6- Falla Inminente	1/5	1/9	1/9	1/9	1	1	0,255	0,026	**3**	0	0	0	0	0	0	0
						∑	**9,834**	**1,000**	**100**							

Componentes
[100]: Accesorios
[200]: Accesos
[300]: Seguridad Vial
[400]: Superestructura (Tablero)
[401] - [412]: Superestructura
[500]: Subestructura
[600]: Componentes

Tabla G.34. Pesos de ponderación asignados a las variables de condición de componentes en los programas de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) de puentes existentes

										Componentes						
									Ponderación máxima:	3	3	9	15	30	30	10
Condición	1-	2-	3-	4-	5-	6-	**Valor propio**	**Peso ponde-rado**	**Peso ponde-rado (%)**	**[100]**	**[200]**	**[300]**	**[400]**	**[401] - [412]**	**[500]**	**[600]**
1- Satisfactoria	1	1	1	1/3	1/5	1/9	0,442	0,050	**5**	0	0	0	0	0	0	0
2- Aceptable	1	1	1	1/3	1/5	1/9	0,442	0,050	**5**	0	0	0	0	0	0	0
3- Regular	1	1	1	1/3	1/5	1/9	0,442	0,050	**5**	0	0	0	0	0	0	0
4- Deficiente	3	3	3	1	3/5	1/3	1,325	0,150	**15**	3	2	9	4	8	8	5
5- Alarmante	5	5	5	1 2/3	1	5/9	2,208	0,250	**25**	NA	3	NA	8	15	15	10
6- Falla Inminente	9	9	9	3	1 4/5	1	3,974	0,450	**45**	NA	NA	NA	15	30	30	NA
						∑	**8,830**	**1,000**	**100**							

Componentes
[100]: Accesorios
[200]: Accesos
[300]: Seguridad Vial
[400]: Superestructura (Tablero)
[401] - [412]: Superestructura
[500]: Subestructura
[600]: Componentes

NA: No aplica

Tabla G.35. Pesos de ponderación máxima asignados a las variables relacionadas a la importancia.

Variable	IO	CR	TS	LP	LT	NT	TPD / TPDVP	DV	VV	SP	Valor propio	Peso ponde-rado	Peso ponderado ajustado (%)
IO	1	1	1 1/2	2	6	6	1	2	3	3	2,132	0,176	**18**
CR	1	1	1 1/2	2	6	6	1	2	3	3	2,132	0,176	**18**
TS	2/3	2/3	1	1 1/3	4	4	2/3	1 1/3	2	2	1,422	0,118	**12**
LP	1/2	1/2	3/4	1	3	3	1/2	1	1 1/2	1 1/2	1,066	0,088	**8**
LT	1/6	1/6	1/4	1/3	1	1	1/6	1/3	1/2	1/2	0,355	0,029	**3**
N	1/6	1/6	1/4	1/3	1	1	1/6	1/3	1/2	1/2	0,355	0,029	**3**
TPD / TPDVP	1	1	1 1/2	2	6	6	1	2	3	3	2,132	0,176	**18**
D	1/2	1/2	3/4	1	3	3	1/2	1	1 1/2	1 1/2	1,066	0,088	**8**
V	1/3	1/3	1/2	2/3	2	2	1/3	2/3	1	1	0,711	0,059	**6**
SP	1/3	1/3	1/2	2/3	2	2	1/3	2/3	1	1	0,711	0,059	**6**
										∑	**12,084**	**1,00**	**100**

Nomenclatura de las variables

IO: Importancia operacional
CR: Clasificación de la ruta
TS: Tipo de superestructura principal
LP: Longitud total del puente
LT: Longitud del tramo máximo del puente
N: Número de tramos
TPD: Conteo de tráfico
TPDVP: Conteo de tráfico de vehículos pesados
D: Distancia de la ruta de desvío
V: Velocidad en la ruta de desvío
SP: Servicios públicos

G.8.4 Pesos de las variables relacionadas con la obsolescencia del puente.

Tabla G.36. Pesos de ponderación asignados a las variables relacionadas con la obsolescencia.

Variable	CV	HI	HS	VS	NC	ND	SD	Valor propio	Peso ponde-rado	Peso ponderado ajustado (%)
Capacidad de carga viva (CV)	1	2	2	5	2	5	2	2,354	0,29	**30**
Altura libre inferior (HI)	1/2	1	1	2 1/2	1	2 1/2	1	1,177	0,15	**15**
Altura libre superior (HS)	1/2	1	1	2 1/2	1	2 1/2	1	1,177	0,15	**15**
Vida de servicio (VS)	1/5	2/5	2/5	1	2/5	1	2/5	0,471	0,06	**5**
Número de carriles del puente (NC)	1/2	1	1	2 1/2	1	2 1/2	1	1,177	0,15	**15**
Normativa de diseño (ND)	1/5	2/5	2/5	1	2/5	1	2/5	0,471	0,06	**5**
Puente temporal o sin diseño formal (SD)	1/2	1	1	2 1/2	1	2 1/2	1	1,177	0,15	**15**
							Σ	**8,002**	**1,00**	**100**

G.9 Bibliografía

AASHTO. (2018). *The Manual for Bridge Evaluation (3° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.).* Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

CFIA. (2013). *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes.* San José: LanammeUCR.

CONAVI. (2020). *Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP).* Consejo Nacional de Vialidad. Obtenido de http://saep.conavi.go.cr:9080/SAEP_CONAVI_Web/

FHWA. (1995). *Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges (Publication n.° FHWA-PD-96-001).* Washington, D.C: Office of Engineering, Federal Highway Administration.

INECO y MOPT. (2011). *Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035-Volumen 2 CARRETERA: Propuesta de Desarrollo Vial Redes Viales y Jerarquía Funcional.* San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

JICA. (2007). *El Estudio sobre el Desarrollo de Capacidad en la Planificación de Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes Basado en 29 Puentes de la Red de Carreteras Nacionales en Costa Rica.* Agencia de Cooperación Internacional Japonesa.

Ley General de Caminos Públicos. (Ley n.° 5060, 1972). Costa Rica.

Manual de Especificaciones Técnicas para Realizar el Inventario y Evaluación de la Red Vial Cantonal. (Decreto Ejecutivo n.° 38578-MOPT, 2014). Costa Rica.

MOPT. (2019). *Archivo con datos de TPDA [LISTADO_TPDA_TOTAL.xls].* San José: Secretaría de Planificación Sectorial, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT, y JICA. (2007). *Lineamiento para Mantenimiento de Puentes.* San José: Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

NCHRP. (2003). *NCHRP Report 483: Bridge Life Cycle Cost Analysis.* Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

Penzien, J. (2001). Earthquake Engineering for Transportation Structures—Past, Present, and Future. *Earthquake Spectra, 17(1)*, 1-34. https://doi.org/10.1193/1.1586164

Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga. (Decreto Ejecutivo n.° 31363-MOPT, 2003). Costa Rica.

Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling, 9(3-5)*, 161-176.

SIECA. (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras.* Secretaría de Integración Económica Centroamericana.

SIECA. (2016). *Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura Vial en Centroamérica.* El Salvador: Secretaría de Integración Económica Centroamericana.

Página intencionalmente en blanco.

Glosario

Acrónimos y siglas

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transportes).

ACCV – Análisis de costos del ciclo de vida.

ASTM – American Society for Testing Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).

CFIA – Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica.

CGR – Contraloría General de la República.

CNE – Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias.

CONAVI – Consejo Nacional de Vialidad.

COSEVI – Consejo de Seguridad Vial.

ED – Ensayos destructivos.

END – Ensayos no destructivos.

ICE – Instituto Costarricense de Electricidad.

INDOT – Indiana Department of Transportation (Departamento de Transportes de Indiana).

INTECO – Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.

JICA – Japan International Cooperation Agency (Agencia Japonesa de Cooperación Internacional).

FHWA – Federal Highway Administration (Administración Federal de Carreteras).

LanammeUCR – Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica.

LDSP – Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes.

MOPT – Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MnDOT – Minnesota Department of Transportation (Departamento de Transportes de Minnesota).

MSE – Monitoreo de la salud estructural.

NCHRP – National Cooperative Highway Research Program (Programa Nacional Cooperativo de Investigación de Carreteras).

NHI – National Highway Institute (Instituto Nacional de Carreteras).

NYSDOT – New York State Department of Transportation (Departamento de Transportes del Estado de New York).

ODOT – Ohio Department of Transportation (Departamento de Transportes de Ohio).

OIP – Organismo de inspección de puentes.

PennDOT – Pennsylvania Department of Transportation (Departamento de Transportes de Pensilvania).

PIE – Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR.

PITRA – Programa de Infraestructura del Transporte del LanammeUCR.

SAEP – Sistema de Administración de Estructuras de Puentes.

SIECA – Secretaría de Integración Económica Centroamericana.

SGP – Sistema de gestión de puentes.

RF – Rating Factor (factor de capacidad de carga).

WisDOT – Wisconsin Department of Transportation (Departamento de Transportes de Wisconsin).

WSDOT – Washington Department of Transportation (Departamento de Transportes de Washington, por sus siglas en inglés).

TRB – Transportation Research Board (Consejo de Investigación del Transporte).

TPD – Tránsito promedio diario.

A

Abrasión – Desgaste provocado por fricción.

Accesorios – Componente del *puente* que incluye elementos sin función *estructura*l pero vitales para garantizar el buen funcionamiento de la estructura. Se conforma de los siguientes elementos: *juntas de expansión, sistema de drenaje del tablero y superficie de desgaste* del *puente.*

Accesos – Componente del *puente* que incluye elementos ubicados en ambos extremos longitudinales de la estructura. Se conforma de los siguientes elementos: *losa de aproximación, rellenos de aproximación, obras de retención no integrales, superficie de ruedo y sistemas de drenaje de los accesos.*

Acera – Área de la vía pública terrestre destinada al uso por parte de peatones; la cual podría estar destinada a un uso compartido con modos activos de movilidad siempre que su diseño sea adecuado para tales fines, con prioridad peatonal.

Acero – *Material* utilizado en la industria de la construcción, formado mediante una aleación de hierro, carbono y otros elementos.

Acero de refuerzo – Típicamente varilla corrugada y torones, embebidos en el interior de un elemento de *concreto* que trabajan en conjunto con el *concreto* para resistir las *carga*s impuestas en un elemento estructural.

Acero de refuerzo expuesto – Se refiere a la exposición del *acero de refuerzo* que debe estar embebido en el *concreto*, por pérdida de *concreto* de recubrimiento.

Acreditación – Procedimiento mediante el cual un organismo autorizado, reconoce de manera formal que una organización es competente para la ejecución de actividades de evaluación de la conformidad.

Activos de transporte – Obras de infraestructura y elementos que tienen la función de facilitar el transporte de personas, bienes o servicios. Entre los activos de transporte están: los *puentes*, los *pavimentos*, las líneas férreas, los elementos de *seguridad vial*, las *alcantarillas*, los sistemas de drenaje de la *carretera* y las estructuras adyacentes a las *carreteras*.

Adhesión del sello – Acción de intervención de puentes que forma parte de la rehabilitación menor. Se refiere a la unión del sello con la *junta de expansión*, una mala adhesión del mismo, puede provocar la filtración de agua en el espacio de la junta, así como otros problemas.

Adosado – Término utilizado para referirse a un elemento que se encuentra colocado o adherido a la estructura del *puente*, tal como el caso de servicios públicos (agua potable, aguas negras, oleoducto, entre otros).

Agrietamiento – Abertura o formación de *grietas* en un elemento. Se caracterizan mediante la medición de su espesor, profundidad, espaciamiento y longitud.

Agregado – Material granular con composición mineralógica que puede ser arena, grava, escoria o roca triturada, con graduación variable.

Agujero – Orificio o perforación que implica una ruptura o depresión de la continuidad de una superficie.

Alcantarilla – *Estructura* de tubos de *concreto*, *acero*, plástico o *concreto* reforzado que sirve como medio de paso de las aguas pluviales a través de la *carretera*.

Alcantarilla de cuadro – *Estructura* de sección cuadrada o rectangular, de una o varias celdas, que permite el paso de agua, animales terrestres o vehículos, por lo general sobre ellas hay un relleno que forma parte de la rasante de una carretera.

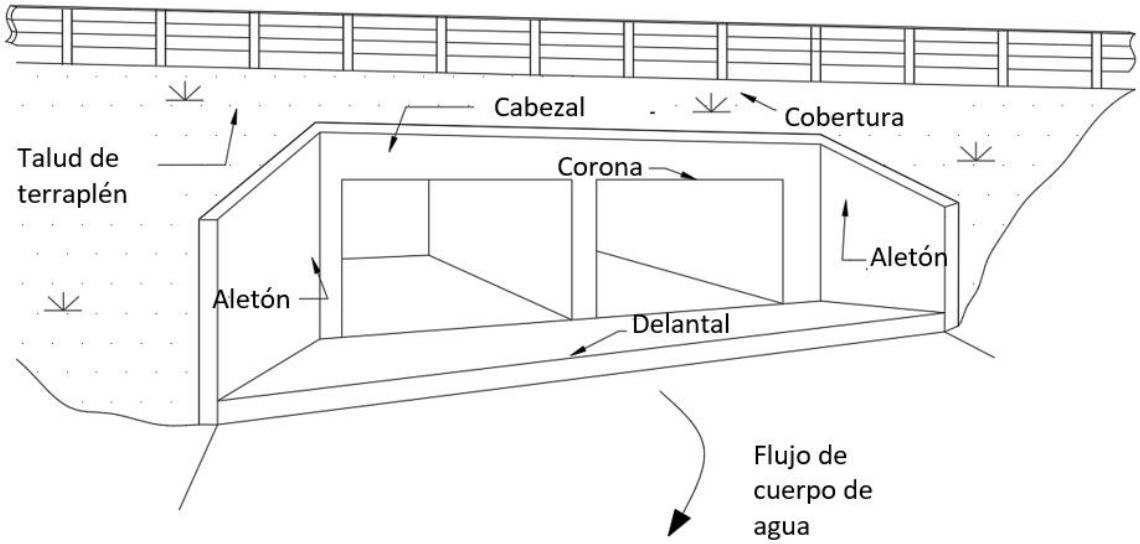


Figura G.1. Elementos de una alcantarilla.

Aletones – Muros adyacentes a los bastiones de un *puente*, o que prolongan la boca de un canal o *alcantarilla* a la entrada y/o salida, que sirven para contener los terraplenes y encauzar las aguas.

Alineamiento en planta de la superestructura – Se refiere al alineamiento en planta de la *superestructura* respecto a la línea de centro de la misma. Existen tres tipos de alineación en planta:

> **Alineamiento en planta curvo** – El alineamiento del eje central de la *superestructura* forma una curva horizontal con respecto al eje general.

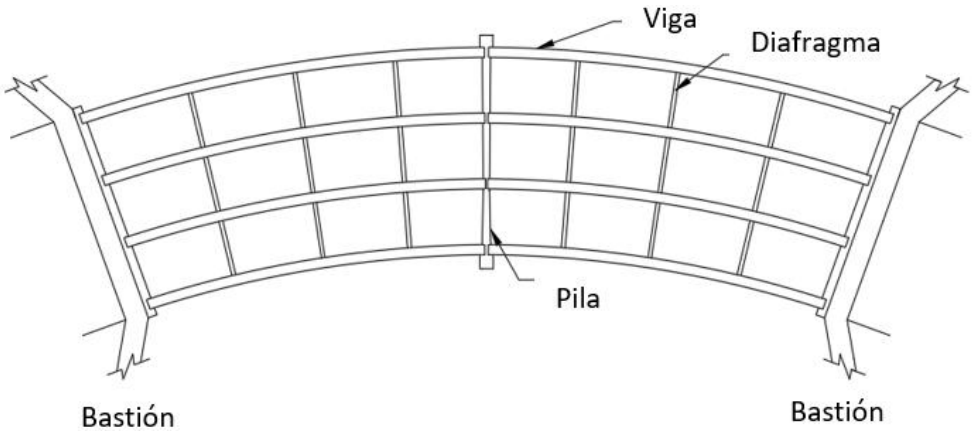


Figura G.2. Vista en planta de una superestructura con alineamiento en planta curvo.

Alineamiento en planta recto – Cuando la línea centro de los *apoyos* de la *superestructura* es perpendicular (ángulo 90°) a la línea de centro de la misma

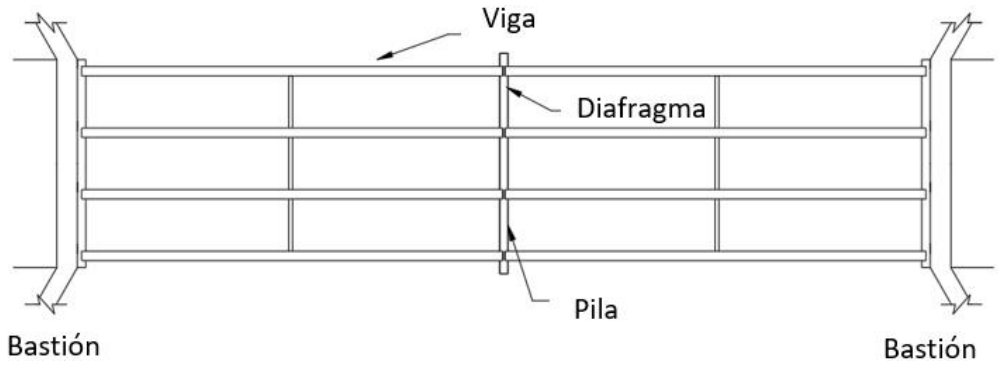


Figura G.3. Vista en planta de una superestructura con alineamiento en planta recto.

Alineamiento en planta sesgado – Cuando la línea centro de los *apoyos* de la *superestructura* no es perpendicular (ángulo 90°) a la línea de centro de la misma.

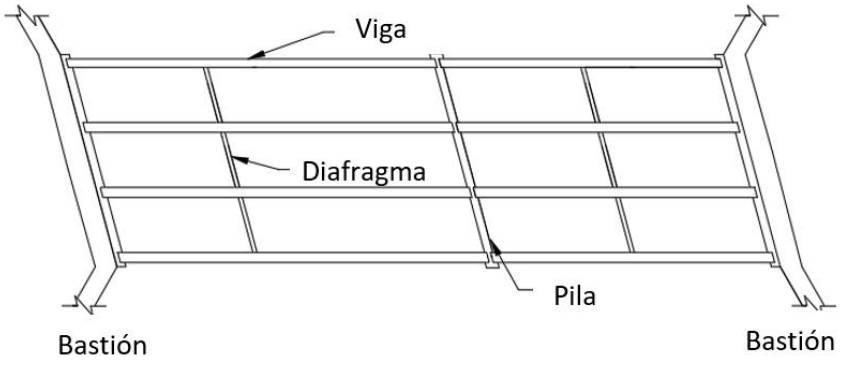


Figura G.4. Vista en planta de una superestructura con alineamiento en planta sesgado.

Altura libre – Se refiere a la distancia vertical libre existente.

> **Altura libre inferior** – Es la distancia que existe entre el nivel de agua máximo esperado (obtenido en planos, del estudio hidrológico-hidráulico o según evidencias en el sitio), o de la rasante del paso inferior al punto más bajo de cualquier elemento estructural del puente.
>
> **Altura libre superior** – Es la distancia que existe desde la *rasante del puente* al elemento estructural más bajo que esté sobre esta rasante y que pueda restringir el paso de vehículos a través del puente.

Amenaza – Corresponde a una actividad o condición que significa un peligro potencial para la vida humana, ambiente o bienes económicos y sociales.

Ampollas en la pintura – Las ampollas corresponden a levantamientos de la *pintura* debido a una mala aplicación de la misma o a la presencia de agentes como la *corrosión* en un miembro de *acero*.

Análisis de costos del ciclo de vida (ACCV) – Metodología que permite realizar un análisis comparativo de costos durante un periodo de tiempo establecido, normalmente asociado a la *vida de servicio* de un activo, teniendo en cuenta costos de capital inicial y costos operativos futuros.

Análisis costo-beneficio (ACB) – Metodología que permite realizar un análisis económico a través de una comparación de los costos y los beneficios asociados a una alternativa. En ocasiones, el resultado del análisis costo-beneficio suele presentarse como una razón beneficio entre costo, por lo que la viabilidad económica de la alternativa estudiada corresponde a obtener una razón mayor a uno.

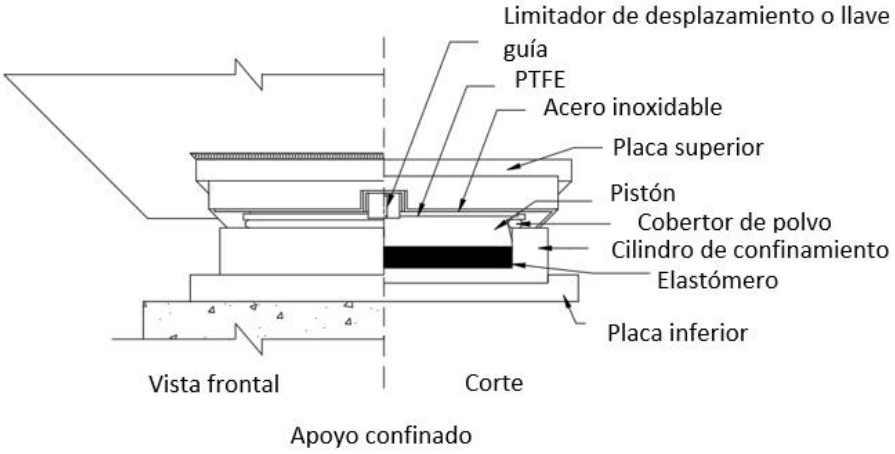
Ancho de vía de acceso – Espacio en la vía de acceso del *puente* medido entre bordes asfaltados.

Ancho total del puente – Es la sumatoria del ancho entre *bordillos*, medianeras, *infraestructura ciclística*, *acera*s y *sistemas de contención vehicular* (en el caso de que estos últimos no estén sujetos lateralmente al *puente*).

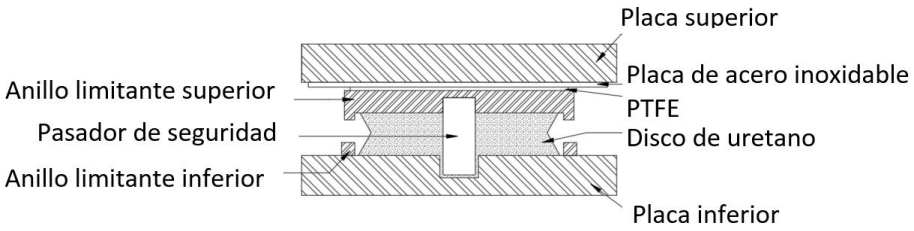
Anclaje – Elemento que permite dar capacidad de soporte a *cables* para poder desarrollar la *fuerza* de *tensión*, una *falla* del mismo ocasiona que el *cable* se libere y pierda esta capacidad.

Apoyos – Son elementos de soporte que transmite las *carga*s de la *superestructura* a los *bastiones* o *pila*s. El uso y la funcionalidad de los apoyos varía dependiendo del tamaño y la configuración del *puente*. Su función, aparte de transmitir la *carga* desde la *superestructura* a los *bastiones* o *pila*s, es garantizar que la *estructura* pueda experimentar movimientos de traslación por *sismo*, por la expansión o contracción térmica, y por la rotación causada por la

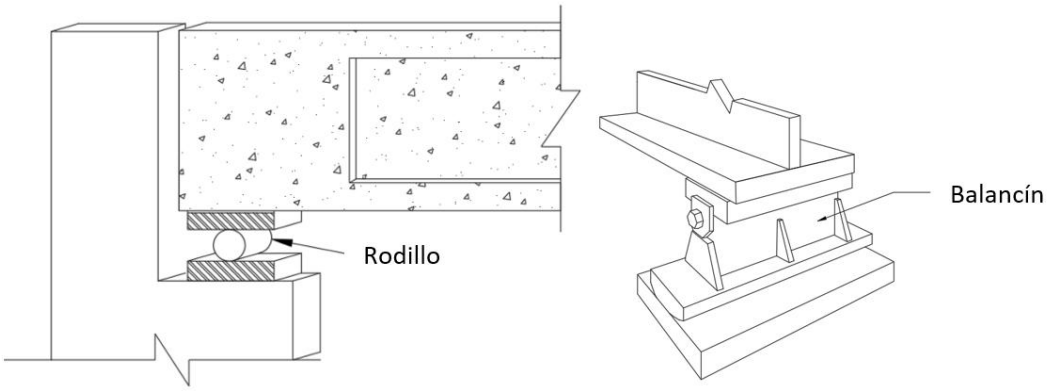
deflexión por *carga* muerta y *carga* viva. Existen varios tipos de *apoyo*s:

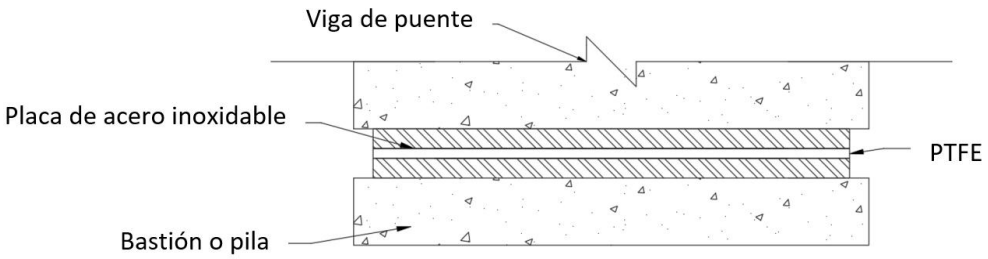


Apoyo confinado



Apoyo de disco





Placas deslizantes

Apoyos expansivos

Figura G.5. Ejemplos de tipos de apoyo.

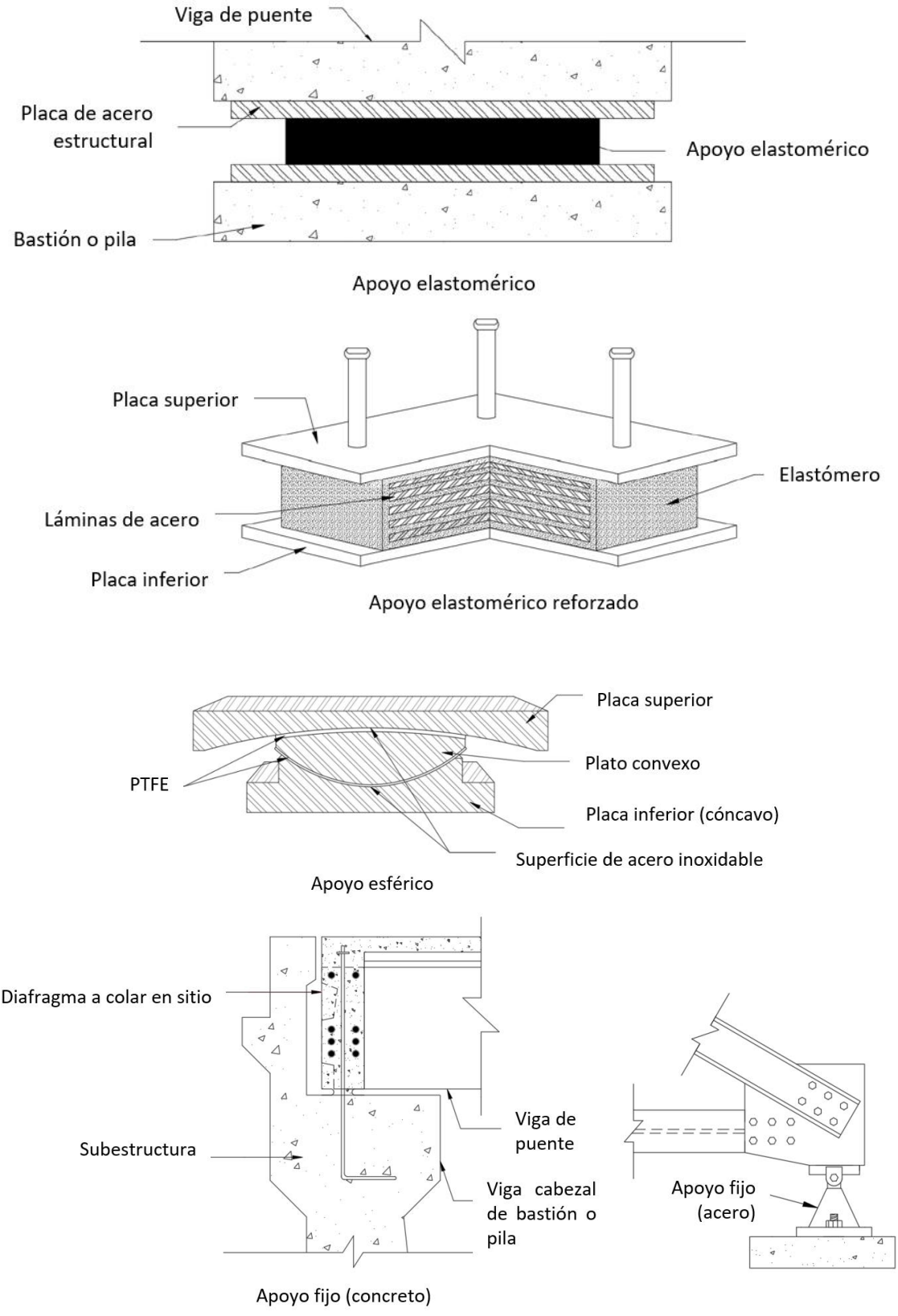
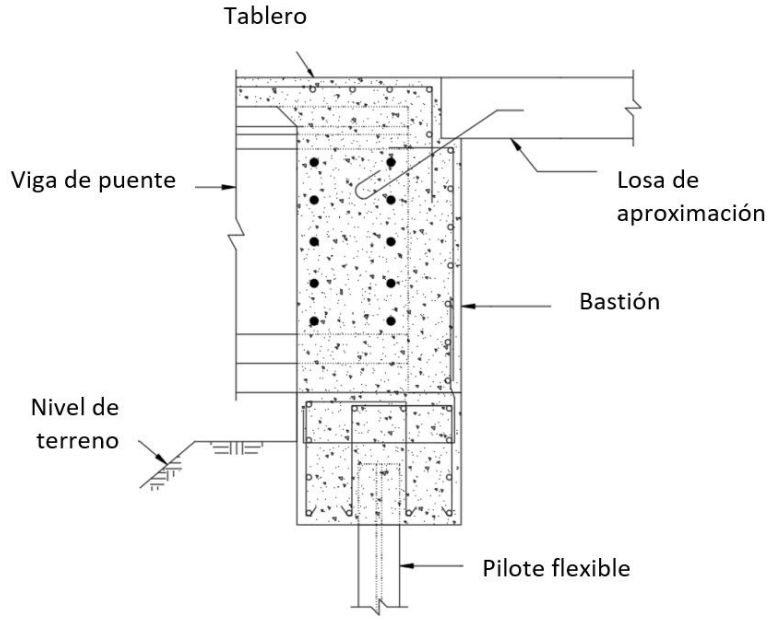
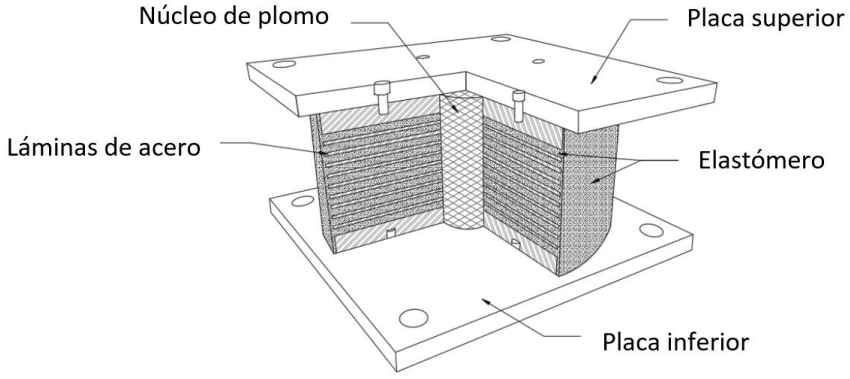


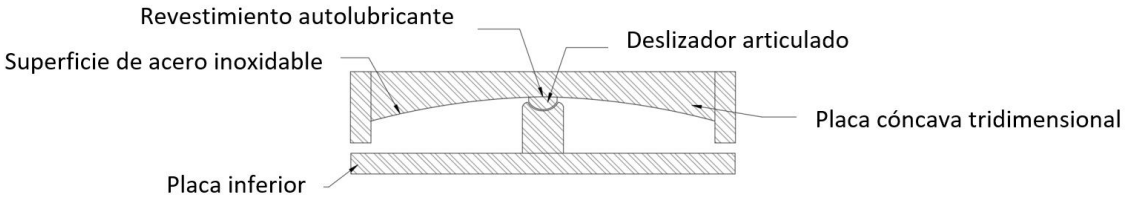
Figura G.5. Ejemplos de tipos de apoyo *(continuación).*



Unión integral a bastión



Aislador elastomérico



Aislador deslizante

Figura G.5. Ejemplos de tipos de apoyo (continuación).

Apoyos confinados (“*pot bearing*”) – Consiste en una placa de *acero* inoxidable que se desliza sobre un disco de politetrafluoroetileno (PTFE), más conocido como teflón. El disco se encuentra unido a un pistón de *acero* que descansa sobre una almohadilla de neopreno, lo que permite tanto la rotación como el movimiento horizontal.

Apoyos de disco – Permite la rotación a través de la deformación de un disco de plástico que típicamente no se encuentra confinado. Haciendo uso de placas de *acero* inoxidable y barras guía, puede configurarse para restringir también el movimiento traslacional. Es de poco espesor y alta capacidad de *carga*.

Apoyos de expansión – También llamados apoyos móviles. Permiten el movimiento longitudinal producto de fluctuaciones en la temperatura y rotaciones generadas por la acción de la *carga temporal* sobre la *estructura*. Los tipos comunes son: placa deslizante, rodillo (rodín) y balancín.

Apoyos elastoméricos – Se fabrican con neopreno, el cual es un hule sintético que se deforma bajo *esfuerzo*s de *compresión* y *cortante*; permite la traslación y rotación mediante la deformación de la almohadilla.

Apoyos esféricos – Consiste en una placa superior, una placa inferior, una placa lineal esférica y dos placas de politetrafluoroetileno (PTFE), más conocido como teflón. La superficie esférica cóncava de la placa inferior corresponde a la superficie esférica convexa de la placa superior. La placa PTFE situada entre las dos superficies esféricas se emplea para la rotación del extremo de la viga. La placa superior y la otra placa PTFE forman la segunda superficie deslizante. De esta manera, se produce la expansión, la contracción y el desplazamiento.

Apoyos fijos – Transmiten tanto las *carga*s verticales como las horizontales desde la *superestructura* hacia los *bastiones o pilas*. Restringen el movimiento longitudinal y permiten la rotación producto de la deflexión generada por la *carga* viva sobre la *estructura*.

Apoyo tipo unión integral a bastión o pila – Restringen todos los movimientos de traslación y rotación.

Aisladores elastoméricos – Están conformados por un conjunto de láminas planas elastomérica intercaladas con capas de acero. Las láminas de elastómeros son vulcanizadas a las capas de acero y, por lo general, presentan una sección circular o cuadrada.

Aisladores deslizantes – También llamados deslizadores friccionales, utilizan una superficie de deslizamiento, típicamente de acero inoxidable, sobre la que desliza una placa de acero revestida de Politetra Fluoro Etileno (PTFE) sobre la que se soporta la

estructura.

Lámina asfáltica (*"tar paper"*) – Consiste en fieltro empapado en aceite o papel alquitranado que ha sido recubierto con grafito. Se usa comúnmente en superestructuras tipo losa y vigas de concreto de longitud corta.

Asentamiento – Reducción en el volumen del terreno debajo de los elementos de la *subestructura*, *losas de aproximación* y *aceras* debida a las cargas producidas por los usuarios, los elementos de la *estructura* y los *sismos*. Los *asentamiento*s producen una diferencia de elevación entre elementos que puede resultar en otras *deficiencias* o en un riesgo para los usuarios, por ejemplo, el asentamiento entre la *losa de aproximación* y el *puente* resulta peligroso para el *tránsito*.

Asfalto – *Material* cementante, con constituyentes predominantes de bitúmenes que aparecen en la naturaleza o se obtienen en el procesamiento del petróleo. El *asfalto* es un constituyente, en proporciones variables de la mayoría de petróleos crudos.

Atascos – Sucede cuando la superficie del *drenaje* acumula por lo general escombros y otro *material* que evita que el agua pase adecuadamente.

B

Bacheo – Acción de intervención de puentes que forma parte del mantenimiento. Reparación de zonas puntuales dañadas de una vía, mediante el *corte* y extracción de *material* dañado o contaminado para ser restituido usando mezcla asfáltica debidamente compactada. No debe ser utilizado de manera extensiva.

Bajantes – Elemento del *sistema de drenaje del tablero* que sirve para evacuar la escorrentía que ingresa por el drenaje.

Baranda o barrera peatonal – Elemento utilizado para proteger a los peatones de una caída del *puente*.

Barrera de contención vehicular – Ver definición de "*sistema de contención vehicular*".

Bastión – Elemento de la *subestructura* que se ubica en los extremos del *puente*, soporta las *carga*s provenientes de la *superestructura* y la presión del suelo del *relleno de aproximación*. Puede ser construida de *concreto*, *acero*, *madera* o mampostería. Los *bastiones* están compuestos por: *aletones*, cabezal de bastión *o* viga cabezal, *cuerpo del bastión* o cuerpo principal y *fundación*.

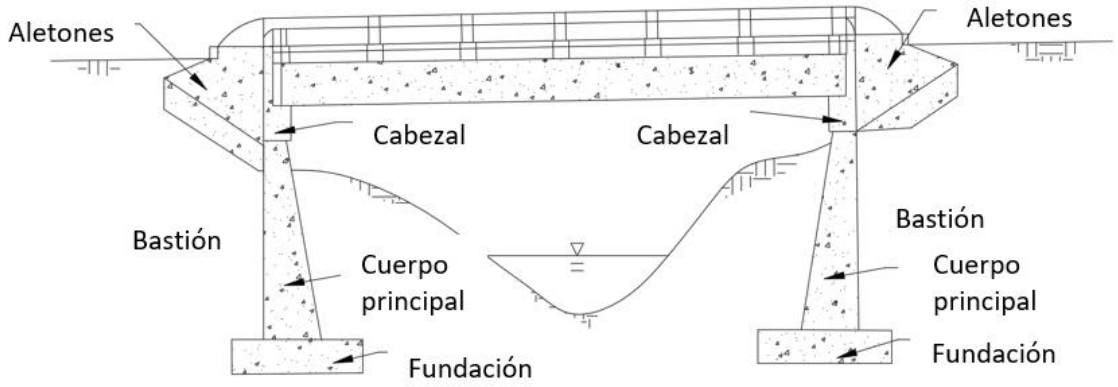


Figura G.6. Componentes de un bastión.

Bastión tipo cabezal sobre pilotes – Consiste en una viga cabezal apoyada en una o más filas de *pilotes*. Los *pilotes* inclinados se utilizan para prevenir el volcamiento. Este tipo de *bastión* no posee *cuerpo principal*.

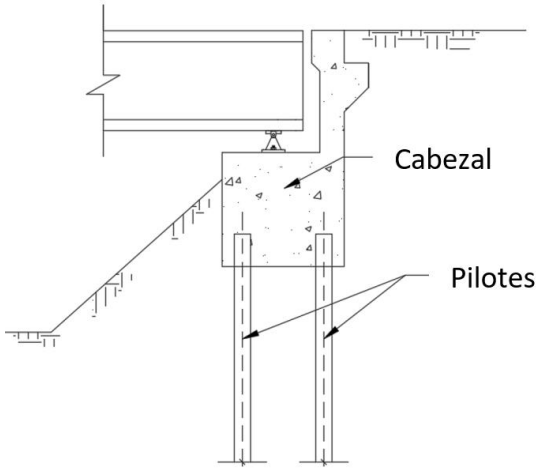


Figura G.7. Bastión tipo cabezal sobre pilotes.

Bastión tipo muro con contrafuertes – Este tipo de *estructura* es un muro y una *fundación* unidas mediante losas verticales perpendiculares al *plano* del muro conocidas como contrafuertes, las cuales se encuentran espaciadas a lo largo de la *fundación*. El *bastión* tipo contrafuerte generalmente se usa cuando se requiere que el muro sea de gran altura.

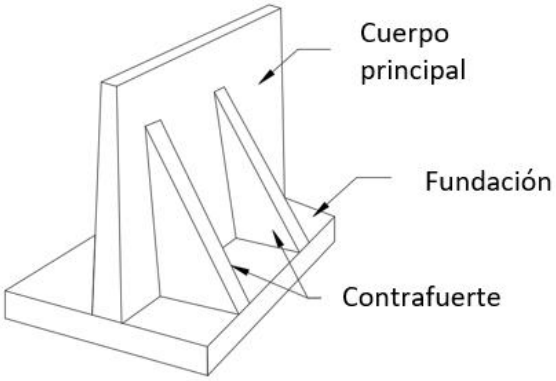


Figura G.8. Bastión tipo contrafuerte.

Bastión tipo gravedad – Ese el tipo de *bastión* que resiste la presión lateral o empuje del suelo con su propio peso, por lo que suelen ser *bastiones* muy pesados y masivos. La mayoría de los *bastiones* de gravedad son construidos en *concreto* o en mampostería.

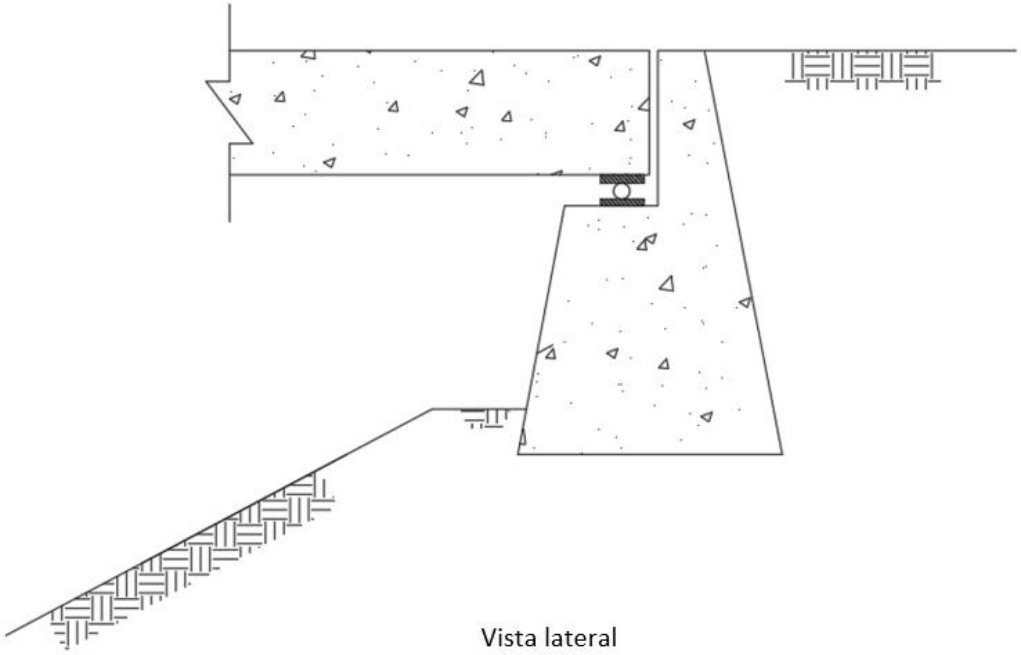


Figura G.9. Bastión tipo gravedad.

Bastión tipo marco – Consiste en un *bastión* con dos o más columnas unidas por la *viga cabezal* tipo rectangular o T cuando cuenta con pantalla.

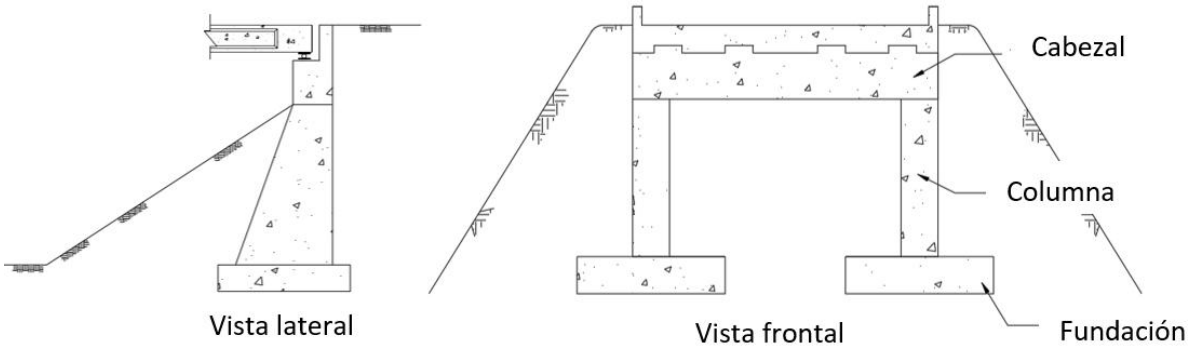


Figura G.10. Bastión tipo marco.

Bastión tipo tierra armada – Es un sistema que mecánicamente estabiliza el suelo y se compone de un muro construido por capas con bloques modulares, generalmente de *concreto* sin refuerzo. La forma geométrica de los bloques es tal que permite que sean ensamblados como una pared uniforme. En la parte posterior del muro, se colocan mallas de *acero* en *capa*s sobre el *material* de relleno que a su vez se compacta. De esta forma, el *acero* actúa como el refuerzo transformando el suelo en un *material* capaz de soportar el peso como las *carga*s verticales aplicadas.

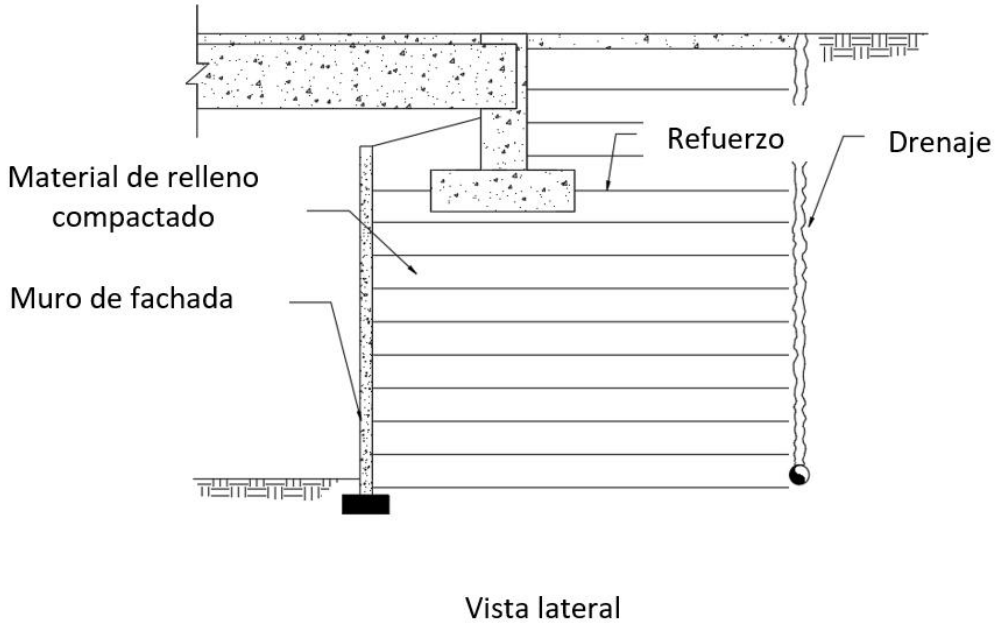


Figura G.11. Bastión tipo tierra armada.

Bastión tipo voladizo – Es un muro de retención tipo pared que se encuentra unido rígidamente a la *fundación*, por lo que actúa como una *viga* en voladizo que transmite la presión lateral del suelo y mantiene su *estabilidad* a través de su propio peso y el peso que ejerce el suelo sobre la *fundación*.

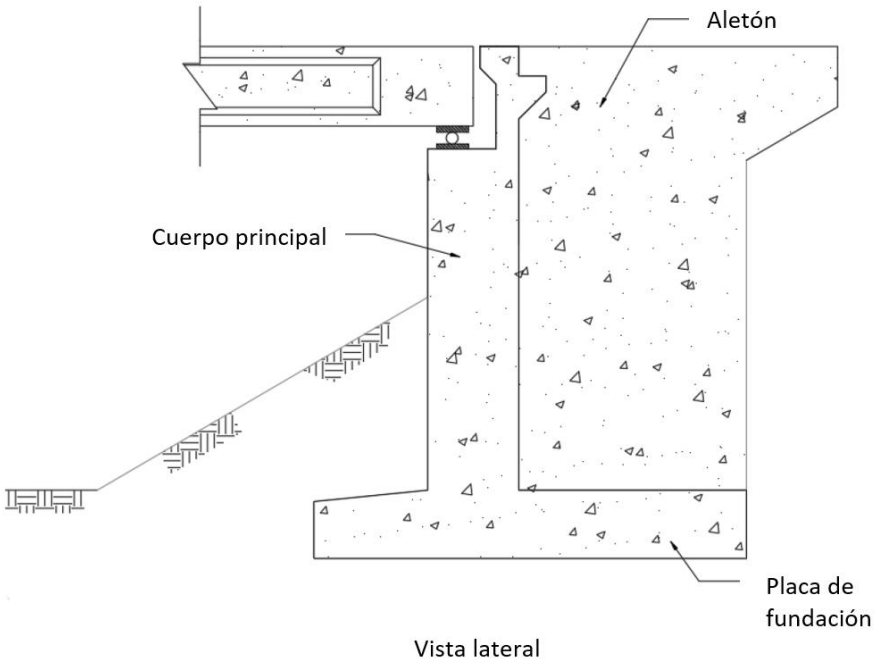


Figura G.12. Bastión tipo voladizo.

Bordillo (puente) – Es el lugar de unión entre la *acera* transitable por peatones y la *calzada* transitable por vehículos. Evita que tanto el agua como los vehículos invadan la *acera*.

C

Cabezal de pila o bastión – También llamada viga cabezal, corresponde a un elemento ubicado en la parte superior de la *pila* o *bastión* sobre el cual se apoya el extremo de un tramo de la superestructura. El cabezal posee los *pedestales* sobre los que se colocan los *apoyo*s.

Cable – Elemento sometido a fuerzas de *tensión* compuesto por numerosos alambres o hilos de *acero* individuales enrollados de forma helicoidal en una o más capas para formar un *cable* acero. Este tipo de elementos generalmente está asociado a *superestructuras colgantes o atirantadas*.

Calibración – Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre condiciones especificadas, la relación entre valores indicados mediante un instrumento de medición o mediante un sistema de medición, o valores representados por una medida de *material* o un *material* de referencia, y los valores correspondientes de una cantidad realizados mediante un patrón de referencia.

Calzada – Sección del derecho de vía destinada a la circulación vehicular, la cual puede incluir uno o más carriles de circulación (no incluye el espaldón).

Capacidad de soporte – Resistencia que ofrece el suelo a deformarse, debido a la *fuerza* de

fricción y cohesión entre sus partículas.

Capacidad de carga – Relación entre la resistencia de un elemento menos la *carga* permanente con respecto a la *carga* temporal que debe resistir.

Capacidad estructural – Capacidad que tienen las *estructura*s para resistir las *carga*s a las cuales está sometida por medio de la resistencia estructural.

Capacidad operativa – Características geométricas como altura libre vertical superior o inferior o ancho de un puente que rigen las características de los vehículos que pueden transitar sobre él.

Captaluz – Dispositivos de demarcación vial provistos de elementos retrorreflectivos o lumínicos según el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA) que se adhieren a la superficie del pavimento, con el fin de canalizar, guiar y prevenir a los usuarios de la vía, instalados de manera conjunta con la demarcación vial horizontal.

Carga – Son acciones externas o internas que se generan sobre los elementos del *puente*. Las *carga*s se pueden clasificar en permanentes (aquellas que no presentan cambios significativos en el tiempo como el peso propio de la *estructura*) y las *carga*s variables (su intensidad varía con el tiempo por su uso o exposición, ejemplos de estas es la *carga* producto de los vehículos que transitan por el *puente*, la *carga* de viento y la *carga* sísmica).

Carga de diseño – *Carga*s supuestas durante el proceso de diseño del *puente* para determinar el tamaño y la configuración de los elementos estructurales.

Carga legal – *Cargas* que representan el peso de los vehículos que están autorizados para transitar sin restricción sobre los *puentes*.

Carga permanente – Es la *carga* gravitacional o el peso de todos los componentes estructurales, así como los sistemas y componentes no estructurales permanentes, tales como *elementos principales y secundarios* de la *superestructura*, *accesorios* y elementos de seguridad vial colocados sobre la *estructura*.

Carga sísmica – Es la solicitación interna producida por el movimiento sísmico.

Carga temporal – Es la *carga* gravitacional adicional a la *carga permanente* debida al uso de la estructura. En *puente*s corresponde a la *carga* de los peatones y vehículos que transitan sobre la *estructura*.

Carga última – Resultante de la combinación extrema de *carga*s que la estructura debe ser *capa*z de resistir con sus elementos estructurales esforzados al límite de su capacidad.

Carretera o camino – Toda vía pública abierta a la circulación de vehículos, peatones y demás

*usuario*s que permite el *tránsito*.

Carril de circulación - Parte de la *calzada* destinada al tránsito vehicular en una sola dirección.

Carril de tránsito - Subdivisión de la *superficie de rodamiento o de desgaste*, sobre la cual se permite el tránsito de una fila de vehículos, en un solo sentido.

Cauce – Es el canal natural por el que circulan las aguas de una quebrada, río o bahía, se compone por el lecho o fondo más las riberas, bordes o taludes que limitan cualquier curso de agua, se compone tanto del cauce principal como de las planicies de inundación. Además, constituye el límite físico vertical de un flujo de agua, siendo sus confines laterales las riberas.

Caudal – Cantidad de agua que lleva una corriente.

Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural – El Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural, es una dependencia del Ministerio de Cultura y Juventud, que salvaguarda el acervo cultural materializado en el patrimonio histórico-arquitectónico, en las manifestaciones de la cultura tradicional y popular, mediante la investigación y servicio especializado a la sociedad costarricense. Algunos *puentes* son declarados parte del patrimonio histórico arquitectónico.

Ciclo de vida – Secuencia de acciones, resultados, eventos y consecuencias que se asocian a las etapas de preinversión, diseño, construcción operación, *mantenimiento*, *rehabilitación*, *reconstrucción (sustitución)*, o salida de operación de un *puente* o de cualquier activo vial.

Cimentación – Ver la definición de "*fundación"*.

Compresión – Tipo de *fuerza* que comprime un elemento y provoca un acortamiento en la dirección paralela a la aplicación de dicha fuerza.

Concesión – Procedimiento de realización de una obra pública caracterizado por la forma de remuneración del empresario, a quien se le reconoce el derecho de explotar al título oneroso la obra durante un tiempo determinado.

Concreto – *Material* utilizado en la construcción compuesto por cemento, *piedra*, arena, agua y en algunos casos aditivos.

Concreto presforzado – Tipo de concreto reforzado en el que el refuerzo de acero ha sido tensado contra el concreto. El tensado del acero de refuerzo genera un estado de esfuerzos internos que mejora la respuesta del concreto ante cargas externas.

Conexión – Enlace o atadura que une una cosa con otra.

> **Conexión mecánica** – Unión de dos o más elementos mediante el uso de pasadores, *remaches* o *perno*s.

Conexión soldada – Unión de dos o más elementos metálicos mediante el proceso de soldado.

Conservación de puentes – Ejecución de un conjunto de actividades que previenen, retardan o reducen el deterioro normal del puente. Se realiza para mantener y restaurar la funcionalidad e integridad estructural de puentes existentes y preservar los mismos en buenas condiciones, de forma tal que pueda extender su *vida de servicio*. La conservación corresponde a acciones tales como *mantenimiento rutinario u operativo*, el *mantenimiento periódico* (cíclico y basado en la condición) y la *rehabilitación* (menor o mayor).

Control de calidad – Conjunto de acciones y medidas emprendidas por el contratista para verificar el cumplimiento de los criterios calidad requerida por la Organización, definida y pactada en términos contractuales.

Corrosión – Tipo de *oxidación* en la cual un metal interacciona con la humedad del ambiente y genera una *capa* de herrumbre en algunas zonas. La sección transversal del elemento metálico se reduce en ciertas zonas y aumenta en otras, lo cual puede causar la *fractura* o rompimiento de la pieza.

Costo-efectividad – Característica, normalmente utilizada en análisis económicos, a través de la cual se evalúan las ventajas económicas (retorno de la inversión) en relación con el costo asociado a una alternativa estudiada.

Cortante – Es la *fuerza* resultante de la aplicación de fuerzas transversales opuestas que tienden a deslizar una sección de un elemento sobre otra adyacente. Normalmente se genera una *fuerza* de *tensión* diagonal que produce *agrietamiento* de forma perpendicular a la fuerza aplicada.

CRTMO5 – Sistema de proyección de coordenadas de cuadrícula para Costa Rica se basa en la proyección del elipsoide de referencia WG884 a un plano cartográfico tipo Gauss-Krüger y se constituye en el sistema oficial para todo el país.

Cuerpo de bastión o pila – También llamado cuerpo principal, es el elemento principal del *bastión* o *pila*.

Cuneta - Elemento longitudinal que se construye a partir de zanjas que se hacen en uno o ambos lados de la carretera, revestido o no revestido, con el fin de recibir y conducir el agua de escorrentía superficial, talud de corte y laderas, aledañas a la carretera hacia un punto determinado donde no provoque daños al pavimento, a otras estructuras de la carretera o a propiedades privadas.

Curvas de deterioro – También denominadas curvas de predicción del deterioro, corresponden a las gráficas que representan la pérdida gradual de la condición de los

componentes o elementos del puente a través del tiempo. Estas curvas son generadas a partir de la información obtenida en campo a través de las inspecciones, ya sean rutinarias o detalladas, y de los historiales de intervención de las estructuras. Permiten una mejor conceptualización de las condiciones que se están presentando en un momento dado y a la vez predecir la condición a futuro del componente o elemento, de forma tal que permite realizar análisis para definir el momento oportuno para realizar una intervención en la estructura del puente.

D

Daño – *Defecto* físico presente en elementos que altera la condición y capacidad del mismo (ver la definición de "*deficiencia*").

Daño por impacto – Se da cuando un vehículo o un factor externo impactan un elemento y provoca un *daño* sobre el mismo o la *falla* total.

Decoloración – Se da cuando en un elemento que ha sido pintado, se observa un cambio de color de una de sus *capa*s de *pintura* o no se observa su *pintura* original.

Deficiencia – Cualquier característica o condición en un elemento que hace que sea menos capaz o menos deseable para su uso. El término deficiencia engloba la definición de *daño* y *deterioro*.

Deflexión – Es el movimiento vertical u horizontal de un elemento debido a la aplicación de una *carga* o *fuerza.*

Deformación – *Distorsión* local o cambio de forma de un elemento o *material* producto de la aplicación de una fuerza. Puede ser elástica o inelástica.

> **Deformación elástica** – *Distorsión* que ocurre cuando el esfuerzo en un material es menor que el punto de fluencia, por lo que es reversible*,* desaparece una vez que la *carga* es removida.
>
> **Deformación plástica** – *Distorsión* permanente e irreversible de un material, permanece deformado una vez removida la *carga.*

Delaminación – Es una discontinuidad en la superficie de *concreto*, donde el *concreto* está separado en *capa*s, pero no desprendido. Este *daño* se puede identificar como el sonido hueco al momento de golpear la superficie.

Derecho de vía – Aquella área o superficie de terreno, propiedad del Estado, destinada al uso de una vía pública, con zonas adyacentes utilizadas para todas las instalaciones y obras complementarias, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, así como zonas de seguridad para el usuario. Esta área está delimitada a ambos lados por los linderos

de las propiedades colindantes.

Descascaramiento – Es la *delaminación* local o *desprendimiento* de una superficie terminada de *concreto* endurecido/*pintura*.

Desgaste – Irregularidades que se observan en la superficie, en áreas aisladas o en forma generalizada, y son el producto del *desgaste* de las partículas superficiales o el *desprendimiento* de alguna de ellas por acción del *tránsito* o inclemencias del tiempo.

Desintegración – Proceso que consiste en la reducción a fragmentos pequeños y posteriormente a partículas, proveniente del *concreto* endurecido.

Desprendimiento – Es cuando un fragmento de *concreto* es separado de una masa más grande de *concreto*; se puede dar debido a la presión ejercida por la expansión del *acero* de refuerzo cuando se corroe; también puede suceder cuando se tiene un sobre*esfuerzo* de *compresión* en el *concreto*.

Deterioro – Un defecto que fue causado durante un periodo de tiempo (ver la definición de "*deficiencia*").

Diafragma – *Elemento secundario* de la superestructura ubicado en un *plano* horizontal o casi horizontal para de distribuir esfuerzos y mejorar la resistencia y rigidez de la superestructura ante cargas verticales (gravitacionales y vivas) u horizontales (de *sismo* o viento).

Dispositivos de seguridad – Son las señales, marcas, semáforos y cualquier otro elemento que se coloquen dentro del derecho de vía de manera temporal o permanente para prevenir, regular, guiar e informar a todos los *usuarios* viales con el fin de que transiten con confort y seguridad.

Distorsión – Es un *daño* que sufren los elementos metálicos, se genera cuando un elemento es sometido a un *esfuerzo* mayor al que puede soportar y se empieza a deformar.

Drenaje – Dispositivos para captar, dirigir y evacuar el agua de la carretera.

E

Eflorescencia - Depósito de carbonato de calcio en la superficie del *concreto*; esta se da porque el agua ingresa por las *grietas* en la superficie, genera humedad y produce la reacción con los componentes de *concreto*, los cuales son expulsados a la superficie y forman depósitos superficiales de color blanco.

Elementos principales (superestructura) – Su función principal es soportar las *carga*s transferidas a ellos por el sistema de piso y además transmitir los *esfuerzo*s resultantes hacia *subestructura* a través de *apoyo*s. Cada rango de longitud de *puente* cuenta con un tipo de elemento más eficiente para soportar los *esfuerzo*s producidos por las *carga*s, el cual también

determina el tipo de *superestructura*. Ejemplos de elementos principales: *vigas principales*, arcos, cerchas, cables principales, tirantes, *vigas de piso*, entre otros.

Elementos secundarios (superestructura) – Elementos *estructura*les no principales. Ejemplos de elementos secundarios: *diafragmas* y *sistemas de arriostramiento*.

Encamisado de pilotes – Recubrimiento aplicado a los *pilotes* para protegerlos contra agentes abrasivos o condiciones externas; puede variar el *material* utilizado para este fin entre elementos de *concreto* o hule.

Ensayos no destructivos (END) – Tipo de pruebas realizadas materiales o elementos estructurales que no altera las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de los elementos ensayados.

Ensayos destructivos (ED) – Tipo de pruebas realizadas a materiales o elementos estructurales que a diferencia de los ensayos no destructivos, sí altera las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de los elementos ensayados.

Epóxico – *Material* con consistencia de gel, utilizado especialmente para realizar anclajes, fijaciones, juntas de expansión, entre otros. Posee varias características como: excelente adhesión *estructura*l del *concreto* con *acero*, resistente a la humedad, funciona para el sello de *fisuras* y la unión de piezas de metal.

Erosión – Fenómeno generado por la acción hidráulica del río o viento, lo que ocasiona que haya un *desprendimiento*, arrastre y *sedimentación* de partículas de suelo o roca.

Eflorescencia – Depósito de carbonato de calcio en la superficie del *concreto* producido por la reacción del agua con los componentes de *concreto*, los cuales son expulsados a la superficie y forman depósitos superficiales de color blanco.

Esfuerzo – *Fuerza* aplicada por unidad de área a un elemento.

Espaldón – Sección del *derecho de vía* libre de obstáculos, contigua a los *carriles de circulación*, destinada a emergencias y al acomodo de los vehículos que se detienen, con el fin de no interrumpir el flujo vehicular; además, provee soporte lateral a la estructura del *pavimento*.

Especificaciones – Conjunto de normas, disposiciones y requisitos técnicos, relativos a la ejecución de la obra. Deben orientar y guiar a los profesionales responsables de la ejecución de la obra en procura de que la misma se desarrolle conforme a los objetivos de desempeño previamente definidos.

Estero – Cuerpo de agua formado en un canal natural o en antiguos brazos de un delta de río. En sus aguas se alternan periodos de estancamiento y de circulación, determinados por el ciclo diario o estacional de las mareas y por la magnitud y penetración de las corrientes de mareas,

lo que origina que sus aguas presenten salinidad variable.

Estructura – Los *puente*s, *alcantarilla*s, tomas y *cabezal*es, muros de retención, pozos de inspección, *cuneta*s, cloacas, tuberías de servicio*,* subdrenajes, *drenaje*s y otros elementos similares que pueden ser necesarios en el proyecto.

Estructuras de señales elevadas – Se refiere a las estructuras que brindan soporte a las señales que se encuentran elevadas sobre la vía, tales como señales tipo “bandera” o “mariposa”. Generalmente las señales instaladas sobre estas estructuras son de información.

Estructuras mayores – Estructuras de drenaje que incluyen: *puentes*, *alcantarillas de cuadro*, diques permanentes y provisorios muros de protección aledaños a esas estructuras, así como muros de contención y refuerzo.

Evaluación – Determinación de la condición del *puente* a partir de las observaciones realizadas durante la inspección.

Evento hidrometeorológico extremo – Episodio, suceso o evento meteorológico e hidrológico que es raro, o infrecuente, según su distribución estadística para un lugar determinado. Ocurrencia de un valor o una variable climática por encima (o debajo) del valor límite cerca de los extremos superior e inferior del rango de valores obser*vado*s (IPCC, 2012).

F

Factor de seguridad – Relación entre la resistencia estructural de un elemento y el valor del *esfuerzo* real al que se verá sometido.

Falla – La fractura, dislocación o deformación permanente de un elemento *estructura*l o *conexión* que reduce su integridad *estructura*l y sus capacidades de *apoyo*.

Falla del mortero de mampostería – Se produce la *falla* por adherencia del bloque-*mortero*, su trayectoria es en forma escalonada, solamente en las secciones del *mortero*. Es consecuencia de *esfuerzo*s de tracción diagonal o de *corte*, puede ser también por flexión.

Fatiga – Tendencia de un elemento a *falla*r en un nivel de *esfuerzo* menor al de fluencia cuando se le aplica una *carga* cíclica.

Flexión – Deflexión o doblez en sentido transversal del eje longitudinal de un elemento, que es provocado por la aplicación de fuerzas externas.

Flujo plástico – Deformación gradual, continua e irreversible que experimenta un *material* ante la aplicación de un *esfuerzo* constante y sostenido de magnitud inferior al *esfuerzo* de fluencia.

Fractura – Rompimiento o pérdida de continuidad de un cuerpo causada por la acción de fuerzas externas sobre él.

Fuerza – Acción de deformar los cuerpos (efecto estático) o una acción capaz de modificar su velocidad o alterar su estado de movimiento (efecto dinámico). Tienen magnitud y dirección definidas.

Fuerza externa – *Fuerza* aplicada al elemento por un agente externo a él.

Fuerza interna – *Fuerza* que se desarrolla en el interior de un elemento como respuesta a la acción de una *fuerza externa*.

Fundación – Conjunto formado por el cimiento o base del *cuerpo principal* de una *pila* o *bastión* y el suelo o roca soportante. Las fundaciones se clasifican como *superficiales* o *profundas* en función del mecanismo de transmisión de las *carga*s:

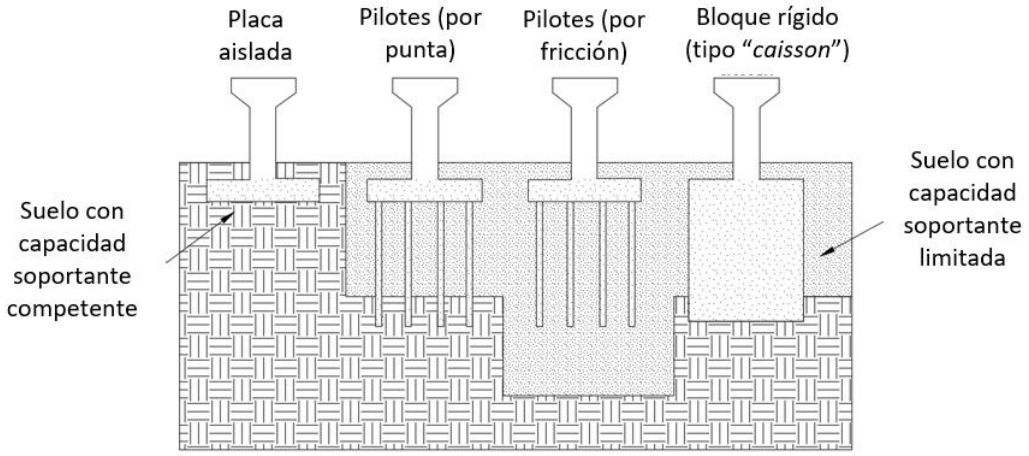


Figura G.13. Ejemplos de tipos de fundaciones.

Fundaciones profundas – Usualmente son placas apoyadas sobre elementos *estructura*les que transfieren la *carga* a los estratos del suelo existentes de mayor profundidad que el estrato de suelo en contacto directo con la placa.

Fundaciones tipo bloque rígido "caisson" – Fundación utilizada cuando los suelos no son adecuados para cimentaciones superficiales, por ser blandos; frecuentemente se emplea para cimentar pilas de puentes en el cauce de los ríos. Su particularidad consiste en que se va construyendo a medida que se van hundiendo en el terreno y su sección transversal puede ser redonda, cuadrada, rectangular o elíptica.

Fundaciones tipo pilotes – No existe un elemento de columna en el *bastión* o *pila*, por lo tanto, la *viga cabezal* se apoya directamente sobre los *pilotes*.

Fundaciones tipo placa sobre pilotes – Los *pilotes* se apoyan directamente sobre la placa o base del cuerpo principal del *bastión* o *pila*.

Fundaciones superficiales – Fundaciones tipo placa aislada o placa corrida, en el que la relación entre la profundidad del cimiento y el ancho es menor de 4.

G

Gaviones – Son estructuras formadas por un receptáculo (canasta) de malla de alambre galvanizada, relleno de material pesado y resistente, construidas de consistencia sólida y flexible.

Grietas – *Fisuras* o cavidades que se producen en los elementos por acción de las acciones externas sobre los elementos o los materiales constituyentes.

I

Importancia operacional – Los puentes se califican en cuatro categorías dependiendo de la importancia: puentes críticos, puentes esenciales, puentes convencionales y otros puentes.

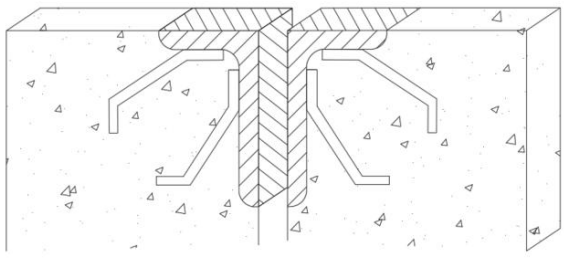
Infraestructura ciclística – Espacio destinado para el *tránsito* de ciclistas, separada de la infraestructura utilizada por el transporte motorizado, sea público o privado.

Inspección – Es el reconocimiento, ya sea de forma visual o a través de técnicas más especializadas de los elementos estructurales y no estructurales del *puente* por parte de un *inspector* calificado con el fin de evaluar su condición el día de la visita al sitio.

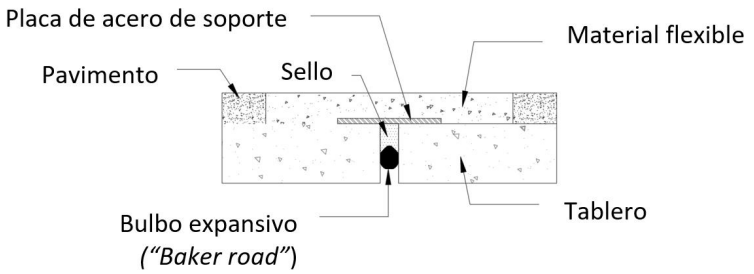
Inspector – Autorizado para realizar las inspecciones necesarias de los trabajos en ejecución o del estado de las obras, los *material*es y el equipo utilizado para asegurar el cumplimiento del contrato.

J

Junta de expansión – Dispositivos instalados en los extremos de cada *superestructura* que permiten la traslación y/o rotación, para garantizar la expansión y contracción de la(s) *superestructura*(s) por temperatura, *sismo, cargas* u otras fuerzas.

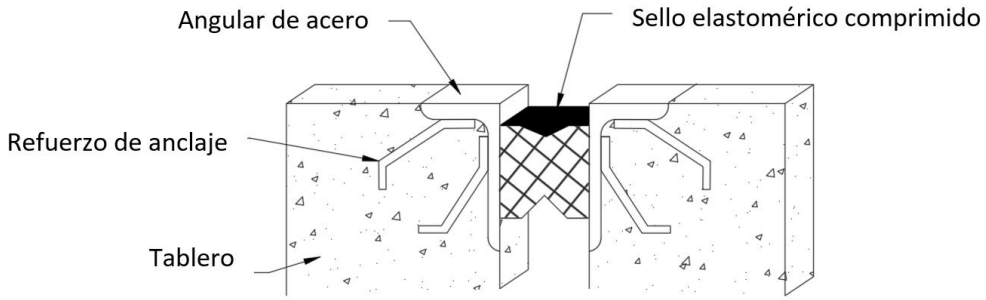


Junta abierta



Junta asfáltica

Figura G.14. Ejemplos de tipos de juntas de expansión.



Junta con sello comprimido

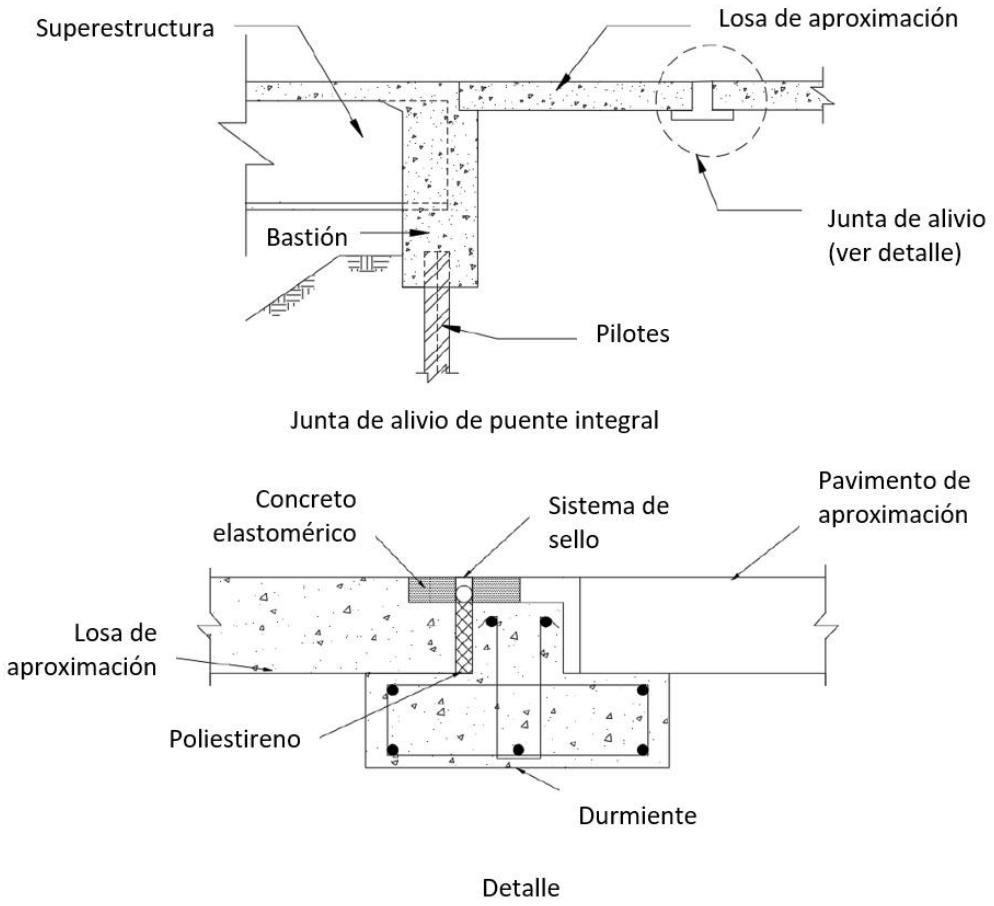
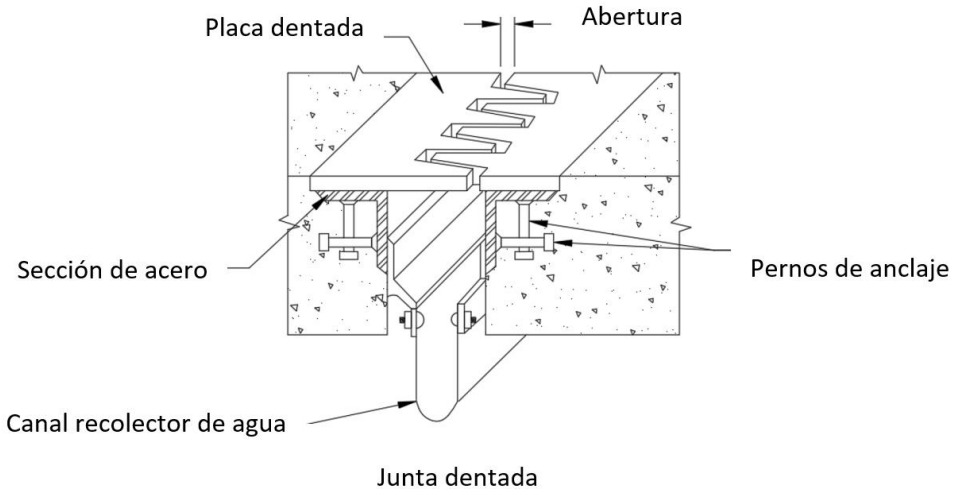
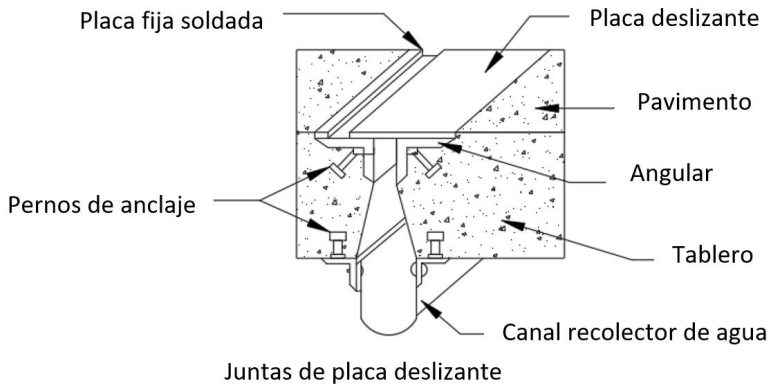


Figura G.14. Ejemplos de tipos de juntas de expansión (continuación).





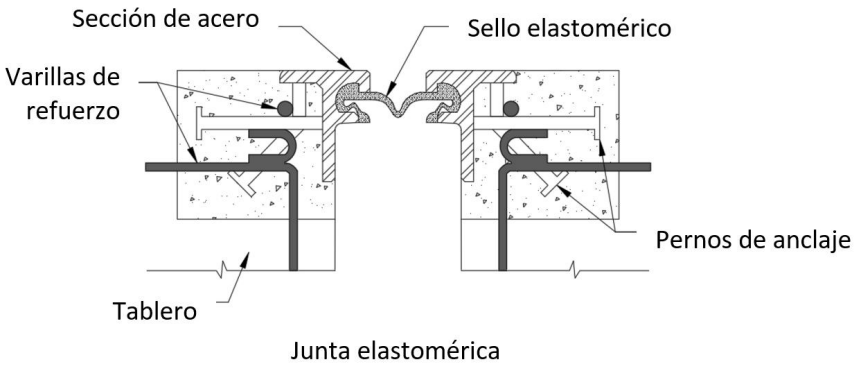
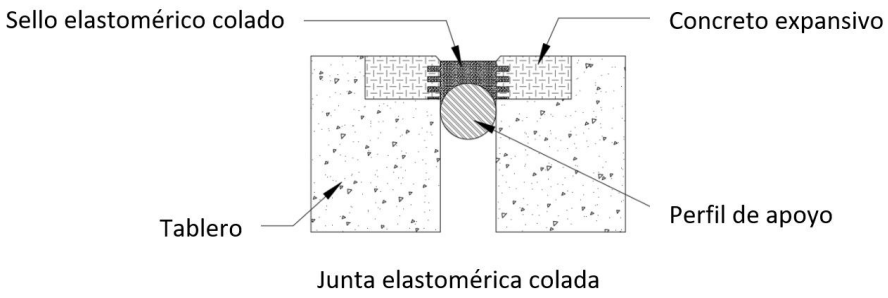
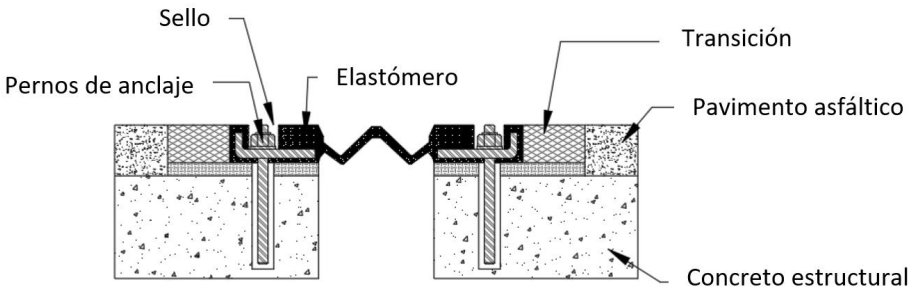
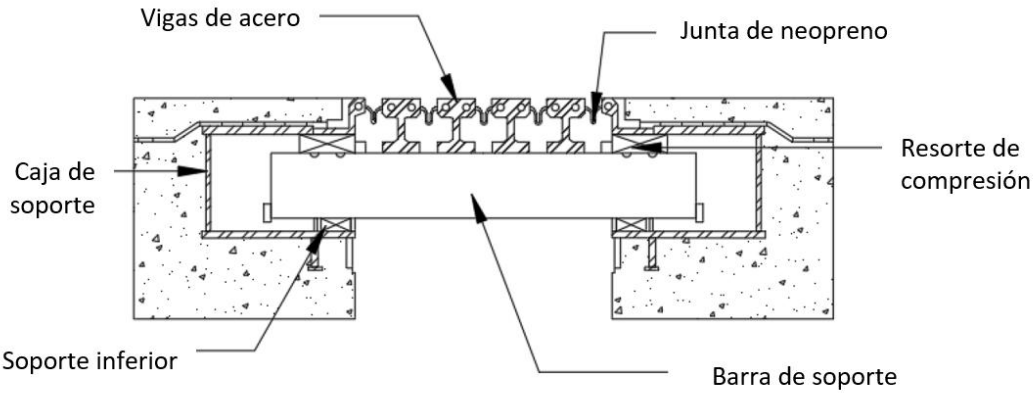


Figura G.14. Ejemplos de tipos de juntas de expansión (continuación).





Juntas elastomérica reforzada



Junta modular con sello

Figura G.14. Ejemplos de tipos de juntas de expansión (continuación).

Junta abierta – Presenta una abertura libre inferior a los 12,7 mm (1/2”) entre losas de *concreto* de tramos adyacentes, pueden ser entre losa-losa, losa-*bastión*, losa-*losa de aproximación*, típicamente cuenta con angulares o perfiles de *acero* para prevenir el *desprendimiento* del *concreto* en los bordes externos.

Junta asfáltica – Consiste en una junta de material asfáltico flexible colocado sobre una placa de acero ubicada en la abertura de la junta. Se utiliza para movimientos de máximo 50 mm (2 in).

Juntas con sellos comprimidos de neopreno – Ver definición de “*juntas de sello comprimido”*.

Juntas de alivio de puente integral – Junta ubicada entre la *losa de aproximación* y la superficie de rodamiento de la carretera, utilizada en puentes integrales.

Juntas dentadas – También llamada *juntas de placas dentadas en* el CR-2020. Se aplican para *puente*s con *desplazamiento*s de hasta 610 mm (24”), están compuestas

por dos placas de *acero* en forma de dedos o dientes que se entrelazan dejando un área libre entre sí para admitir los movimientos.

Junta de perfil de acero continua – Ver de definición "*juntas de placa deslizante".*

Juntas de placas deslizantes – También llamadas *juntas de perfil de acero continua* en el CR-2020. Se aplican para *puente*s con *desplazamiento*s mayores a 101 mm (4"). Consiste en una placa de *acero* anclada a uno de los extremos de la abertura que se desliza permitiendo el movimiento de la *superestructura*.

Juntas de placas dentadas – Ver de definición "*juntas dentadas".*

Juntas de sello comprimido – También llamadas *juntas con sellos comprimidos de neopreno* en el CR-2020. Se aplican en *puente*s con *desplazamiento*s de 12,7 mm a 63,5 mm, se instala un sello elástico preformado comúnmente de neopreno de celda abierta, comprimido dentro de una junta abierta y adherido a ésta, la elasticidad del *material* del sello permite la impermeabilidad de la junta y el movimiento de la losa.

Junta elastomérica – Consiste en una franja elastomérica anclada a un perfil metálico en ambos extremos de la junta. El material de la franja se premoldea en forma de "V" y se abre o se cierra en función del movimiento que experimenta. Este tipo de junta puede acomodar movimientos de hasta 100 mm (4 pulgadas).

Juntas elastomérica colada – También llamadas *juntas rellenas* en el CR-2020. Se aplican en *puente*s cortos con *desplazamiento*s inferiores a 38,1 mm (1 ½ pulgadas), son similares a las juntas abiertas, pero cuentan con un tapajunta de goma o banda de hule preformado tipo "*water stop*" para garantizar el relleno pre-moldeado que se sella con hule chorreado.

Junta elastomérica reforzada – Está conformada por material elastomérico que le confiere elasticidad y durabilidad, y que se encuentra reforzada con acero para dar rigidez y resistencia necesaria para transmitir las cargas de tráfico. Es colocado sobre la apertura de la junta y anclado rígidamente en ambos lados. Pueden abarcar un rango de movimiento de 60 mm, 100 mm y hasta 160 mm.

Juntas modulares con sello – Junta sellada con dos o más sellos elastoméricos colocados en posición por vigas externas ancladas a elementos estructurales (tablero o bastiones) con una o más vigas centrales que son paralelas a las vigas externas, típicamente se utiliza para rangos de movimiento mayores a 116 mm (4").

Juntas rellenas – Ver definición de "*juntas elastomérica colada"*.

L

Laboratorio – Organización de competencia reconocida, que cumpla con las normativas vigentes y que brinda servicios de ensayo y análisis de muestras de materiales para su certificación.

LanammeUCR – *Laboratorio* Nacional de *Material*es y Modelos *Estructura*les de la Universidad de Costa Rica. Es una entidad académica de investigación adscrita a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, que tiene como fin principal el desarrollo autónomo de la investigación, la docencia, la cooperación técnica y la transferencia tecnológica en materia de protección de la infra*estructura* civil, vial y líneas vitales, bajo el amparo de las Leyes 7099 y 8114.

Línea de centro de la carretera – Línea que señala la división entre *carril*e*s de circulación*, es decir, con sentido de circulación opuestos.

Longitud de asiento – También conocida como ancho de asiento, es la mínima distancia de *apoyo* posible desde el borde exterior del elemento principal o *viga* (medido a línea de centro del elemento) hasta el extremo exterior de la *viga cabezal* del *bastión* o *pila*.

Longitud de acceso – Corresponde a la mayor longitud que existe entre la cara posterior de la pared del *cabezal* (es decir, la cara en contacto con el *relleno de aproximación*) y el final de uno de los siguientes elementos: el final del *aletón* integrado al cuerpo del *bastión,* el final de la *losa de aproximación* que tiene una longitud mayor que la del *aletón* integrado o el final de las *obras de retención no integradas* al *aletón* o al cuerpo del *bastión*.

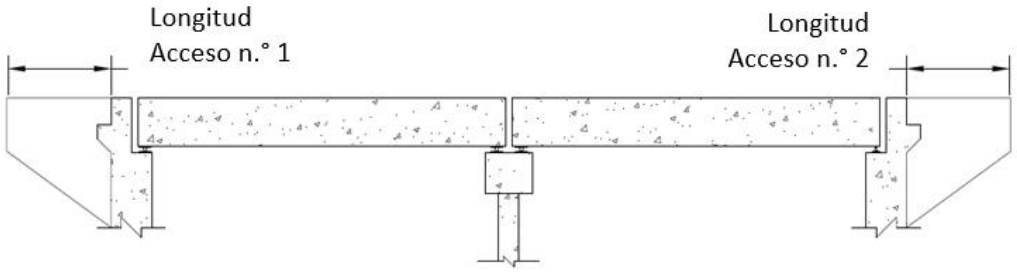


Figura G.15. Longitud de acceso n.° 1 y 2 (Longitud medida hasta el final de los aletones).

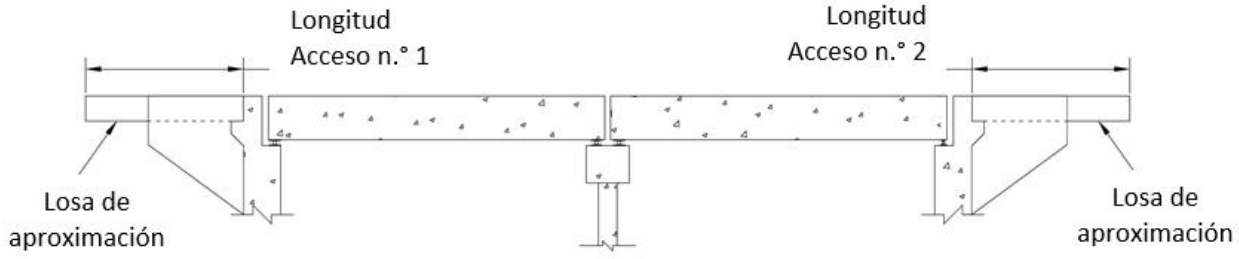


Figura G.16. Longitud de acceso n.° 1 y 2 (Longitud medida hasta el final de la losa de aproximación).

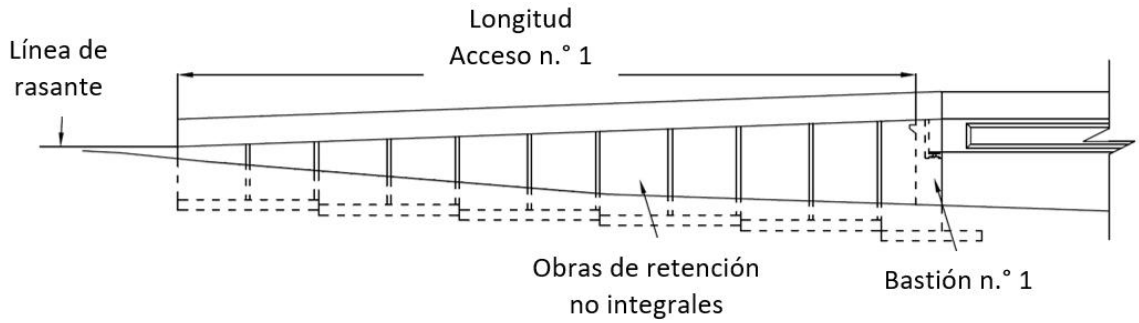


Figura G.17. Longitud de acceso n.° 1 (Longitud medida hasta el final de las obras de retención no integradas al aletón o al cuerpo del bastión).

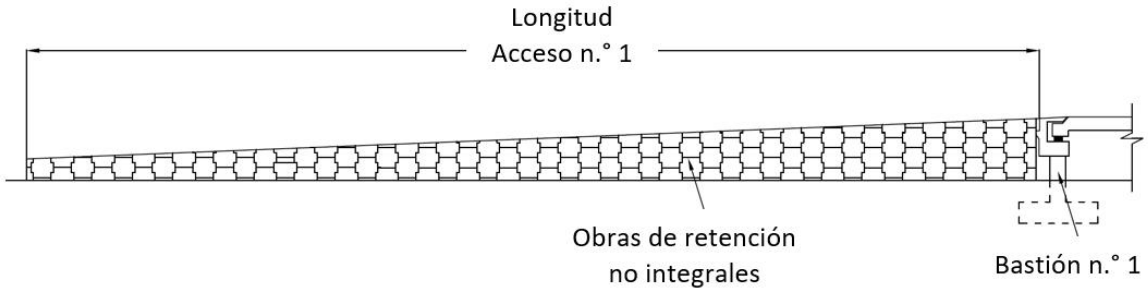


Figura G.18. Longitud de acceso n.° 1 (longitud medida hasta el final de las obras de retención no integradas al aletón o al cuerpo del bastión).

Longitud total del puente – Corresponde a la longitud que existe entre los *bastiones* medida entre la cara posterior de la pared del *cabezal* (es decir, la cara en contacto con el *relleno de aproximación*) de cada *bastión* a nivel de la *rasante del puente.*

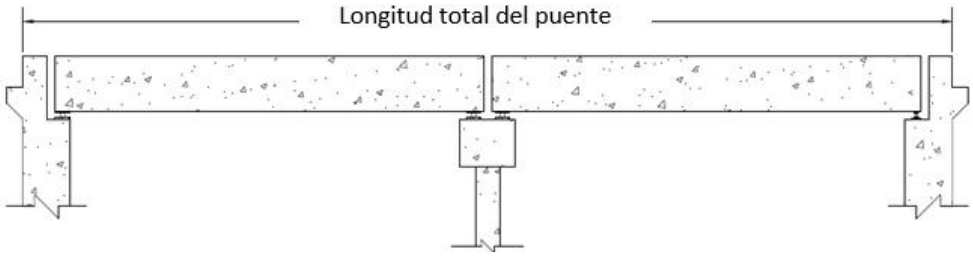


Figura G.19. Longitud total del puente.

Longitud total entre apoyos – Corresponde a la longitud medida entre la línea de centro de los *apoyos* iniciales y la línea de centro de *apoyos* finales ubicadas sobre los *bastiones*.

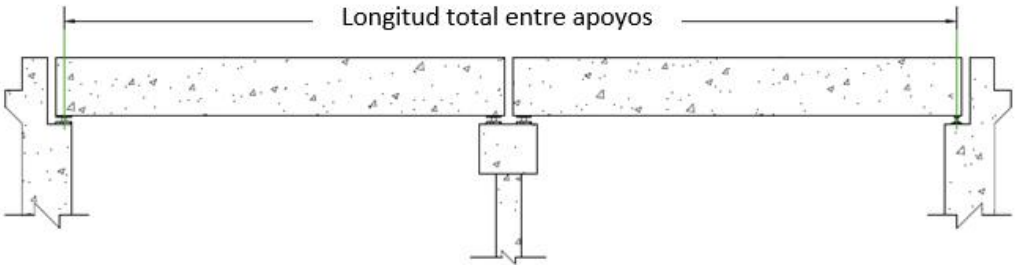


Figura G.20. Longitud total entre apoyos.

Longitud total entre juntas – Corresponde a la longitud medida entre la línea de centro de *junta de expansión* inicial y la línea de centro de *junta de expansión* final del tablero ubicadas sobre los bastiones.

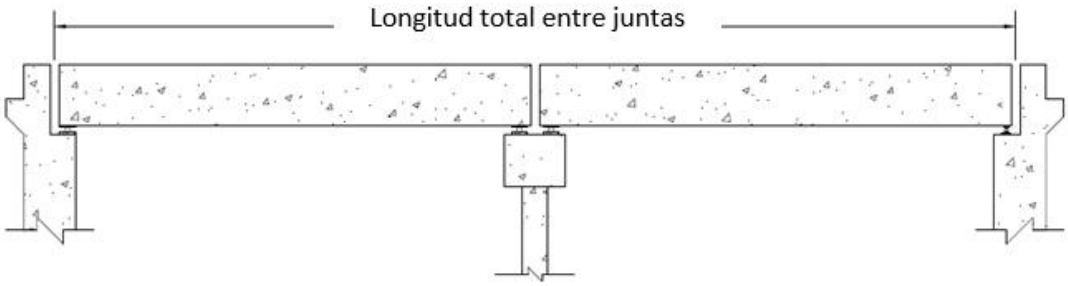


Figura G.21. Longitud total entre juntas.

Losa de aproximación – Elemento de concreto reforzado o presforzado que se ubica en ambos *accesos* del puente y que generalmente se encuentra apoyada a la cara posterior de la pared del cabezal del *bastión*. Se utiliza para prevenir asentamientos en los *rellenos de aproximación* debido a la compactación generada por el peso de los vehículos y la erosión del suelo a través del tiempo.

Luz libre – Corresponde a la distancia entre las caras expuestas de los *bastiones, bastión-pila y pila-pila*.



Figura G.22. Luz libre entre bastiones.

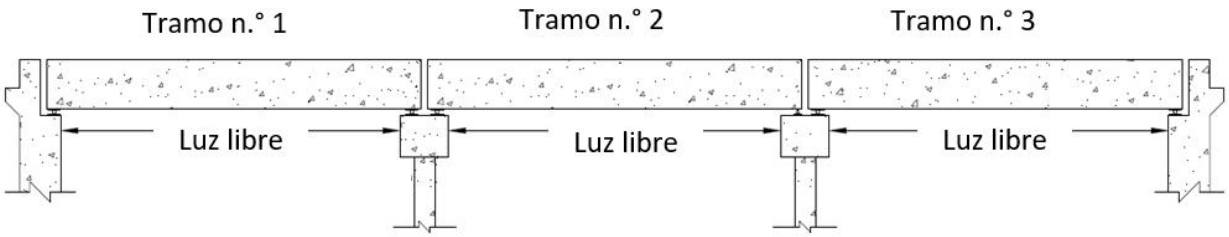


Figura G.23. Luz libre entre bastión-pila (tramos n.° 1 y 3) y pila-pila (tramo n.° 2).

M

Madera – *Material* constructivo que se extrae del tronco de los árboles.

Mantenimiento – Programa de intervención que consiste en la aplicación de actividades costo-efectivas en los elementos de los puentes como estrategia para extender la vida de servicio de estas estructuras, de modo que se retarde la aparición de deterioros futuros y se eviten grandes inversiones en rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución). Está compuesto de las actividades de mantenimiento rutinario u operativo y mantenimiento periódico. Dentro del mantenimiento periódico se encuentran las actividades de mantenimiento cíclico, mantenimiento basado en la condición y de rehabilitación menor.

Mantenimiento basado en la condición – Conjunto de actividades que son programadas, como medida de respuesta ante deficiencias que son identificadas durante el proceso de inspección de puentes, con el objetivo de restaurar la condición de los elementos del puente que se encuentren dañados y ameriten una intervención (FHWA, 2018). Se enmarca en las actividades de mantenimiento periódico.

Mantenimiento cíclico – Conjunto de actividades que deben programarse de manera continua según un intervalo de tiempo preestablecido, con el objetivo de preservar y reducir el deterioro del puente y sus distintos elementos (FHWA, 2018). Se enmarca en las actividades de mantenimiento periódico.

Mantenimiento periódico – Conjunto de actividades programables, cada cierto período, tendientes a preservar y restaurar la condición original de los puentes mediante actividades cíclicas, basadas en la condición o de rehabilitación menor, siempre que esta rehabilitación no implique un aumento en la capacidad de carga o la capacidad operativa de los puentes. Esta definición adapta y complementa la indicada en la Ley n.º 7798 de Creación del CONAVI en lo que respecta a puentes.

Mantenimiento rutinario u operativo – Conjunto de todas las actividades menores realizadas de manera continua y sostenida a través del tiempo como reacción a un evento especial, condición climatológica o como parte de las necesidades operacionales del puente (FHWA, 2018). Según lo anterior, estas actividades son aquellas que no fueron contempladas como parte del diseño del puente, pero que deben ser realizadas para preservar la condición operativa, el nivel de servicio y seguridad del tránsito en el puente**.** Esta definición complementa la indicada en la Ley n.º 7798 de Creación del CONAVI en lo que respecta a puentes.

Material – Materia prima, con características específicas, utilizada para construir las diferentes

estructuras requeridas como parte del trabajo objeto del pliego de condiciones.

MOPT – Ministerio de Obras Públicas y Transporte, es la institución responsable de regular y controlar el transporte, así como de ejecutar obras de infraestructura del transporte, seguras y eficientes, con el objetivo de contribuir al crecimiento económico-social, en armonía con el ambiente.

Municipalidad – Son órganos locales, políticos y administrativos constituidos sobre le voluntad del pueblo porque, con su participación democrática los ciudadanos pueden tomar decisiones y ejecutar programas de desarrollo para su cantón. Es un gobierno local encargado de brindar servicios públicos a su comunidad.

Mortero – Es una mezcla de cemento hidráulico, agregado fino, agua y posibles aditivos.

N

Nido de piedra – Conocido como “hormiguero”, se da en el *concreto* producto de la segregación de la *piedra* de la pasta (mezcla de cemento, agua, arena y aditivos) lo cual genera una acumulación de agregados y espacios vacíos a su alrededor ya sea en la superficie o dentro de la masa de *concreto*. Produce zonas en el *concreto* no uniformes y propensas al deterioro.

O

Obras de retención no integrales – Son *estructura*s destinadas a contener masas de tierra, resisten las *carga*s de *empuje* producidas por el terreno.

Obras nuevas – Programa de intervención de puentes que cubre las actividades que procuran la construcción de puentes nuevos, la reconstrucción (sustitución) de puentes en carreteras existentes.

Obsolescencia funcional – Aspecto que implica que un puente no brinda las condiciones de servicio para la cual fue construido, debido a diversas deficiencias en sus características, con respecto a las características especificadas para diseño y construcción de puentes más actuales.

Obstrucción en juntas de expansión – Cuando se observan juntas cubiertas por *asfalto*, el problema sucede cuando se aplica un nuevo *pavimento* a un *puente*, frecuentemente se coloca una sobre-*capa* a las juntas de expansión sin cuidado de alterar el funcionamiento de la misma.

Ondulaciones – Son deformaciones grandes y notorias de la plataforma de la vía que alteran su perfil longitudinal.

Oxidación – *Capa* de color rojizo-café que se forma en la superficie de un elemento metálico

debido a la reacción del material con el oxígeno en el aire, si no se soluciona este *deterioro* puede llegar a causar *corrosión* en el elemento.

P

Pandeo – Fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos, esbeltos y que se manifiesta por la aparición de *desplazamiento*s importantes transversales a la dirección principal de *compresión*.

Paso a desnivel – Ver definición de "*puente".*

Paso elevado – Ver definición de "*puente".*

Pavimento – Estructura constituida por un conjunto de capas superpuestas, de diferentes materiales, adecuadamente compactados, que se construyen sobre la subrasante de la vía con el objeto de soportar las cargas del tránsito durante un período de varios años, brindando una superficie de rodamiento uniforme, cómoda y segura.

Pedestal - Son elementos corta altura construidos sobre el *cabezal de un bastión o pila* en los cuales se apoyan los *elementos principales* de la *superestructura*. En ocasiones los *pedestal*es son de altura variable para generar el bombeo de la losa o *tablero*.

Pendiente – Razón de la altura sobre la distancia horizontal (altura/distancia).

Perno – Pieza metálica larga de sección cilíndrica que tiene un extremo de cabeza redonda, una parte lisa y otro extremo roscado para la tuerca. Su función es sujetar piezas en una *estructura*, generalmente de gran volumen.

PIE – Programa de Ingeniería *Estructura*l del *LanammeUCR*, creado con el objetivo de propiciar el desarrollo de infra*estructura* civil mediante un adecuado equilibrio entre la protección a la vida humana, la seguridad de las inversiones y el menor costo posible.

Pila – Elemento que sirve de soporte intermedio a la *superestructura*. No es necesario de su uso en todos los *puente*s. Por lo general, son construidas en *concreto* reforzado, ocasionalmente *concreto* presforzado, *acero* o *madera*. Los elementos de las *pila*s son: *cabezal de pila* o viga cabezal, *cuerpo de pila o* cuerpo principal y *fundación*, los cuales son similares a los elementos de los *bastiones*.

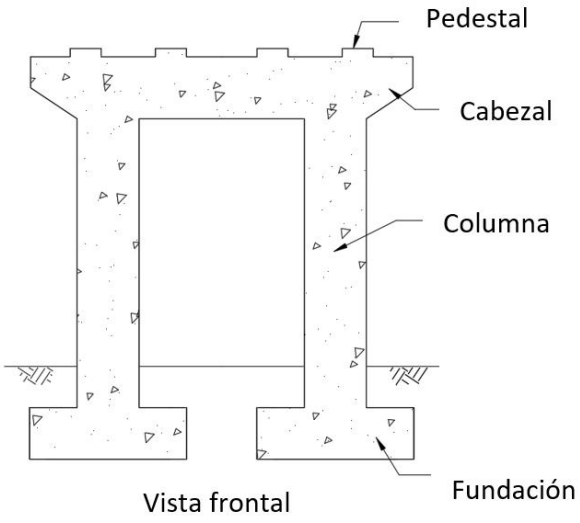


Figura G.24. Vista frontal de la pila

Pilotes – Elementos largos y esbeltos presentes en tipos de fundación *tipo pilotes* o *placa sobre pilotes*. Transmiten la *carga* hasta la roca firme o estratos del suelo competente. La mayoría se encuentran enterrados, por lo tanto, no son visibles. Pueden ser hincados, de *acero* o de *concreto* presforzado o pre-excavado, colocado en sitio con diámetros inferiores a los 45 cm. Funcionan por dos mecanismos - pilotes por fricción o *pilotes* de punta.

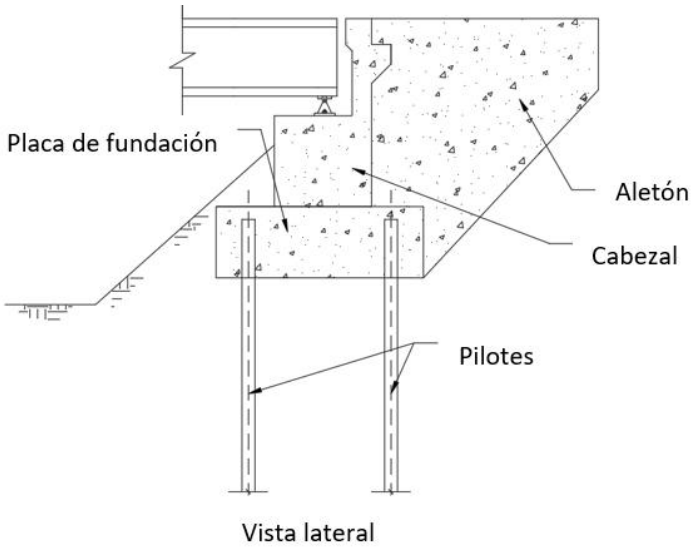


Figura G.25. Vista lateral de bastión con fundación tipo placa sobre pilotes.

Pintura – Productos formados por uno o varios pigmentos con o sin *carga* y otros aditivos dispersos homogéneamente suspendidos en un vehículo que, al secar, se convierte en una película sólida. Es de los medios principales utilizados para la protección de la *estructura* de *acero* contra la *oxidación* y *corrosión*.

Placa aislada – Tipo de *fundación superficial*, utilizada cuando existe roca o un suelo competente cerca de la superficie. Es una losa de *concreto* que transfiere las *carga*s por contacto con el estrato de roca o suelo existente directamente debajo de ella.

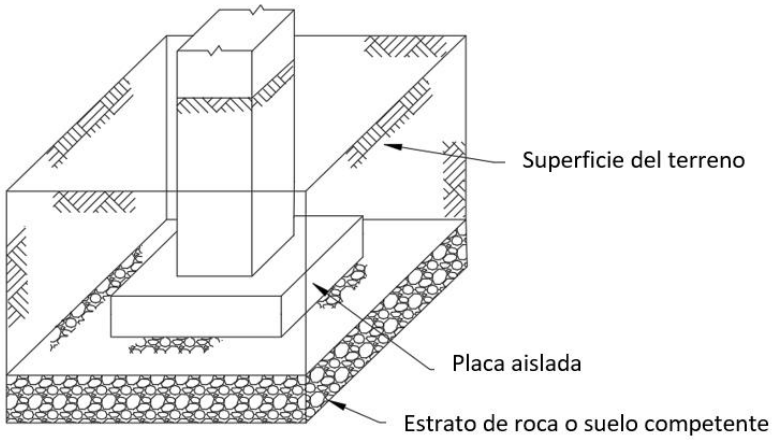


Figura G.26. Diagrama de placa aislada.

Plano – Representación esquemática a escala y en dos dimensiones de una *estructura* que contiene las *especificaciones* para su construcción.

Planos finales incluyendo los cambios constructivos – *Planos* realizados al finalizar la construcción de un proyecto, muestra los cambios generados sobre el diseño original. También conocidos por su nombre en inglés como planos "*as-built*".

Presfuerzo – Creación intencional de *esfuerzo*s permanentes en un elemento durante el proceso constructivo con el propósito de mejorar su comportamiento y resistencia bajo condiciones de *carga*.

Programa de mantenimiento de puentes – Ejecución de actividades costo-efectivas de mantenimiento cíclico, mantenimiento basado en la condición o rehabilitación menor, realizadas con el objetivo de prolongar la vida de servicio de los puentes, aplazando la necesidad de realizar intervenciones de rehabilitación mayor o reconstrucción (sustitución) de la estructura. El programa de mantenimiento de puentes debe tener un presupuesto definido para la ejecución de las actividades requeridas.

Pruebas de carga en puentes – Corresponden a la observación y medición de la respuesta de un puente que se encuentra sujeto a cargas controladas y que son previamente definidas. Las pruebas de carga pueden ser de tipo diagnóstico o pruebas de comprobación de la capacidad de carga. Adicionalmente, dependiendo de la forma de aplicación de la carga, las pruebas pueden clasificarse como estáticas o dinámicas.

Pudrimiento – *Deterioro* que se da en *madera* en la cual el agua penetra, haciendo que los elementos aumenten su nivel de humedad y se degraden.

Puente – *Estructura mayor* que permite salvar el paso de una vía de *tránsito* u otras *carga*s móviles por una quebrada, río, estero, lago, canal, depresión geográfica, carretera u otro obstáculo. Se compone de *accesorios*, *accesos*, elementos de *seguridad vial*, *tablero*, *superestructura, subestructura* y *sistemas de protección.* Los *pasos a desnivel*, *pasos elevados* y *viaductos* corresponden a estructuras tipo *puente*. En la Tabla 6.1 del Capítulo 6 del MP-2024 Tomo I se muestran los diferentes elementos y componentes que pueden encontrarse en un puente.

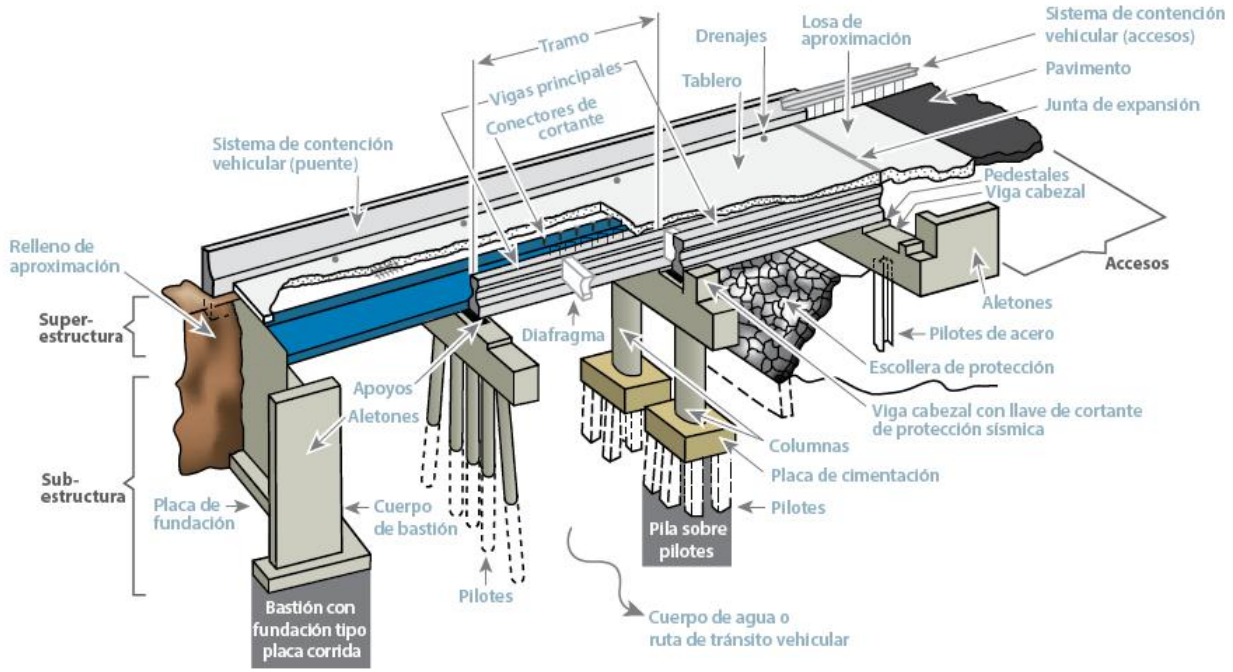


Figura G.27. Estructura de puente.

Puentes complejos – Son puentes que por sus características estructurales pueden involucrar análisis estructurales especializados y cargas adicionales. Estos puentes son: móviles, suspendidos, atirantados, con vigas curvas, con características inusuales en su forma estructural y/o con una luz libre mayor que 150 m.

Puente de servicios – *Puente* utilizado para colocar principalmente tuberías de agua, oleoductos u otros servicios públicos.

Puente ferroviario – *Puente* cuya única función es el paso del ferro*carril*. Se compone principalmente de rieles colocados sobre durmientes que transmiten las *carga*s a la *estructura* del *puente*.

Puente peatonal – *Puente* diseñado y construido para proveer un medio de paso únicamente al tráfico peatonal.

Puente vehicular – *Estructura* cuya función principal es el paso de vehículos.

Puente temporal – Consiste en una *estructura* que se construye en un sitio particular como parte de un proyecto de reconstrucción (sustitución) de un *puente* existente o la construcción de un *puente* nuevo a completarse en menos de tres años.

Q

Quebrada – Río con poca capacidad de caudal y poco profundo.

R

Rajaduras – Grieta en *madera* la cual penetra el elemento. Se da generalmente en la cara superior o inferior del elemento.

Rasante - Línea que representa, en alzado, la superficie de una *carretera*, *puente* u obra en general y que normalmente coincide con el eje longitudinal de la misma.

Rasante del puente - Elevación (cota) final de la *superficie de desgaste* del puente.

Reacción álcali sílice – Reacción expansiva en el *concreto* que genera *agrietamiento.*

Reconstrucción (sustitución) – Programa de intervención de puentes que forma parte de la construcción de obras nuevas e implica sustituir la totalidad del puente para mantener la continuidad de la ruta existente. Es equivalente al concepto de reconstrucción definido en la Ley n.º 7798.

Red Vial Cantonal – Conjunto de carreteras cantonales determinadas por el MOPT con sustento en los estudios técnicos respectivos, que son administradas por las municipalidades. Se subdivide en: caminos vecinales, calles locales y caminos no clasificados.

Red Vial Nacional – Conjunto de carreteras nacionales administradas por el Consejo Nacional de Vialidad. Se subdivide en: rutas primarias, secundarias y terciarias.

Redundancia – Condición estructural donde hay más elementos de soporte que los necesarios para lograr estabilidad, de modo que la falla de unos elementos no ocasione el colapso de la estructura.

Rehabilitación – Actividades de intervención que permiten restaurar la capacidad estructural y operativa original de un puente (*rehabilitación menor*) o incrementarla (*rehabilitación mayor*). Incluye los trabajos necesarios para corregir defectos mayores de seguridad, restaurar parcial o completamente diferentes elementos o componentes mediante actividades basadas en la condición o el refuerzo de elementos estructurales (FHWA, 2018).

Rehabilitación menor – Actividades de *rehabilitación* de puentes que buscan restaurar la capacidad estructural original del puente y los elementos a una condición satisfactoria o regular (AASHTO, 2021). Aunque se consideran parte del *mantenimiento periódico*, podrían requerir

análisis, diseños estructurales e inspecciones detalladas que la Organización determine necesarias para establecer el alcance de las tareas por realizar. Estas tareas pueden incluir la reparación o reemplazo de elementos dañados estructurales, no estructurales y de protección, como por ejemplo el refuerzo para recuperar la capacidad original de un elemento estructural, el reemplazo de apoyos, la sustitución de elementos dañados o deteriorados, el ensanchamiento de la meseta de asiento, la renovación de sistemas de protección contra la corrosión, entre otras. Para que una intervención se clasifique como rehabilitación menor, su costo no debe superar el 30 % del costo de construcción de un puente nuevo (CDOT, 2020).

Rehabilitación mayor de puentes – Actividades de *rehabilitación* que buscan aumentar la capacidad operativa de la estructura mediante modificaciones en la geometría del puente, como el ancho de vía o los claros libres verticales; incrementar la capacidad de carga viva para cumplir con los estándares mínimos actuales; o ambas (AASHTO, 2021). Para estas actividades se requiere de estudios preliminares (geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, ambientales, de tránsito, entre otros), inspecciones detalladas, análisis y diseños estructurales y programaciones de la ejecución de obras, según sea el alcance definido en el diseño. El costo de estas intervenciones debe ser mayor al 30 % pero igual o inferior al 70 % del costo de construcción de un puente nuevo (CDOT, 2020). Cuando el costo de una rehabilitación mayor se acerca o supera el 70 % del costo de construcción de un puente nuevo, se debe evaluar, mediante un análisis de costo-beneficio, si la mejor opción es la rehabilitación o la reconstrucción (sustitución) de la estructura. Este análisis debe considerar y comparar el costo de las intervenciones (rehabilitación o reconstrucción), la seguridad de la estructura, el tipo de estructura, consideraciones ambientales, hidrológicas e hidráulicas, control del tránsito durante los trabajos y costos sociales de la intervención, entre otros.

Rejilla – Elemento del *sistema de drenaje del tablero*. La rejilla debe ser funcional y estar colocada en su lugar para no representar una *amenaza* para los vehículos y peatones, de la misma manera no debe estar obstruida por escombros u otros materiales.

Relleno de aproximación – *Material* colocado detrás de los *bastiones* para restituir las elevaciones del terreno antes de la excavación. Con este relleno se brinda acceso al *puente*.

Remaches – Elemento de fijación cuya función es unir dos piezas de forma permanente, es un cierre mecánico que está compuesto por un tubo cilíndrico que en su parte inferior dispone una cabeza cuyo diámetro es mayor que el resto del remache para que al introducirlo en un agujero pueda encajar.

Río – Cuerpo de agua con corriente continua que desemboca en otra fuente de agua o en el mar.

Rotura de conexiones o elementos – Sucede cuando la *conexión* o elemento es sometido a

un *esfuerzo* mayor al permisible, por lo que la *conexión* o elemento puede presentar una pequeña rotura o su rotura completa.

Ruta – Carretera definida entre dos puntos determinados, con origen y destino debidamente identificados.

Rutas de Travesía – Conjunto de carreteras públicas nacionales que atraviesan el cuadrante de un área urbana o de calles que unen dos secciones de carretera nacional en el área referida. La red de rutas de travesía se establece, para hacer más expedito el tránsito en el centro de la ciudad (Artículo 3 Ley n.° 5060).

S

Seguridad vial - Conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad.

Seguridad vial (componente) – Componente del *puente* que busca garantizar el paso seguro de los usuarios (vehículos, ciclistas y peatones) sobre la *estructura*. Incluye los siguientes elementos: *sistemas de contención vehicular* de los *accesos, medianera* y el *puente,* señalización*, acera, bordillo, baranda peatonal, acera inferior de paso a desnivel* e iluminación.

Sesgo – Ver definición de "*alineamiento en planta de la superestructura*".

Sismo – Sinónimo de temblor. Corresponde a una vibración de la Tierra producida por una rápida liberación de energía producto del *desplazamiento* terrestre a lo largo de una *falla*, por la erupción de un volcán o por explosiones causadas por el hombre. La energía se libera en forma de vibraciones llamadas ondas sísmicas, las cuales se propagan a todas direcciones desde su hipocentro (foco u origen).

Sistema de arriostramiento – *Elemento secundario* instalado para proporcionar mayor rigidez y garantizar el trabajo en conjunto de los demás *elementos principales* de la *superestructura,* además minimiza el movimiento relativo longitudinal entre los elementos primarios. Se conectan horizontal, vertical o diagonalmente entre *viga*s de piso, *viga*s transversales o cerchas.

Sistema de contención vehicular – Sistema diseñado para reducir la severidad de las consecuencias de los accidentes por salida de la vía, tanto para los ocupantes del vehículo como para otros usuarios de la vía y terceros situados en las proximidades.

Sistema de drenaje del tablero – Elemento que debe tener el *tablero* del *puente* para poder evacuar la escorrentía. El sistema de drenaje del tablero se divide en elementos de entrada y elementos de salida. Los tipos de elementos de entrada son: rejilla, drenaje a través de losa y ranuras en la base del sistema de contención vehicular, mientras que los elementos de salida

están conformados por *bajantes* o tuberías*,* los cuales pueden ser plásticos o metálicos.

Sistema de drenaje de los accesos – Elemento que debe tener los *accesos* de un *puente* para poder evacuar la escorrentía. Los sistemas de drenaje de los accesos pueden ser de concreto, metálicos, plásticos o canales naturales.

Sistemas de Información Geográfica (SIG) – Es un modelo del mundo real que permite realizar simulaciones con situaciones específicas para toma de decisiones, planificación y gestión (Solano-Mayorga, 1993. Revista geográfica de América Central).

Socavación – Es la remoción de *material* del lecho del río que pone en peligro o afecta a algún componente del *puente*, resultado de la acción erosiva del río o de un mal manejo de las aguas.

Socavación general – También conocida como *socavación* normal, consiste en una disminución generalizada del fondo por el aumento del arrastre de sedimentos debido al incremento de la capacidad de flujo (crecidas).

Socavación local – La *socavación* local se produce debido a la presencia de estrechamientos, curvas o estructuras en la corriente de un río, lo que provoca un aumento en la intensidad del flujo capaz de remover el material del lecho.

Subestructura – Es el conjunto de elementos estructurales del *puente* que reciben las cargas transmitidas por las *superestructuras.* Los elementos de la subestructura son: apoyos, bastiones (cuerpo y cabezal), pilas (cuerpo y cabezal) y fundaciones.

Superficie de desgaste – Es un elemento que protege al *tablero* del *puente* del *desgaste* producido por el tráfico vehicular. Provee una superficie plana para el confort de los *usuario*s, esta puede ser de *concreto*, *asfalto*, *madera* o *acero*.

Superficie de rodamiento – Es un elemento de los *accesos* que provee una superficie plana para el confort de los *usuario*s y que forma parte del *pavimento,* esta puede ser de *concreto*, *asfalto*, grava*.*

Superestructura – Es el componente del *puente* que se en*carga* de recibir en forma directa las *carga*s vehiculares y transferirlas a la *subestructura*. Los elementos que conforman la *superestructura* son: *tablero*, *elementos principales* y *elementos secundarios.*

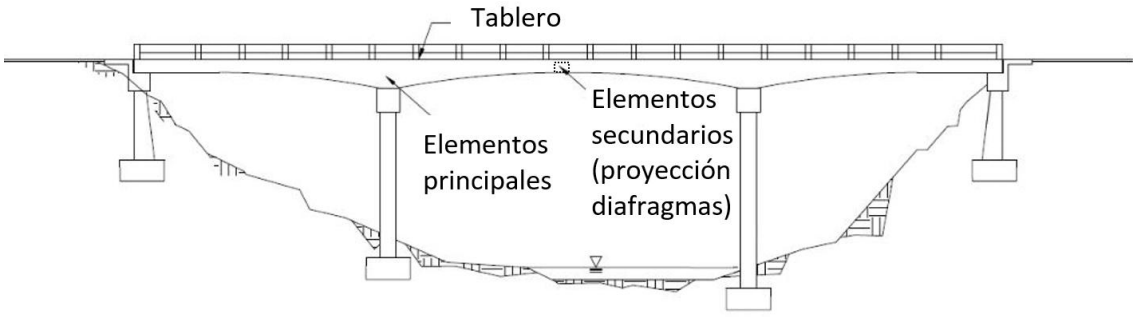


Figura G.30. Elementos de la superestructura.

Superestructura tipo viga – Tipo de superestructura conformada principalmente por *vigas* con sección trasversal en forma rectangular, circular, tipo I, bulbo, T, doble T, y canaleta.

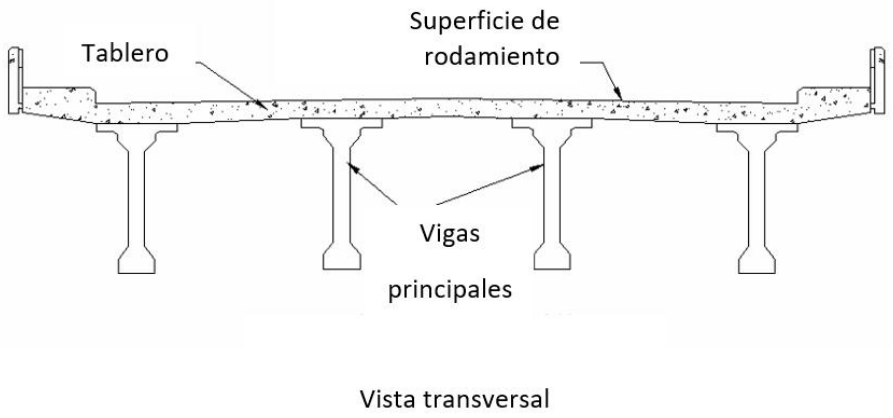


Figura G.31. Tipo de superestructura tipo viga.

Superestructura tipo losa – *Estructura* compuesta únicamente por un elemento tipo losa (*elemento principal*). A diferencia de otras tipologías de superestructura donde el *tablero* recibe las *carga*s de tránsito y las transfiere a los *elementos principales* (*vigas principales, vigas de piso, entre otros*), los cuales posteriormente las trasmiten a la subestructura, en esta tipología el elemento losa cumple la función de *tablero* y *elemento principal* por lo que recibe las *carga*s de tráfico y también las transfiere directamente a los elementos de la *subestructura*.

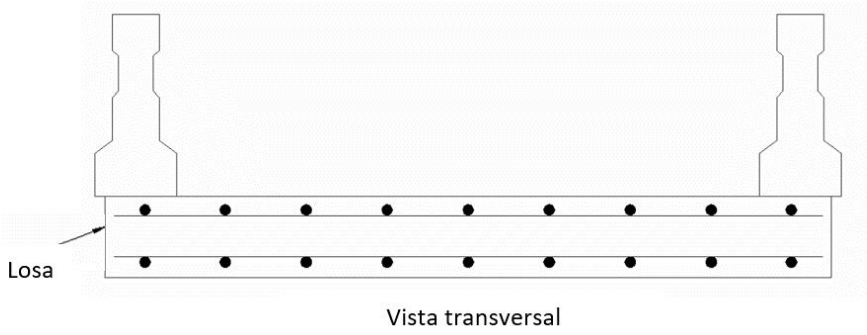


Figura G.32. Superestructura tipo losa.

Superestructura tipo arco – *Estructura* cuyo principal soporte se compone por *viga*s o armaduras con forma de *arco*. Se encuentra sometida a *esfuerzo*s de *compresión* pura o tensión (como el caso de los arcos de banda tensada). Se pueden clasificar en tres tipos:

Arco de paso inferior – El arco se encuentra sometido a *esfuerzo*s de *compresión* pura y el *tablero* se ubica en medio de los arcos.

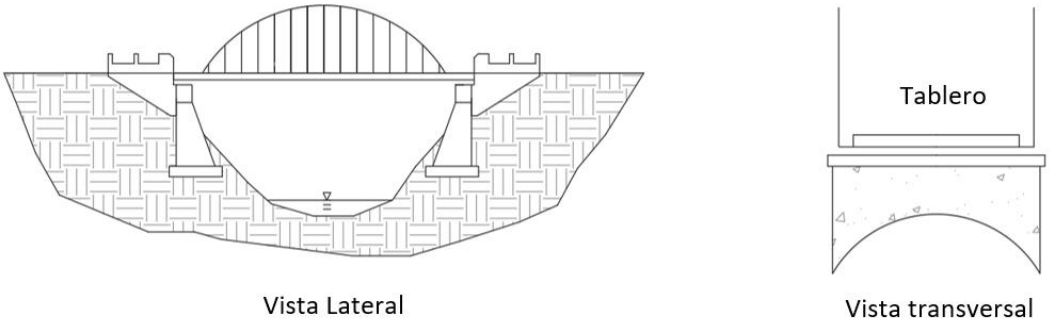


Figura G.33. Superestructura tipo arco de paso inferior.

Arco de paso superior – El arco se encuentra sometido a *esfuerzo*s de *compresión* pura y el *tablero* se ubica por encima de los arcos.

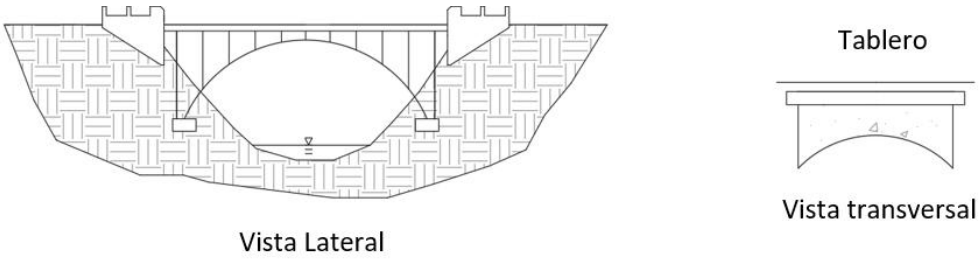


Figura G.34. Superestructura tipo arco de paso superior.

Arco de banda tensada – El arco se encuentra sometido a *esfuerzo*s de *tensión* pura y el *tablero* se ubica por encima de los arcos.

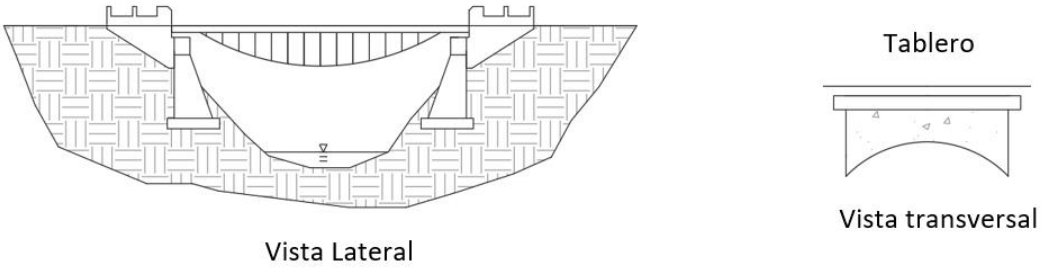


Figura G.35. Superestructura tipo arco de banda tensada.

Superestructura tipo arco de mampostería – *Estructura* cuyo principal soporte se compone de un *arco de mampostería*. Se encuentra sometida a *esfuerzo*s de *compresión* pura.

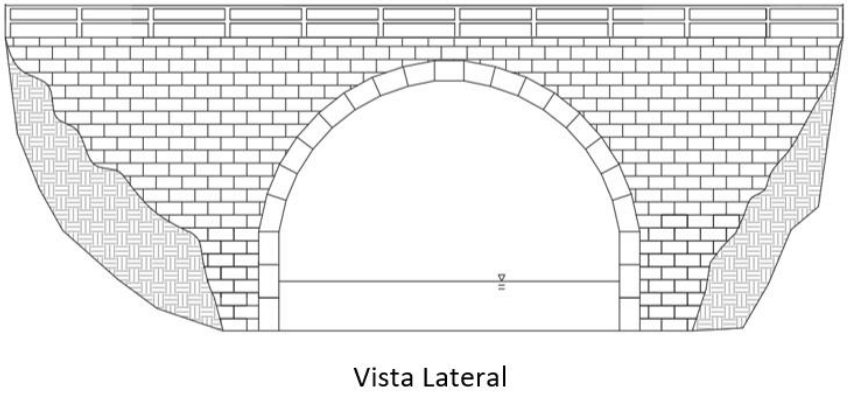


Figura G.36. Superestructura tipo arco de mampostería.

Superestructura tipo arco prefabricado – *Estructura* cuyo principal soporte se compone por *arcos prefabricado.* Se encuentra sometida a *esfuerzo*s de *compresión* pura.

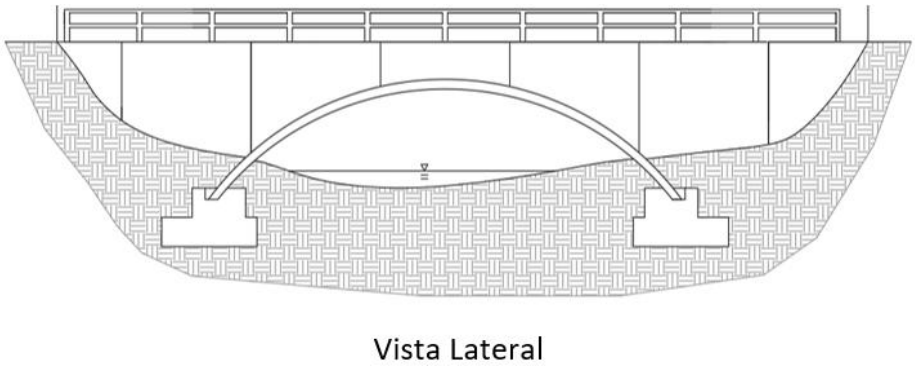


Figura G.37. Superestructura tipo arco prefabricado.

Superestructura tipo viga cajón – Tipo de superestructura conformada principalmente por *vigas* con sección transversal en forma de cajón.

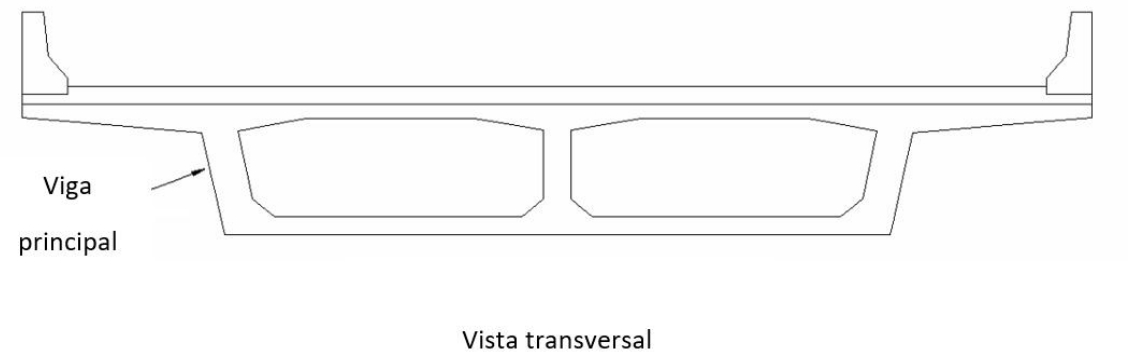


Figura G.38. Superestructura tipo viga cajón.

Superestructura tipo cercha – Se compone de cerchas unidas entre sí mediante el sistema de piso (vigas de piso y vigas transversales), sistemas de arriostramiento y portales. Las cerchas son *estructura*s rígidas bidimensionales formadas con elementos rectos inde*pendiente*s sometidos a *esfuerzo*s de *tensión* y *compresión* que están unidos por juntas o nodos. De acuerdo con la posición del tablero en la superestructura se pueden clasificar en tres tipos:

Cercha de paso inferior – El *tablero* se ubica en medio de las *cerchas* y existe sistema de arriostramiento superior.

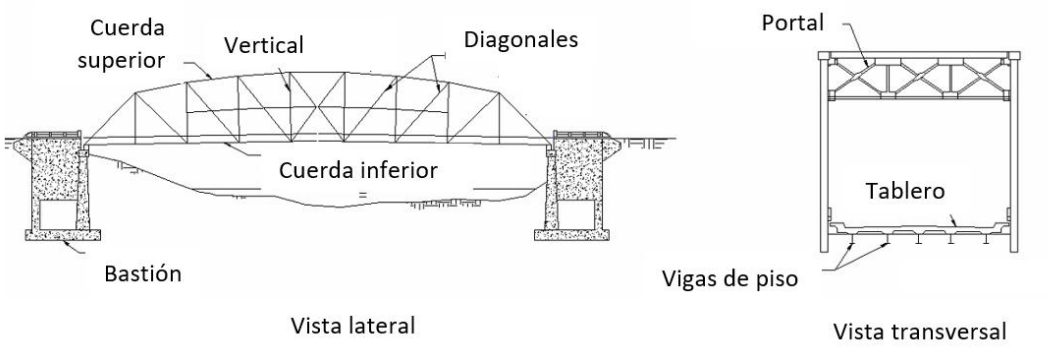


Figura G.39. Superestructura tipo cercha de paso inferior.

Cercha de media altura – El *tablero* se ubica en medio de las *cerchas* y no existe sistema de arriostramiento superior. Algunos ejemplos son: puentes modulares "*Bailey*" y tipo "*Pony*".

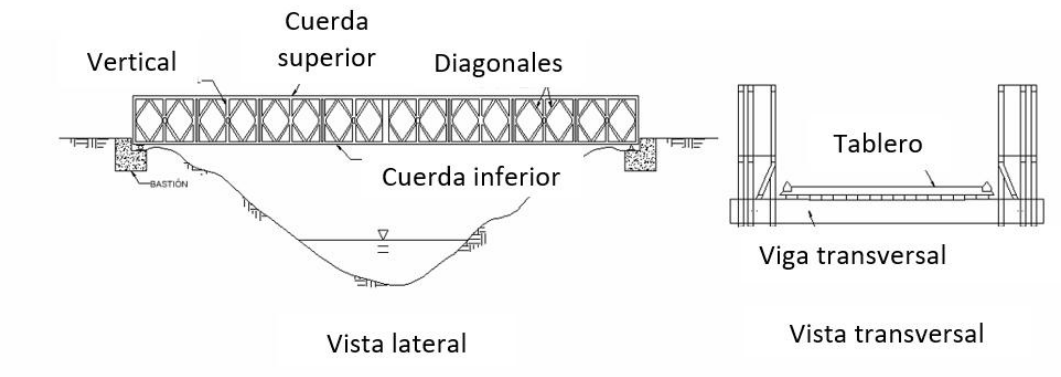


Figura G.40. Superestructura tipo cercha de media altura.

Cercha de paso superior – El *tablero* se ubica por encima de las *cerchas*.

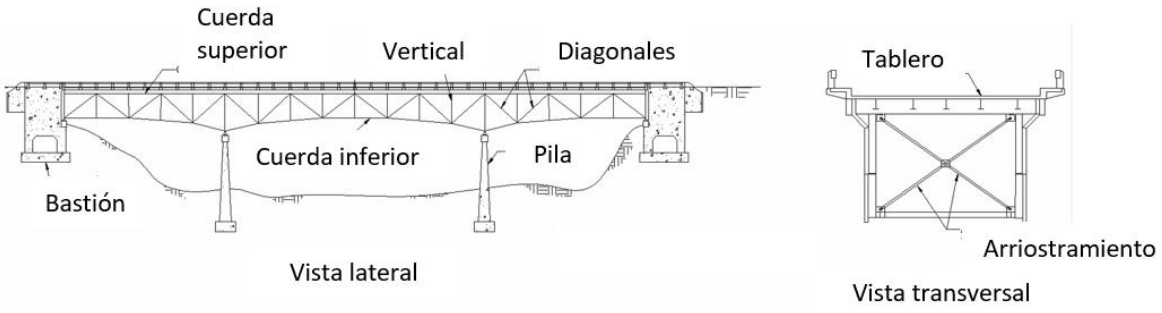


Figura G.41. Superestructura tipo cercha de paso superior.

Superestructura tipo atirantada – Consiste de un *tablero* suspendido de una o varias torres centrales por medio de *cable*s *atirantado*s inclinados y rectos que trabajan en *tensión*. A diferencia de los *puente*s colgantes, no requiere *anclaje*s externos porque estos se ubican en las mismas torres.

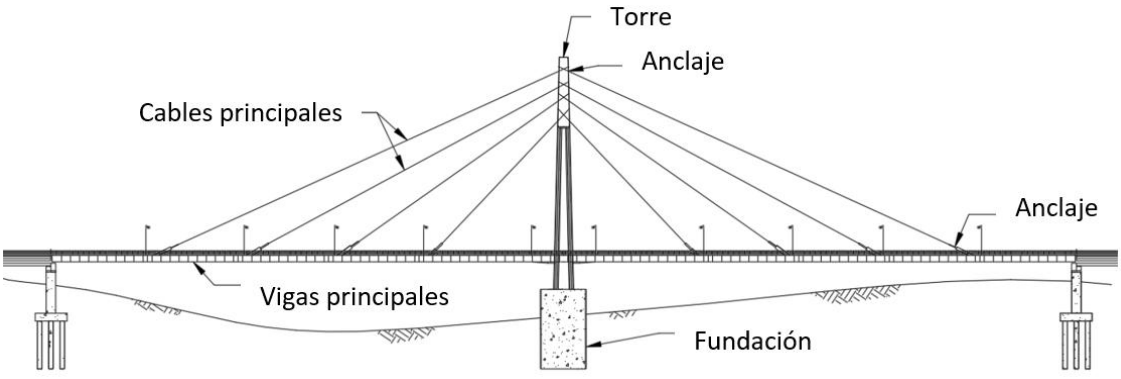


Figura G.42. Vista lateral de una superestructura de cable atirantado.

Superestructura tipo colgante – Consiste en un *tablero* suspendido mediante péndolas o tirantes, los cuales a su vez están unidos a los *cable*s principales que forman una curva catenaria entre las torres. Los *cable*s principales se anclan a bloques de concreto en ambos extremos del *puente*.

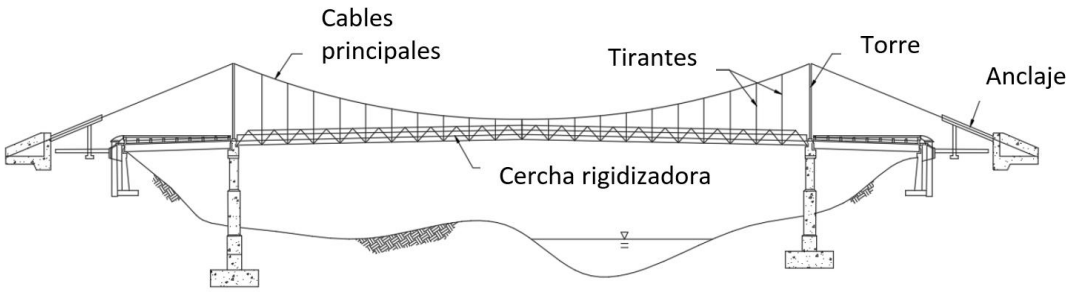


Figura G.43. Vista lateral de una superestructura tipo colgante.

Superestructura con detallado informal – Término empleado para referirse a superestructuras conformadas por troncos de madera y que carecen de un detallado formal, asimismo estructuras compuestas elementos como chasis de vehículos, rieles de ferrocarril u otro tipo de elemento que no responda a un diseño formal de un puente.

Surco – Hendidura o zanja que se forma en la *superficie de rodamiento* del *pavimento* originados por el paso continuo de los vehículos.

T

Tablero – Es el componente *estructura*l del *puente* sobre el cual circula la *carga* vehicular. Recibe las *carga*s de tránsito y las transfiere a los *elementos principales* de la *superestructura* (*vigas principales, vigas de piso, entre otros*) sobre los cuales se encuentra soportado.

Talud – Superficie inclinada respecto de la horizontal, adoptada permanentemente ya sea en su condición natural o como consecuencia de la ejecución de obras.

Tensión – Tipo de *fuerza* que tensa un elemento y provoca alargamiento en la dirección paralela a la aplicación de dicha *fuerza*.

Torsión – Tipo de fuerza que provoca rotación sobre el eje longitudinal de un elemento.

Tránsito promedio diario (TPD) – Se refiere a la cantidad promedio de vehículos que circulan por día en un tramo de carretera.

Tránsito – Personas, vehículos y/o animales que se desplazan por un *puente* o vía de uso público.

U

Usuario – Persona o entidad que utiliza los servicios o la infra*estructura* en un determinado lugar.

V

Vado – El vado es una *estructura* de roca o material endurecido para permitir el paso vehicular, construido a través de un cauce de quebradas de flujo estacional o de flujos de agua menores. A su vez, permiten el paso de agua, materiales y de otros elementos sobre la superficie de rodadura. En períodos en que el nivel de agua es más alto, el flujo pasa sobre la *estructura*.

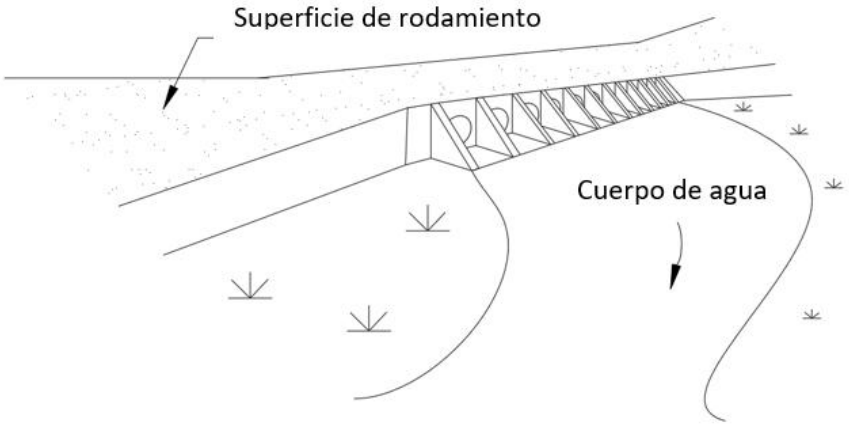


Figura G.44. Diagrama de un vado.

Vehículos pesados – Vehículo automotor diseñado y utilizado para el transporte de carga, cuyo peso máximo autorizado sea de al menos 8 toneladas (Decreto n°. 31363-MOPT o su versión vigente).

Viaducto – Ver definición de "*puente".*

Vida residual – Corresponde a la vida restante del *puente* en función de su vida útil de diseño, el estado de preservación de la *estructura* o de sus características funcionales (si se encuentra o no obsoleta).

Vida de servicio (vida útil) – La vida de servicio de una *estructura* se define como al periodo de uso estimado del *puente* a partir de la fecha en que se finaliza su construcción y puesta en operación, durante el cual la *estructura* y sus componentes deben cumplir con las exigencias mínimas planteadas en la etapa de diseño (en cuanto a resistencia mecánica y *estabilidad*, funcionalidad y aspectos estéticos). También, puede definirse como el periodo de tiempo que es esperado que transcurra antes de que la estructura alcance condiciones de servicio

inaceptables. Asimismo, se refiere al periodo de tiempo en donde un activo ha perdido su valor o ha llegado a una condición que prevalece y que se considera inaceptable (NCHRP, 2003).

Viga – Elemento estructural principal diseñado para soportar *carga*s aplicadas perpendicularmente a su eje.

Viga principal – Elemento presente en *superestructuras tipo viga* que recibe las cargas del *tablero* y del sistema de piso (*vigas transversales* y *vigas de piso*) y las transfiere hacia la *subestructura* a través de los *apoyos*.

Viga cajón – Elemento presente en *superestructuras tipo viga cajón* que recibe las cargas del *tablero* y las transfiere hacia la *subestructura* a través de los *apoyos*.

Vigas de piso – *Vigas* ubicadas longitudinalmente a línea de centro del puente en *superestructuras* con sistemas de piso. Las vigas de piso soportan el *tablero* y se apoyan sobre las *vigas transversales* de la *superestructura*.

Vigas transversales – Vigas ubicadas transversalmente a la línea de centro del puente en *superestructuras* con sistemas de piso. Las vigas transversales reciben las cargas de las *vigas de piso* y las transfieren a elementos principales como *vigas principales*, *cerchas* y *tirantes*.

Vulnerabilidad – Se refiere al comportamiento de la *estructura* según sus características de resistencia o fragilidad a los eventos extremos como *sismos* o eventos hidrometeorológicos extremos. Aspectos vulnerables de los *puente*s pueden deberse al tipo de construcción, diseños inadecuados u obsoletos, mala calidad de los *material*es o métodos constructivos, falta de mantenimiento, entre otros aspectos.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

GOBIERNO DE COSTA RICA

MP-2024

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES