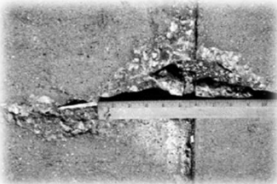


MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

*Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de
Costa Rica*

Guía para Profesionales

MAV-2016



República de Costa Rica

2016



Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica

MAV-2016

San José, Costa Rica
Mayo, 2016

PREFACIO

El Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica (MAV-2016), se presenta como respuesta a la carencia de una metodología nacional homogénea y sistematizada de los criterios de auscultación para el diagnóstico imparcial, objetivo y técnicamente sustentado en la evaluación de los pavimentos rígidos y flexibles de Costa Rica. De manera que, su aplicación facilitará tanto la planificación y prevención de riesgos en la administración de la recuperación y conservación de la red vial nacional.

Este manual contempla una metodología para definir unidades de muestreo (unidades de observación), para la recolección de información de los deterioros, a partir de los cuales se establecerán los tramos homogéneos para los diseños requeridos.

Además, se incorpora un catálogo que resume las fallas más frecuentes que se encuentran en las carreteras de nuestro país. En cada uno de los deterioros se incluye una descripción, posibles causas, niveles de severidad, medición, posibles acciones de intervención y un esquema representativo de la falla. También están incluidas fotografías de las fallas, para ayudar al evaluador a catalogar en campo los deterioros, esto como parte de las inspecciones viales.

De igual forma el catálogo de deterioros, se refiere a las potenciales causas enfocadas en el posible origen de la falla. Siempre será necesario hacer las investigaciones pertinentes de campo para establecer la causa definitiva del daño. En lo que se refiere a los niveles de severidad, existen distintas maneras de medirlos; sin embargo, se han adoptado los procedimientos más comúnmente utilizados en nuestro país. Las acciones de intervención definidas para cada deterioro, constituyen recomendaciones de posibles actividades de reparaciones puntuales dentro del ámbito de Conservación Vial, es decir, corresponden a reparaciones asociadas al nivel de severidad del deterioro específico que se trate. Estas recomendaciones de intervención no deberán considerarse como únicas soluciones técnicas, ya que ante todo, la Administración deberá considerar el análisis integral de los deterioros (causas, severidad y frecuencia) realizado para obtener el Índice de Condición (PCI), a partir del cual, deberá plantearse una solución integral a una posible combinación de deterioros en un área determinada.

Por último, se incorpora la metodología para definir el Índice de Condición Superficial (PCI por sus siglas en inglés), que permite evaluar y categorizar el estado de una carretera, basado en el deterioro superficial, su nivel de severidad y su magnitud.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	3
CONTENIDO DEL MANUAL	5
CAPÍTULO 1 DEFINICIÓN DE DETERIOROS EN LA CAPA DE RODAMIENTO.....	7
CAPÍTULO 2 UNIDADES DE MUESTREO (UM).....	9
2.1 DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO	9
2.2 LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO	9
2.2.1 Carreteras con capa de rodadura asfáltica (pavimentos flexibles)	9
2.2.2 Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto (pavimentos rígidos)	10
2.3 NÚMERO TOTAL DE UNIDADES DE MUESTRA (N)	10
2.4 NÚMERO MÍNIMO DE UNIDADES A EVALUAR (N).....	10
2.5 SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN	11
2.5.1 Intervalo de muestreo (i).....	11
2.5.2 El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo S y el intervalo de muestreo i.....	12
2.6 SELECCIÓN DE UNIDADES DE MUESTREO ADICIONALES	12
2.7 DIAGRAMA DE FLUJOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO	12
2.7.1 Pavimento Flexible.....	13
2.7.2 Pavimento Rígido.....	14
2.8 EJEMPLO DE CÁLCULO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE.....	15
2.9 EJEMPLO DE CÁLCULO PARA PAVIMENTO RÍGIDO.....	18
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS EN CAMPO.....	21
3.1 REGISTRO DE LA INFORMACIÓN	22
3.1.1 Hojas de Levantamiento de Deterioros	22
3.1.2 Procedimiento de Registro	26
3.2 EJEMPLO DE LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS.....	28
CAPÍTULO 4 CATÁLOGO DE DETERIOROS	30
PAVIMENTO FLEXIBLE	31
PAVIMENTO RÍGIDO.....	75
.....	111
CAPÍTULO 5 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN SUPERFICIAL (PCI)	112
4.1 CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO	112
4.1.1 Cálculo para Carreteras con Pavimento Flexible	112
4.1.2 Cálculo para Carreteras con Pavimento Rígido	119
4.2 CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DE PAVIMENTO	121
4.2.1 Cálculo del PCI para una sección (Todas las UM o UM aleatorias)	121
4.2.2 Cálculo del PCI si se levantaron Unidades de Muestra Adicionales.....	122
4.3 DIAGRAMAS RESUMEN	123
CAPÍTULO 6 EJEMPLOS GUIADOS	125
6.1 SELECCIÓN UNIDADES DE MUESTREO (UM)	125
6.2 LEVANTAMIENTO DE DATOS.....	127
6.2.1 Indicaciones e instrumentos	127
6.2.2 Levantamiento de datos.....	127
6.3 CÁLCULO PCI.....	131

6.4 PCI DE LA CARRETERA.....	135
6.5 OTRAS CONSIDERACIONES.....	137
REFERENCIAS.....	139
APÉNDICES	140
APÉNDICE 1	A
APÉNDICE 2	D
APÉNDICE 3	A
APÉNDICE 4	D

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Intervalo de muestreo.....	12
Figura 2.2 Diagrama de Flujo para la determinación de las Unidades de Muestreo (UM) para pavimento flexible	13
Figura 2.3 Diagrama de Flujo para la determinación de las Unidades de Muestreo (UM) para pavimento rígido	14
Figura 2.4 Ejemplo UM(a)- Diagrama de Unidades de Muestreo a inspeccionar	16
Figura 2.5 Ejemplo UM(b)- Esquema de la Partición de la Carretera	17
Figura 2.6 Ejemplo UM(c)- Esquema para el cálculo de la longitud de UM en pavimento rígido.....	19
Figura 3.1 Hoja para la auscultación de pavimento flexible (asfalto)	24
Figura 3.2 Hoja para la auscultación de pavimento flexible (asfalto), Continuación	24
Figura 3.3 Hoja para la auscultación de pavimento rígido (concreto)	25
Figura 3.4 Hoja para la auscultación de pavimento rígido (concreto), Continuación	26
Figura 3.5 Representación de las unidades de muestreo.	26
Figura 3.6 Ejemplo: Registro de Información General	28
Figura 3.7 Ejemplo: Registro de la Hoja de Levantamiento de Deterioros en pavimento flexible	28
Figura 3.8 Ejemplo: Registro del Esquema.....	29
Figura 3.9 Ejemplo: Registro de los Casos Especiales	29
Figura 3.10 Ejemplo: Registro de las Observaciones.....	29
Figura 4.1 Medida correcta de los anchos de grieta	32
Figura 4.2 Medida correcta de los deterioros en metros lineales	32
Figura 4.3 Medida correcta de los deterioros en metros cuadrados.....	33
Figura 4.4 Esquema Cuero de Lagarto– Pavimento Flexible	37
Figura 4.5 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Cuero de Lagarto	37
Figura 4.6 Esquema Grieta Longitudinal y Transversal – Pavimento Flexible	39
Figura 4.7 Imágenes de los niveles de severidad asociados a las Grietas Longitudinales y Transversales	40
Figura 4.8 Agrietamiento por Reflejo de Juntas – Pavimento Flexible	42
Figura 4.9 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Agrietamiento por Reflejo de Juntas	42
Figura 4.10 Esquema Grietas en Bloque – Pavimento Flexible	44
Figura 4.11 Imágenes de los niveles de severidad asociados a las Grietas en Bloque	44
Figura 4.12 Esquema Grietas de Borde– Pavimento Flexible	46
Figura 4.13 Imágenes de los niveles de severidad asociados a las Grietas de Borde	46
48	
Figura 4.14 Esquema Grietas en Arco – Pavimento Flexible	48
Figura 4.15 Imágenes de los niveles de severidad asociados a las Grietas en Arco	48
Figura 4.16 Esquema Roderas/Ahuellamiento– Pavimento	50
Figura 4.17 Imágenes de los niveles de severidad asociados a las Roderas	50
Figura 4.18 Esquema Abultamientos y Hundimientos– Pavimento Flexible.....	52
Figura 4.19 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Abultamientos y Hundimientos.....	52
Figura 4.20 Esquema Corrugación– Pavimento Flexible	54
Figura 4.21 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Corrugación	54
Figura 4.22 Esquema Depresiones– Pavimento Flexible.....	56
Figura 4.23 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Depresiones.....	56
Figura 4.24 Esquema Hinchamiento– Pavimento Flexible	58
Figura 4.25 Imagen del nivel de severidad alto asociados a Hinchamiento	58
Figura 4.26 Esquema Corrimiento– Pavimento Flexible	60
Figura 4.27 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Corrimiento	60
Figura 4.28 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Exudación	62
Figura 4.29 Imágenes asociadas a Pulimento	63
Figura 4.30 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Desprendimiento de Agregados.....	64

Figura 4.31 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Desgaste Superficial	66
Figura 4.32 Esquema Escalonamiento entre la Calzada y el Espaldón- Pavimento Flexible	68
Figura 4.33 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Escalonamiento Calzada-Espaldón	68
Figura 4.34 Esquema Baches– Pavimento Flexible	70
Figura 4.35 Imágenes de los niveles de severidad asociados a los Baches	70
Figura 4.36 Esquema Huecos– Pavimento Flexible	72
Figura 4.37 Imágenes de los niveles de severidad asociados a los Huecos	72
Figura 4.38 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Cruce de Línea Férrea	73
Figura 4.39 Caso especial, Alcantarillas Desniveladas	74
Figura 4.40 Medida correcta de los anchos de Grieta y Fractura	76
Figura 4.41 Esquema Grieta Longitudinal- Pavimento Rígido	79
Figura 4.42 Esquema Grieta Transversal- Pavimento Rígido	79
Figura 4.43 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Agrietamiento Lineal	80
Figura 4.44 Esquema Grieta de Esquina- Pavimento Rígido	82
Figura 4.45 Imágenes de los niveles de severidad asociados a la Grieta de Esquina	82
Figura 4.46 Imagen asociada a la Grieta por Contracción	83
Figura 4.47 Esquema Grieta de Malla- Pavimento Rígido	84
Figura 4.48 Imágenes de los niveles de severidad asociados a la Grieta de Malla	85
Figura 4.49 Esquema Losa Dividida- Pavimento Rígido	86
Figura 4.50 Imágenes de los niveles de severidad asociados a la Losa Dividida	87
Figura 4.51 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Daño en el Sello de Junta	89
Figura 4.52 Imágenes de los niveles de severidad asociados a la Fractura de Esquina	91
Figura 4.53 Esquema Fractura de Junta - Pavimento Rígido	93
Figura 4.54 Imágenes de los niveles de severidad asociados a la Fractura de Junta	93
Figura 4.55 Imagen asociada a Pulimiento de Agregados	94
Figura 4.56 Esquema Desprendimiento de Agregados- Pavimento Rígido	95
Figura 4.57 Imagen asociada a Desprendimiento de Agregados	96
Figura 4.58 Esquema Voladuras - Pavimento Rígido	98
Figura 4.59 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Voladura	98
Figura 4.60 Esquema Escalonamiento entre Calzada y Juntas- Pavimento Rígido	100
Figura 4.61 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Escalonamiento entre Calzada y Juntas	100
Figura 4.62 Esquema Escalonamiento entre Calzada y Espaldón - Pavimento Rígido	102
Figura 4.63 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Escalonamiento entre Calzada y Espaldón	102
Figura 4.64 Imagen asociada a Bombeo	103
Figura 4.65 Esquema Punzonamiento (Punchout) - Pavimento Rígido	105
Figura 4.66 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Punzonamiento (Punchout)	105
Figura 4.67 Esquema Baches mayores a 0,5 m ² - Pavimento Rígido Continuo	106
Figura 4.68 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Baches mayores a 0,5 m ²	107
Figura 4.69 Esquema Baches menores a 0,5 m ² - Pavimento Rígido Continuo	108
Figura 4.70 Imágenes del nivel de severidad alta asociado a Baches menores a 0,5 m ²	109
Figura 4.71 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Cruce de Línea Férrea	110
Figura 4.72 Caso Especial, Huecos en Pavimento Rígido.	111
Figura 5.1 Rango de Calificaciones PCI	112
Figura 5.2 Gráfica para el Cálculo de los Valores Deducidos del Deterioro Cuero de Lagarto-Asfalto	114
Figura 5.3 Gráfica para el Cálculo de los Valores Deducidos del Deterioro Huecos-Asfalto	114
Figura 5.4 Gráfica para el Cálculo de los Valores Deducidos del Deterioro Baches-Asfalto	115
Figura 5.5 Gráfica para el Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos	116
Figura 5.6 Gráfica para el Cálculo del VDC (Pav. Flexible)	117
Figura 5.7 Ejemplo: Cálculo del VDC	118
Figura 5.8 Gráfica para el Cálculo del VDC (Pav. Rígido)	121
Figura 5.9 Diagrama resumen para el cálculo del PCI de una UM	123

Figura 5.10 Diagrama resumen para el cálculo del PCI de una sección (ruta) de pavimento	124
Figura 6.1 Esquema de unidades de muestreo a evaluar	127
Figura 6.2 Ancho de calzada de la ruta	128
Figura 6.3 Unidades de muestreo	129
Figura 6.4 Hoja levantamiento datos	130
Figura 6.5 Esquema de los deterioros encontrados.....	131
Figura 6.6 Gráficos de Valores Deducidos.....	133
Figura 6.7. Gráfica para el Cálculo del MVDC (Pav. Flexible)	134
Figura 6.8 Procedimiento para carreteras anchas	138
Figura 6.9 Unidades de muestreo, carreteras anchas (>10m)	138
Figura A.1. Equiparación de escalas métodos PCI y VIZIR	C

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Longitud de las Unidades de Muestreo en pavimentos flexibles	10
Tabla 5.1 Orden de los Datos Obtenidos en el Levantamiento de Campo (Pav. Flexible)	113
Tabla 5.2 Procesar los Datos Obtenidos en Campo para la UM.....	113
Tabla 5.3 Procesar los Datos Obtenidos en Campo para una UM, continuación	115
Tabla 5.4. Procesar los Datos Obtenidos en Campo para una UM, continuación.	116
Tabla 5.5 Más valores deducidos que el valor de m	117
Tabla 5.6 Procesar los Datos Obtenidos en Campo para una UM (continuación)	118
Tabla 5.7 Orden de los Datos Obtenidos en el Levantamiento de Campo (Pav. Rígido)	120
Tabla 6.1 Selección de la longitud de la UM	125
Tabla 6.2 Datos básicos para el levantamiento en campo.....	128
Tabla 6.3 Datos obtenidos de una unidad de muestra	132
Tabla 6.4 Datos obtenidos de una unidad de muestra	132
Tabla 6.5 Proceso Iterativo para obtener el MVDC.....	135
Tabla 6.6 Datos obtenidos del cálculo de PCI para Unidades de Muestra de una ruta	137

INTRODUCCIÓN

Las vías tienen una función esencial en la actualidad y es el de facilitar el transporte tanto de personas como bienes con total comodidad y seguridad, haciendo necesaria la provisión de una red que satisfaga estas necesidades. En la actualidad es importante ofrecer una Red Vial Nacional que satisfaga las necesidades reales del país en cuanto al desarrollo económico-social y en cuanto a las necesidades de los usuarios que buscan confort, seguridad, así como ahorro en tiempo de viaje y en costos de operación de los vehículos, llevando consigo un beneficio considerable al país.

Debido a la falta de recursos económicos del país para las carreteras y los altos costos de construcción de éstas, es necesario pensar en el mantenimiento y mejoramiento de las vías existentes, por lo que resulta necesario crear una cultura en cuanto a mantenimiento y rehabilitación de la red vial para brindar un buen funcionamiento y comodidad a los usuarios de las vías, quienes finalmente son los beneficiarios de este servicio.

Teniendo en cuenta el desarrollo económico del país, con el paso de los años se ha incrementado el número de personas o de carga que se mueven por las carreteras, haciendo necesario brindar un viaje cómodo y seguro a los usuarios, lo que conlleva al mejoramiento de las vías, como consecuencia surge la necesidad de implementar y aplicar metodologías que evalúen el estado del pavimento para la definición de las intervenciones.

No obstante lo anterior, la mayoría de las decisiones de intervención en los proyectos de conservación vial en nuestro medio, se han tomado fundamentadas, principalmente en el criterio técnico de los ingenieros profesionales a cargo de la gestión vial, de ahí la importancia de brindar herramientas de gestión que unifiquen los criterios y que permitan la toma de decisiones adecuadas para la intervención de la red vial tanto a nivel de red como de proyecto, y que tengan el mismo grado de sustento técnico, acordes y compatibles con las políticas de intervención y los diagnósticos realizados por el MOPT.

De esta forma, con la aplicación de este manual se podrán sentar algunas de las bases necesarias para la formulación de un sistema de administración de pavimentos y mantener un registro histórico de los deterioros y de las obras realizadas por medio de índices que sean comparables en el tiempo y con otras rutas de nuestra red vial.

Objetivo del Manual

Las nuevas tendencias mundiales en el campo de las evaluaciones recomiendan metodologías de auscultación con un mayor nivel de detalle y que permitan una evaluación más precisa facilitando la toma de decisiones de intervención a nivel de proyecto. Por lo tanto el objetivo de este manual es brindar una herramienta que permita homogenizar y sistematizar los criterios de auscultación, a nivel de red y de proyecto, para desarrollar un diagnóstico imparcial, objetivo y técnicamente sustentado de la evaluación del estado de los pavimentos flexibles y rígidos de Costa Rica.

De igual forma, con el cumplimiento de este objetivo, se pretende obtener un registro histórico del desempeño de las vías a partir de la evolución y atención de las intervenciones, en función de

evaluaciones periódicas donde se registren: tipo de deterioro, magnitud y severidad, localización y tramos más afectados.

Alcance

Este manual brinda procedimientos aplicables en pavimentos compuestos por capas de ruedo flexibles (concreto asfáltico) y rígidas (concreto hidráulico) de carreteras primarias, secundarias o terciarias, tanto en la Red Vial Nacional como en la Red Vial Cantonal. Toda evaluación de un pavimento debe considerar un análisis detallado de su condición superficial, donde se evalúa su capacidad estructural y funcional, así como de todos los elementos periféricos que la componen, tales como drenajes, elementos de seguridad vial, cortes, rellenos, taludes y en términos generales, todos aquellos elementos que se encuentren dentro del derecho de vía y que interactúen para brindar un determinado nivel de servicio al usuario. Las herramientas descritas en este manual pueden considerarse como parte de este análisis integral, enfocado específicamente en el diagnóstico a partir de la condición superficial del pavimento.

Las posibles acciones de intervención no deberán considerarse como únicas soluciones técnicas, ya que ante todo, la Administración deberá considerar el análisis integral de los deterioros (causas, severidad y frecuencia) realizado para obtener el Índice de Condición (PCI), a partir del cual, deberá plantearse una solución integral a una posible combinación de deterioros en un área determinada. Esta combinación de deterioros podría implicar una intervención asociada a mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción, o construcción nueva. En todo caso la solución técnica o intervención recomendada se basará en los respectivos estudios y diseños técnico-económicos, suficientes y pertinentes que deberán ser ejecutados por un profesional responsable.

TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Auscultar: Conjunto de procedimientos (medidas, tratamiento de las lecturas, análisis e interpretación) cuyo objeto es medir, con la mayor precisión posible, los diversos deterioros superficiales de pavimentos.

Estructura de Pavimento: Parte superior de la carretera, aeropuerto o área de parqueo. Incluye todas las capas que descansan sobre el suelo original y consiste de todos los elementos estructurales o capas, incluyendo los espaldones.

Estructura de Pavimento Flexible: Pavimentos de Concreto Asfáltico (AC) (mezcla de asfalto y material granular). Este pavimento está constituido por una carpeta de mezcla asfáltica apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. Debido a la alta flexibilidad de la carpeta asfáltica (capacidad de gran deformación sin rotura bajo la acción de una carga), el peso del vehículo que transita sobre la superficie es prácticamente una carga concentrada, cuyo efecto se disminuye a través del espesor de las capas subyacentes, hasta llegar distribuido y atenuado a la subrasante.

Estructura de Pavimento Rígido: Pavimentos de Concreto Hidráulico (mezcla de cemento, agua, y material granular). Fundamentalmente está constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyado sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

LanammeUCR: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica, que bajo lo estipulado en la Ley 8114 artículo 6 inciso e, tiene como función la creación de un Manual de Especificaciones integral.

MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica.

Muestra al azar: Unidad de muestra de la sección de pavimento, seleccionada para la inspección mediante técnicas de muestreo aleatorio.

Muestra adicional: Es una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las unidades de muestra seleccionadas al azar con el fin de incluir unidades de muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento. Deben ser consideradas como muestras adicionales aquellas muestras muy pobres o excelentes que no son típicas en la sección ni entre las unidades de muestra, que contienen deterioros poco comunes.

Odómetro: Es un instrumento de medición que calcula la distancia total o parcial recorrida por un cuerpo en la unidad de longitud en la cual ha sido configurado (metros, millas).

PCI: Índice de Condición Superficial que por sus siglas en inglés se entiende por PCI (norma ASTM D6433). Este índice varía de 0-100, donde 0 es la peor condición y 100 la mejor. El método PCI (Pavement Condition Index) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

Unidad de Muestreo: Segmentos en los que se divide toda la sección de carretera que se desea auscultar para hallar su valor de PCI. Es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar que varía de $225 \pm 90 \text{ m}^2$.

Valores Deducidos: Rango de valores de 1-100 que castigan un tipo de deterioro superficial de acuerdo con su severidad y cantidad (medida). Estos valores se obtienen de las gráficas de la norma ASTM D6433, creadas para el cálculo del PCI (Apéndice 4).

VIZIR: Método con ayuda de computador para la estimación de necesidades en el mantenimiento de una red de carretera, que al igual que el PCI da un índice de condición superficial del pavimento.

CONTENIDO DEL MANUAL

Este manual se divide en siete capítulos principales y utiliza como base la norma *ASTM D6433 Práctica Estándar para la determinación del Índice de Condición de Carreteras y Estacionamientos*.

El primero de ellos define cuáles serán los deterioros que se utilizarán durante todo el documento como base para el análisis de la condición superficial del pavimento.

El segundo capítulo define las unidades de muestreo, que permitan unificar la distancia para la recolección de información de los deterioros, estas unidades dependerán principalmente de la longitud del proyecto a evaluar.

El tercer capítulo define pautas aplicables en las evaluaciones "in situ" útiles para recopilar toda la información referente a los deterioros, tipo, severidad y área de afectación. Para realizar adecuadamente esta tarea se incluyen en este manual a modo de ejemplo, algunas hojas de levantamiento de deterioros, que permiten llevar un registro ordenado de la información recolectada.

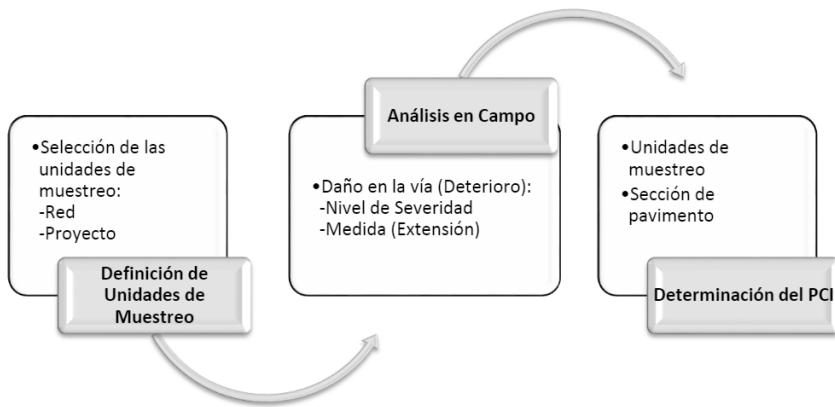
El cuarto capítulo, contiene un catálogo de deterioros que muestra todos los deterioros que deberán ser considerados y cómo analizar su extensión y severidad de acuerdo con la norma ASTM D6433, además se complementa este catálogo con algunos otros criterios de severidad no subjetivos que los establecidos en la norma para algunos deterioros, con el fin de facilitar y estandarizar el levantamiento en el campo; dichos criterios fueron tomados de otros manuales de auscultación los cuales se especifican para cada caso en particular. También se incluye en este capítulo posibles acciones de intervención para cada deterioro, analizado de una manera puntual.

El quinto capítulo explica cómo calcular el **Índice de Condición del Pavimento (PCI)**, por sus siglas en inglés), con fundamento en la metodología descrita en la norma ASTM D6433. El cálculo del PCI se basa en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada deterioro presente. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima u otros factores que generen dichos daños.

En el sexto capítulo se desarrollan algunos ejemplos sobre el cálculo de unidades de muestra, levantamiento en campo, cálculo del PCI, entre otros.

Finalmente en el Apéndice 1 se brinda la posibilidad de realizar una equiparación de los resultados con el método realizado por Paul Autret y Jean-Louise Brousse, "*Método con ayuda de computador para la estimación de necesidades en el mantenimiento de una red de carretera*", conocido como VIZIR (1972), que ha sido utilizado por el departamento de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes en evaluaciones a nivel de red.

El procedimiento para la evaluación del pavimento utilizando la metodología del PCI, se resume en el siguiente esquema:



Capítulo 1 DEFINICIÓN DE DETERIOROS EN LA CAPA DE RODAMIENTO

Los deterioros que se presentan en una estructura de pavimento disminuyen el confort percibido por el usuario y la vida útil de la estructura del pavimento, estos surgen por las condiciones ambientales y de tránsito durante un periodo de servicio, o por, deficiencia en la calidad de los materiales y/o defectos constructivos que pueden afectar negativamente su desempeño y en consecuencia generar deterioros prematuros.

La evaluación visual de un pavimento brinda información sobre la condición de la estructura y puede ayudar a indicar las posibles causas de los deterioros mostrados. La realización periódica de evaluaciones visuales de un pavimento, es una herramienta fundamental en el proceso de evaluación del desempeño y pronóstico de vida útil de un pavimento.

Existen múltiples catálogos de daños que presentan metodologías para establecer un diagnóstico sobre la patología de los pavimentos; algunos aplican un sistema de calificación cuantitativa que permite establecer índices de deterioro del pavimento. Al establecer un ordenamiento y definición de los tipos de daños, así como la identificación de su causa y origen, permite orientar las labores de corrección a través de actividades de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, según sea el caso.

En el presente manual los deterioros se agrupan de acuerdo con la siguiente clasificación según el tipo de pavimento en cuestión. En el cuarto capítulo se define cada tipo de deterioro con mayor detalle.

Deterioros en el pavimento flexible

Grietas

- Cuero de lagarto/Grietas por fatiga
- Grieta longitudinal y transversal
- Agrietamiento por reflejo de juntas
- Grietas en bloque
- Grietas de borde
- Grietas en arco

Textura superficial

- Exudación
- Pulimiento de agregados
- Desprendimiento de agregados
- Desgaste superficial

Deformaciones

- Roderas/Ahuellamiento
- Abultamientos y Hundimientos
- Corrugación
- Depresión
- Corrimiento / Desplazamiento
- Hinchamiento

Misceláneos

- Escalonamiento entre la calzada y el espaldón
- Baches
- Huecos
- Cruce de línea férrea

Deterioros en el pavimento rígido

Grietas

- Agrietamiento lineal (longitudinal, transversal y diagonal)
- Grietas de esquina
- Grietas por contracción
- Grietas en malla o resquebrajadura
- Losa dividida

Deterioro superficial

- Pulimiento de agregados
- Desprendimiento de Agregados

Juntas

- Daño en el sello de junta
- Fracturas de esquina
- Fracturas de junta

Misceláneos

- Voladura (Blow up)
- Escalonamiento entre calzada y juntas
- Escalonamiento entre calzada y espaldón
- Bombeo
- Punzonamiento (Punchout)
- Baches
- Cruce de línea férrea

Capítulo 2 UNIDADES DE MUESTREO (UM)

2.1 Definición de las Unidades de Muestreo

El primer paso en la determinación de la condición superficial de una carretera consiste en la selección de las unidades de muestreo, las cuales se definen como fracciones de carretera, designadas con el propósito de inspeccionar el pavimento, mismas que dependen de varios factores:

1. Tipo de Evaluación

- Evaluación a Nivel de Red: Idealmente se debería inspeccionar la totalidad de las unidades de muestra, sin embargo, si se desea debido a la gran cantidad de rutas a nivel de red y la imposibilidad de evaluar cada ruta en su totalidad, cuya inspección demandaría tiempo y recursos considerables; se recomienda evaluar la ruta aplicando un proceso de muestreo, tal y como se desarrolla en el Apartado 2.4., el cual permitiría establecer el PCI de la ruta sin la necesidad de evaluar todas las unidades.
- Evaluación a Nivel de Proyecto: para un proyecto específico se recomienda la inspección de todas las unidades de muestreo (toda la ruta).

2. Tipo de Pavimento

El área de la unidad de muestreo dependerá del tipo de superficie de rodadura: pavimento flexible o rígido. Ver Apartado 2.2.

3. Características de la sección de carretera

Se considerará un tramo que posea una construcción uniforme en toda el área, es decir un pavimento construido en un mismo período, con los mismos equipos, con un espesor de capas determinado a lo largo de una sección de carretera, además deberá poseer el mismo: tipo de superficie, Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) e intensidad de carga.

2.2 Longitud de la Unidad de Muestreo

La longitud de la unidad de muestreo (UM) dependerá del ancho de calzada en el caso de pavimentos flexibles y del tamaño de losa en pavimentos rígidos. El rango de valores que se definen a continuación para determinar la longitud de las unidades de muestra, es necesario, pues la metodología del PCI establece estos valores en sus curvas de deterioro para el cálculo de los “*Valores Deducidos*”.

2.2.1 Carreteras con capa de rodadura asfáltica (pavimentos flexibles)

El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango de $225.0 \pm 90.0\text{m}^2$ (entre 135 y 315 m^2). Al respecto en el Tabla 2.1 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada, que satisfacen dicha área.

Tabla 2.1 Longitud de las Unidades de Muestreo en pavimentos flexibles

Ancho de Calzada (m)	Longitud de UM (m)
3,5 – 6,5	47
4,0– 7,5	42
4,5 – 8,5	38
5,0– 9,0	35
5,5 - 10 máx.	31

Como se nota en la Tabla anterior, las rutas pueden presentar diferentes anchos de calzada para una misma longitud de UM; queda a criterio del usuario seleccionar la longitud de UM a utilizar, sin embargo se recomienda utilizar la **menor longitud de UM posible**.

Si el ancho de calzada promedio de un tramo determinado de una ruta es mayor que los valores mostrados en la Tabla 2.1 anterior, deberá dividirse en dos, para que se cumpla con un área de $225 \pm 90.0 \text{ m}^2$ y la longitud mínima de 31m, en cuyo caso, será necesario realizar dos análisis independientes, para estas áreas paralelas. (Ver Apartado 2.8 Ejemplo b)

2.2.2 Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto (pavimentos rígidos)

El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango de 20 ± 8 losas. En el caso en que la separación de las juntas sea mayor a los 8m deberán subdividirse en losas imaginarias con longitudes iguales o menores a 8m.

2.3 Número Total de Unidades de Muestra (N)

Para calcular el número total de UM presentes en la sección de carretera a evaluar, se debe resolver la siguiente ecuación:

$$N = \frac{\text{Long. Proyecto}}{\text{Long. UM}} \quad (\text{Ecu. 2.1})$$

Dónde:

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento

Long. Proyecto: La longitud total del proyecto a evaluar (m)

Long. UM: La longitud de la unidad de muestra seleccionada en el Apartado 2.2 (m)

2.4 Número Mínimo de Unidades a Evaluar (n)

Lo ideal sería evaluar toda la red, sin embargo en los casos en que no se pueda porque representa una gran cantidad de UM, se recomienda seleccionar un número mínimo de unidades de muestreo. Para ello se debe aplicar la Ecuación 2.2, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} \quad (\text{Ecu. 2.2})$$

Dónde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento (Ecu. 2.1).

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (*e* = 5%). (Este valor debe ser anotado en la ecuación como 5 y no como 5%)

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar σ , del PCI de 10 para pavimento flexible y de 15 para pavimento rígido. En inspecciones subsiguientes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse, para asegurar el 95% de confiabilidad en los datos. Para estimar el valor real de la desviación estándar se utilizará la siguiente ecuación:

$$\sigma = \left(\frac{\sum_{i=1}^m (PCI_i - PCI_s)^2}{m-1} \right)^{1/2} \quad (\text{Ecu. 2.3})$$

Dónde:

PCI_i : Valor del PCI de las unidades de muestra i . m : Número total de unidades de muestra medidas.

PCI_s : Valor de PCI de la sección.

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

En el Capítulo 5 se explicará detenidamente cómo calcular los valores de PCI necesarios para resolver la Ecuación 2.3. A partir de la desviación estándar obtenida se recalculará el número mínimo de unidades a evaluar (Ecuación 2.2), si éste es mayor que el número evaluado en campo inicialmente " n ", se deberán seleccionar unidades adicionales (Ver Sección 2.6) para cumplir con este nuevo " n " y asegurar el 95% de confiabilidad.

2.5 Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección

Se deben considerar las siguientes situaciones:

- Si $n < 5$, se deberán evaluar todas las unidades,
- Si $N > 100$, se deberán crear x cantidad de tramos con valores de $N \leq 100$, en donde, para cada tramo se asignará un N_1, N_2, \dots, N_x . Además, para cada tramo se deberá calcular el número mínimo de unidades a evaluar, n_1, n_2, \dots, n_x , según la ecuación 2.2, para una muestra mínima total de $n_i = n_1 + n_2 + \dots + n_x$ (Ver apartado 2.8 Ejemplo b). Quedará a criterio del profesional responsable de este cálculo el dividir en 2, 3, 4, entre otras. partes el N (De acuerdo con el valor obtenido del mismo, el cual puede ser muy grande si es una ruta con una gran extensión en kilómetros). Ejemplo, si se contara con 120 UM se puede considerar evaluar 60 y 60, o 70 y 50, o bien en tres grupos de 40, entre otros.

Se recomienda que las unidades elegidas para inspección estén igualmente espaciadas a lo largo del proyecto o tramo del pavimento y que la primera de ellas se elija al azar, de acuerdo con el concepto de aleatoriedad sistemática, tal y como se muestra continuación.

2.5.1 Intervalo de muestreo (i)

El intervalo de muestreo, calcula el número de UM que indica la separación que debe existir entre las unidades que se van a inspeccionar y las que no. Su valor se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N}{n} \quad (\text{Ecu. 2.4})$$

Dónde:

N : Número total de unidades de muestreo de la sección del pavimento.

n : Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

i : Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo: 3,7 se redondea a 3)

Si por ejemplo el valor de $i=3$, de un total de $n= 15$ muestras, podemos tener la siguiente secuencia de muestras a inspeccionar:

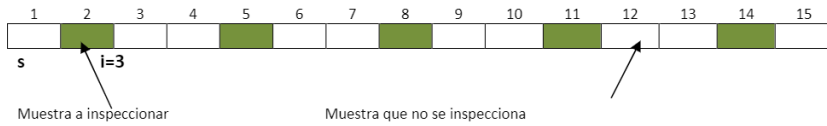


Figura 2.1 Intervalo de muestreo

2.5.2 El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo S y el intervalo de muestreo i .

Considerando la Figura 2.1, donde $i = 3$, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede ser 1, 2 o 3 y se denominará S . Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S) , $(S + i)$, $(S + 2i)$, entre otras.

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, y 14. Se detiene el proceso al alcanzar la cantidad de unidades mínimas a evaluar “ n ” (Ecuación 2.2).

En caso de que se requieran cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

2.6 Selección de Unidades de Muestreo Adicionales

Suele suceder que con la aplicación del método aleatorio se excluyan del proceso de inspección y evaluación, algunas unidades de muestreo en muy mal estado. De igual forma, puede ocurrir que unidades de muestreo que tienen condiciones que sólo se presentan una vez (por ejemplo, “cruce de línea férrea”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Con el fin de evitar dichas situaciones, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. En estos casos, cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, se deberá modificar ligeramente el cálculo del PCI para prevenir que tales condiciones inusuales se extrapolen en toda la sección (Esto se detalla más a fondo en el Capítulo 5).

2.7 Diagrama de flujos para la determinación de las unidades de muestreo

Todo el procedimiento anterior, se muestra en los siguientes diagramas de flujo, tanto para el caso de un pavimento flexible (carpeta asfáltica), como de uno rígido (losa de concreto).

2.7.1 Pavimento Flexible

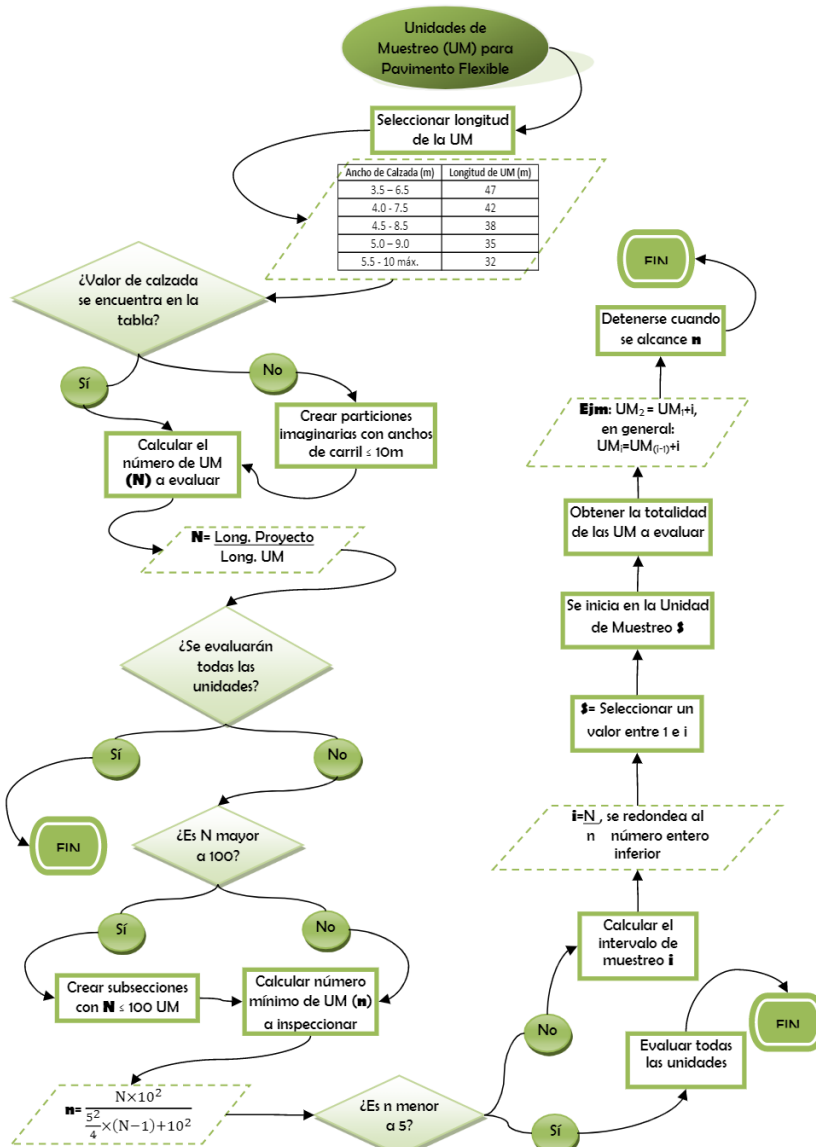


Figura 2.2 Diagrama de Flujo para la determinación de las Unidades de Muestreo (UM) para pavimento flexible

2.7.2 Pavimento Rígido

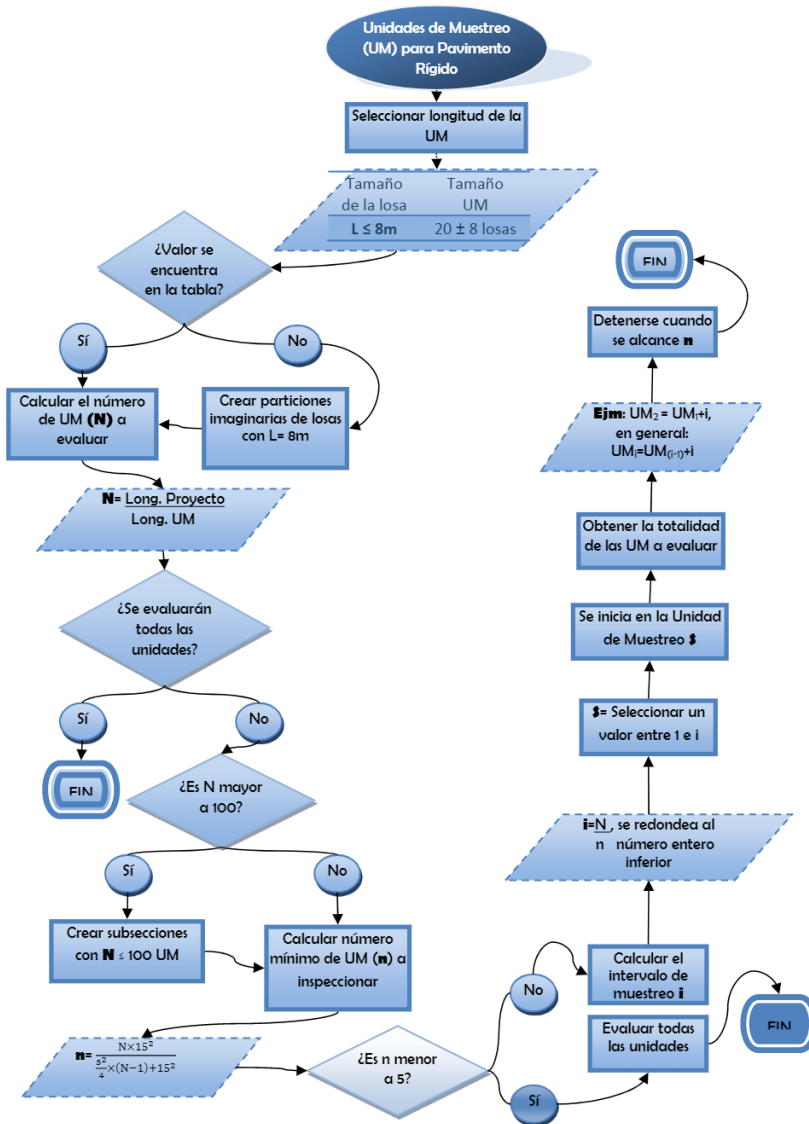


Figura 2.3 Diagrama de Flujo para la determinación de las Unidades de Muestreo (UM) para pavimento rígido

2.8 Ejemplo de Cálculo para Pavimento Flexible

EJEMPLO a)

Para este ejemplo se analizará una sección que cuenta con las siguientes características:

- Longitud de 1,9km.
- Ancho de calzada de 7,3m.
- Pavimento flexible.

1. **Número unidades de muestreo.** Inicialmente es necesario seleccionar la longitud que tendrá la unidad de muestra, de acuerdo con la Tabla 2.1; al ser el ancho de la calzada de 7,3m se encuentra en varios rangos. Como se mencionó en el apartado 2.2.1 se recomienda utilizar la longitud de UM menor asociada a esos rangos, la cual en este caso es de 31m.

Como se muestra en el diagrama de la Figura 2.2 el primer cálculo a realizar es el número total de Unidades de Muestra (N):

$$N = \frac{1900 \text{ m}}{31 \text{ m}} = 61,3$$

2. **Número mínimo de unidades de muestreo.** Continuando con el flujo del diagrama, el segundo cálculo consiste en el número mínimo (n) de unidades a muestrear:

$$n = \frac{61,3 \times 10^2}{\frac{52}{4} \times (61,3 - 1) + 10^2} = \frac{6130}{476,8} = 12,85 \approx 13$$

3. **Intervalo de muestreo.** Seguidamente es necesario calcular el intervalo de muestreo (i):

$$i = \frac{61,3}{13} = 4,7 \approx 4 \text{ (siempre se debe redondear al número entero inferior)}$$

4. **Selección unidades de muestreo.** Seleccionar un valor entre 1 e i (i=4), que se conocerá como S, en este caso será igual a 2 (S pudo ser igual a 1, 2, 3, 4). Para obtener la totalidad de UM a inspeccionar se realiza el siguiente cálculo:

$$UM_1 = S \Rightarrow UM_1 = 2 \text{ (La unidad inicial puede ser la 1 o la 2)}$$

$$UM_2 = UM_1 + i \Rightarrow 2 + 4 = 6$$

$$UM_3 = UM_2 + i \Rightarrow 6 + 4 = 10 \dots$$

$$UM_i = UM_{(i-1)} + i$$

Deteniendo el proceso cuando se alcance N (N=64,5), en esta caso se considera la UM 2 como la unidad inicial y se determinan las siguientes unidades de muestra: 2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54 y 58. Si se contabiliza una unidad más se llegaría a la UM=62, la cual es mayor que N=61,3, por lo tanto se detiene el proceso en la UM anterior (UM=58). Se obtienen 15 unidades de muestra lo que cumple con n=13 (número mínimo de unidades a inspeccionar), pues 15 > n. Observando la siguiente Figura 2.4 se obtendrá una idea general de cuáles serían las unidades a inspeccionar:

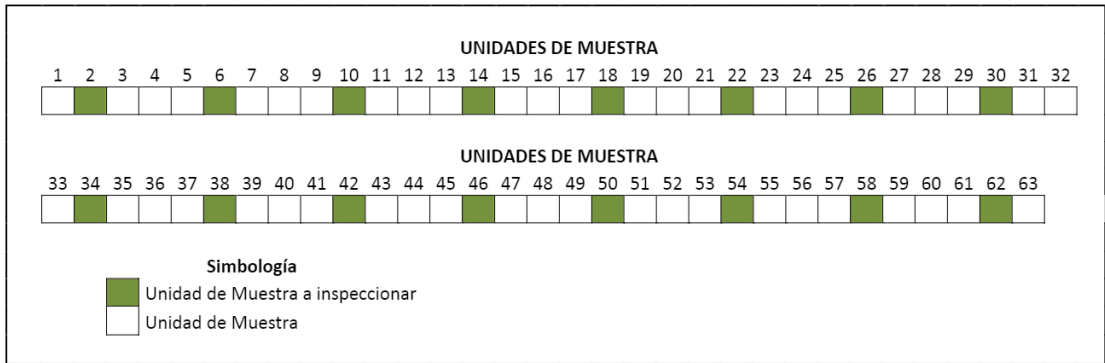


Figura 2.4 Ejemplo UM(a)- Diagrama de Unidades de Muestreo a inspeccionar

Tal como se observa de la figura anterior, se tomarán los datos correspondientes a las unidades de muestra marcadas de color verde. Deberá tomarse en cuenta y a criterio del que inspecciona, que todas aquellas unidades que no se encuentran dentro de las UM a inspeccionar, y que muestren un patrón de deterioro diferente al observado, deberán ser consideradas como unidades adicionales, según lo planteado en el Apartado 2.6.

EJEMPLO b)

Para este ejemplo se tiene una sección de ruta con las siguientes características:

- Longitud de 4,5km.
- Ancho de calzada de 14m.
- Pavimento flexible.

Con los datos anteriores, se procede según el diagrama de flujo de la Figura 2.2, el procedimiento se detalla posteriormente.

1. **Análisis de ancho de calzada.** Como el ancho de la calzada es de 14m y sobrepasa el tamaño estipulado como máximo en la Tabla 2.1, se decide tratar la carretera como si existieran dos, con anchos de calzada de 7m cada una, como se muestra en el siguiente esquema:

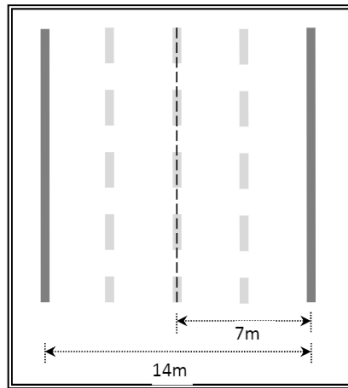


Figura 2.5 Ejemplo UM (b)- Esquema de la Partición de la Carretera

Se realiza el análisis para una de las particiones, al ser simétricas el resultado será el mismo para la otra. Es necesario seleccionar la longitud que tendrá la unidad de muestra, de acuerdo con la Tabla 2.1 y el apartado 2.2.1; se recomienda utilizar la longitud de UM menor asociada, la cual en este caso es de 31m.

2. **Número unidades de muestreo.** Como se muestra en el diagrama de la Figura 2.2 el primer cálculo a realizar es el número total de Unidades de Muestra (N):

$$N = \frac{4500\text{m}}{31\text{m}} = 145,2$$

3. **Número mínimo de unidades de muestreo.** Continuando con el flujo del diagrama, el segundo cálculo consiste en el número mínimo (n) de unidades a muestrear. Como el valor de $N \geq 100$, se partirá la sección en $N_1=100$ y $N_2=45,2$, para calcular el valor de n, esto conforme a lo estipulado en el apartado 2.4.

$$n_1 = \frac{100 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} \times (100 - 1) + 10^2} = 13,9 \approx 14$$

$$n_2 = \frac{45,2 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} \times (45,2 - 1) + 10^2} = 12$$

$$n_t = n_1 + n_2 = 14 + 12 = 26$$

4. **Intervalo de muestreo.** Seguidamente es necesario calcular el intervalo de muestreo (i):

$$i = \frac{145,2}{26} = 5,6 \approx 5 \text{ (redondear al número entero inferior)}$$

5. **Selección unidades de muestreo.** Se selecciona un valor entre 1 e i (i=5), para lo cual se escoge en esta caso S igual a 3 (S pudo ser igual a 1, 2, 3, 4, 5). Para obtener la totalidad de UM a inspeccionar se realiza el siguiente cálculo:

$$UM_1 = S \Rightarrow UM_1 = 3$$

$$UM_2 = UM_1 + i \Rightarrow 3 + 5 = 8$$

$$UM_3 = UM_2 + i \Rightarrow 8 + 5 = 13 \dots$$

$$UM_i = UM_{(i-1)} + i$$

6. **Unidades de muestreo establecidas.** Deteniendo el proceso cuando se alcance N (N=126), se escoge la UM 3 como unidad inicial y se obtienen las siguientes unidades de muestra: 3, 8, 13, 18, 23, 28, 33, 38, 43, 48, 53, 58, 63, 68, 73, 78, 83, 88, 93, 98, 103, 108, 113, 118, 123, 128, 133, 138 y 143. Si se contabiliza una unidad más se llegaría a la UM=148, la cual es mayor que N=145,2; por lo tanto se detiene el proceso en la UM anterior (UM=143). Se obtienen 29 unidades de muestra lo que cumple con n=26 (número mínimo de unidades a inspeccionar), pues 29 > n.

7. **Proceso de levantamiento de datos.** Como la carretera se dividió, será necesario realizar el levantamiento de una sección primero y posteriormente el de la otra. Para que sea más representativo el estado de la misma, conviene comenzar en un sentido diferente la otra sección, así la sección uno se comenzará a levantar de norte a sur y la sección dos de sur a norte, lo que variará la ubicación de las UM.

2.9 Ejemplo de Cálculo para Pavimento Rígido

EJEMPLO c)

Para este ejemplo se tiene una sección de ruta con las siguientes características:

- Longitud de 2,5km.
- Tamaño de la losa es de 6m x 3m.
- Ancho calzada de 12m.

- Pavimento rígido.

De manera similar a los ejemplos anteriores, se procede según el diagrama de flujo de la Figura 2.3 para pavimento rígido, procedimiento que se detalla a continuación:

1. **Número unidades de muestreo.** Es necesario seleccionar la longitud que tendrá la unidad de muestra, de acuerdo con el apartado 2.2.1, se recomienda utilizar un tamaño de UM de 20 losas (20 ± 8), por lo que equivale a:

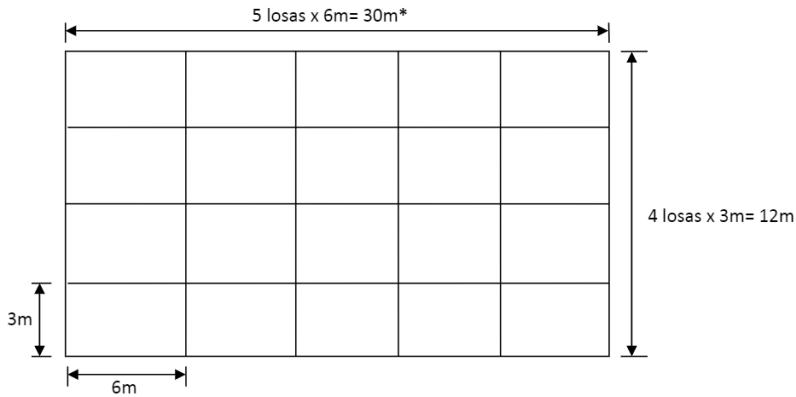


Figura 2.6 Ejemplo UM(c)- Esquema para el cálculo de la longitud de UM en pavimento rígido.

Nota: El diagrama es ilustrativo, no posee escala

* $UM = 5 \text{ losas} \times 6m(\text{tamaño losa}) \approx 30m$, entonces realizando el primer cálculo del diagrama:

$$N = \frac{2500m}{30m} = 83,3 \approx 84$$

2. **Número mínimo de unidades de muestreo.** Continuando con el flujo del diagrama, el segundo cálculo consiste en el número mínimo (n) de unidades a muestrear.

$$n = \frac{84 \times 15^2}{\frac{5^2}{4} \times (84 - 1) + 15^2} = \frac{18900}{743,8} = 25,4 \approx 26$$

3. **Intervalo de muestreo.** Seguidamente es necesario calcular el intervalo de muestreo (i).

$$i = \frac{84}{26} = 3,2 \approx 3$$

4. **Selección unidades de muestreo.** Se selecciona un valor entre 1 e i (i=3), para lo cual se escoge en esta caso S igual a 1 (S pudo ser igual a 1, 2, 3). Para obtener la totalidad de UM a inspeccionar se realiza el siguiente cálculo:

$$UM_1 = S \Rightarrow UM_1 = 1$$

$$UM_2 = UM_1 + i \Rightarrow 1 + 3 = 4$$

$$UM_3 = UM_2 + i \Rightarrow 4 + 3 = 7 \dots$$

$$UM_i = UM_{(i-1)} + i$$

5. **Selección unidades de muestreo.** Deteniendo el proceso cuando se alcance N (N=84), se obtienen las siguientes unidades de muestra: 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34, 37, 40, 43, 46, 49, 52, 55, 58, 61, 64, 67, 70, 73, 76, 79 y 82. Se obtienen 28 unidades de muestra lo que cumple con n=26 (número mínimo de unidades a inspeccionar).

Capítulo 3 ANÁLISIS EN CAMPO

Previo al proceso de inspección visual, es necesario obtener información del pavimento relacionada con su ubicación, geometría, obras de drenaje y tipos de juntas, entre otros, para conocer no sólo el pavimento sino también el entorno del sitio del proyecto en aras de facilitar el proceso de auscultación.

El procedimiento de auscultación varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento ya sea flexible (asfalto) o rígido (concreto), pues así de diferentes son los defectos y deterioros que puedan presentar. Debe seguirse estrictamente la definición de los deterioros de este manual para obtener un valor del PCI confiable, por lo que para dicho levantamiento y posterior evaluación de la condición del pavimento, es necesario considerar los siguientes aspectos:

a) Equipo.

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Un odómetro que permita medir distancias largas con buena precisión, ya que para proyectos grandes la distancia entre unidades puede llegar a ser significativa. Ej. Odómetro externo que se adhiere al automóvil.
- Regla de tres metros y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos (roderas) o depresiones.
- Regla pequeña para medir los anchos de grieta.
- Lápiz y borrador.
- Hojas de Deterioros con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.
- Chalecos y conos refractivos para garantizar la seguridad del personal que realiza la auscultación, entre otros implementos necesarios para garantizar la seguridad ocupacional en el proyecto.
- Cámara fotográfica para llevar un registro de las fallas más comunes.
- Manual de Deterioros, para despejar alguna duda en el campo.
- Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
- Pintura o tiza para marcar la carretera.

b) Procedimiento.

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el **Catálogo de Deterioros** (se muestra más adelante) y se registra la información en el formato correspondiente mostrado en las Figuras 3.1-3.4. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida de los daños. *Se usa un formulario u "hoja de información de exploración de la condición" para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.*

c) Medidas de seguridad.

El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía a inspeccionar, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía. Todo de acuerdo con el Decreto Ejecutivo N°38799 *"Reglamento de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la ejecución de Trabajos en las Vías"* y sus reformas.

3.1 Registro de la Información

3.1.1 Hojas de Levantamiento de Deterioros

Las páginas que se utilizarán para realizar el levantamiento de los deterioros se muestran en las Figuras 3.1 y 3.2, estas representan una sola hoja que deberá ser impresa por ambos lados, al igual que las mostradas en las Figuras 3.3 y 3.4. Dichas hojas deberán utilizarse junto con el Catálogo de Deterioros. En el Apéndice 2 también se adjuntan las hojas con formato para reproducción.

Figura 3.1 Hoja para la auscultación de pavimento flexible (asfalto)

Pág 2

<i>Casos Especiales</i>	<i>Medida</i>	
Tapas de alcantarillas	Unidad (und)	

Deberá señalarse en el esquema la localización de:
• Las alcantarillas

Figura 3.2 Hoja para la auscultación de pavimento flexible (asfalto), Continuación

Número de Local:
Inspeccionada por:
Posición GPS:

Estad. Inicial:
Estad. Final:
Código de Vial/Ruta:

Fecha:
Unidad de Muestreo:
Secc. Control:
Provincia, Cantón y Distrito:

Deterioros Pavimento Rígido		Severidad (Puntos)			Medida (Usar la escala de colores con la planilla)			Símbolos	ESQUENA
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo		
Grietas	01. Lineal (Leng., Transv. ó Diagonal)								
	02. Espina								
	03. Por contracción								
	04. Malla								
Juntas	05. Leza dividida								
	06. Daño en el sello de junta								
	07. Fractur. de esquina								
	08. Fractur. de junta								
Deterioro Superficial	09. Pulverino de agregados								
	10. Desgr. edimiento de agregados								
	11. Voladuras								
	12. Escalonamiento calzada y juntas								
Misceláneos	13. Escalonamiento calzada y espaldón								
	14. Bombeo								
	15. Pulverización (Punchout)								
	16. Baches mayores a 0,5m ²								
	17. Baches menores a 0,5m ²								
18. Cracks de líneas de forma									

Nota: Anotar el tipo de severidad de cada deterioro en el croquis con una A, M o B encima del dibujo, según corresponda.

Observaciones:

Figura 3.3 Hoja para la auscultación de pavimento rígido (concreto)

Casos Especiales	Medida	
Huecos	Unidad (und)	

Deberá señalarse en el esquema la localización de:
 • Los Huecos

Figura 3.4 Hoja para la auscultación de pavimento rígido (concreto), Continuación

3.1.2 Procedimiento de Registro

Registro en la Página 1:

a) Información General

Previo al levantamiento de los deterioros, debe contarse con las unidades de muestra a evaluar, ya sea que se evalúen todas o las que se determinaron bajo el análisis estadístico (Capítulo 2), con el objetivo de no evaluar toda la carretera, sino analizar secciones aleatorias.

Se debe aclarar que la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una unidad adicional. Por ejemplo, un cruce de línea férrea que quedó excluido de las unidades de muestreo.

La siguiente Figura ejemplifica el objetivo de las unidades de muestra (cuando se decida usar el método aleatorio), donde las secciones en verde son aquellas provistas por el Ingeniero y serán aquellas que deberán ser auscultadas.

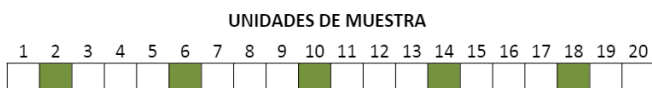


Figura 3.5 Representación de las unidades de muestreo.

La boleta de inspección debe incluir:

- **Fecha:** Correspondiente al día de la inspección visual.
- **#Unidad de Muestra:** La que corresponda.
- **#Ruta, sección de control y código de vía:** Son identificadores de la vía que serán suministradas por la institución que esté realizando el levantamiento. (Pueden utilizarse las secciones de control en que se dividen las rutas nacionales, zonas de conservación, códigos municipales, entre otros.)
- **Provincia, Cantón y Distrito.**
- **Coordenada GPS.**
- **Estacionamiento (inicial y final):** Depende de la unidad de muestreo a inspeccionar.
- **Longitud de la UM o Número de Losas:** La que corresponda.
- **Inspectores:** Nombres completos de las personas que realicen el levantamiento.

- **#Hoja:** Llevar un control de las hojas utilizadas en el levantamiento, una hoja por unidad de muestra.

b) Levantamiento de Deterioros

En el recuadro se muestra: Primera columna, los tipos de deterioros (ya sean Pav.Flexibles o Pav.Rígidos), la segunda, el grado de severidad (cuando aplique) y en la tercera, la medida.

- **Severidad:** Utilizando el **Catálogo de Deterioros**, se deberá determinar el grado de severidad y anotar una "X" en la casilla que corresponda. En los casos en que las casillas estén sombreadas, no se deberá anotar nada, pues no aplican los niveles de severidad para dicho deterioro. Se podrán encontrar diferentes grados de severidad para un mismo deterioro, en ese caso se deberán marcar las casillas que correspondan. (Tal y como se muestra en el apartado 3.2 Ejemplo de Levantamiento de Deterioros)
- **Medida:** Utilizar el **Catálogo de Deterioros**, para realizar la medida de la manera correcta. En la columna de medida se muestran tres sub-columnas igual que en el caso de la severidad, aquí se deberá anotar **únicamente** en la casilla que represente el grado de severidad detectado. Cuando existen varias áreas del tramo evaluado con la misma severidad, éstas se deben sumar para lo cual solo se anota el resultado final de esta suma en la casilla que corresponda, de acuerdo con el nivel de severidad (Según se muestra en el apartado 3.2 Ejemplo de Levantamiento de Deterioros). Se deberán anotar las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional correspondiente.

c) Esquema

Es necesario realizar un esquema de los deterioros encontrados durante la inspección de cada unidad, para ello se entrega una plantilla con puntos que ayudarán a la realización del mismo. De ser posible se recomienda trabajar el esquema a escala, en ese caso cada separación entre los puntos adoptará la escala necesaria para que se pueda incluir toda la unidad en el dibujo.

También se adjunta una simbología que deberá ser utilizada para dibujar cada deterioro, a su vez, es necesario anotar sobre cada dibujo con una A (alta), M (media) o B (baja) el nivel de severidad al que corresponda. Se deberá señalar las dimensiones de cada deterioro. Por último de deberá indicar el sentido de avance de la inspección, tal y como se desarrolla en el apartado 3.2 Ejemplo de Levantamiento de Deterioros.

d) Observaciones

Aquí se deberán anotar todas las observaciones que sean necesarias para dar claridad al contenido de la hoja de deterioros y del levantamiento realizado. Por ejemplo se puede anotar la escala del esquema, si había lluvia, si se estaba realizando algún trabajo en la vía, la existencia de cunetas, alcantarillas, pintura, taludes o rellenos, intensidad de la luz, entre otros.

Registro en la Página 2:

e) Casos Especiales

Como se define en el **Catálogo de Deterioros** existen algunos casos especiales, los cuales no poseen nivel de severidad, por lo que sólo se anotará la medida de los mismos en las unidades que se muestran. Se deberá indicar en el esquema sólo los deterioros que se detallan en la hoja.

3.2 Ejemplo de Levantamiento de Deterioros

Se desea inspeccionar una carretera que reúne la siguiente información:

- Sección de Control 30610
- Ruta Nacional 233
- Longitud de la Unidad de Muestra: 31,5m
- Número Total de UM: 48 con un intervalo de 3, se auscultarán 16
- Día de la visita: 25/2/11
- Ubicación: San Rafael de Oreamuno, Cartago

La Hoja de registro de la UM número 5, es la siguiente:

Hoja 2 / 16

Pág 1

Fecha: 25/02/2011 Estc. Inicial: 0+126 Longitud de la UM: 31,5 m
 # Unidad de Muestreo: 5 Estc. Final: 0+157.5 Inspeccionada por: Ing. Tania Ávila E
 Secc. Control: Ruta Nacional 233 Código de Via/#Ruta: 30610 Ing. Christian Valverde
 Provincia, Cantón y Distrito: Cartago, Oreamuno, San Rafael Posición GPS: -

Figura 3.6 Ejemplo: Registro de Información General

Deterioros Pavimento Flexible		Severidad (Marcar con X)			Medida (Llenar la casilla que corresponde con la severidad)		
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
Grietas	01. Cuero de lagarto		x	x		2 m x 10 m	1 m x 6 m
	02. Longitudinal - Transversal						
	03. Reflejo de juntas						
	04. Bloque						
	05. Borde						
	06. Arco						
Deformaciones	07. Roderas						
	08. Abultamientos y Hundimientos						
	09. Corrugación						
	10. Depresiones						
	11. Hinchamiento						
	12. Corrimiento/Desplazamiento						
Textura Superficial	13. Exudación						
	14. Pulimiento de agregados						
	15. Desprendimiento de agregados						
	16. Desgaste superficial						
Misceláneos	17. Escalonamiento calzada-espaldón						
	18. Baches		x			5 m x 5 m	
	19. Huecos			x			2 unidades
	20. Cruce de línea férrea						

Figura 3.7 Ejemplo: Registro de la Hoja de Levantamiento de Deterioros en pavimento flexible

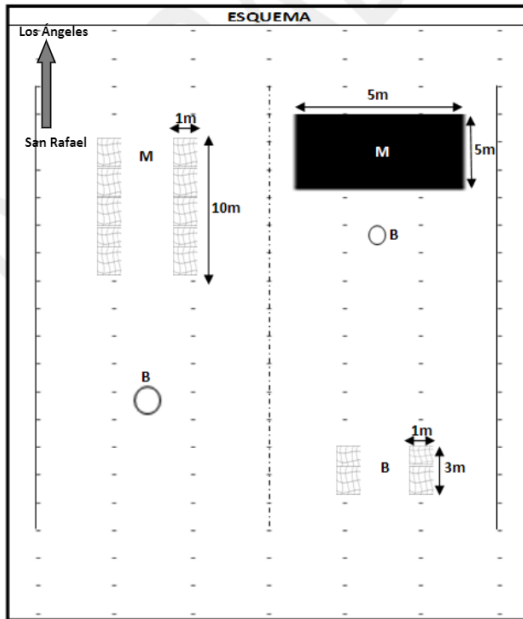


Figura 3.8 Ejemplo: Registro del Esquema

Nota: Tener presente la simbología de los tipos de deterioros mostrados en la Figura 3.1.

Pág 2

Casos Especiales	Medida	
Tapas de alcantarillas	Unidad (und)	No hay

Deberá señalarse en el esquema la localización de:

- Las alcantarillas

Figura 3.9 Ejemplo: Registro de los Casos Especiales

Nota: Anotar el nivel de severidad de cada deterioro en el croquis con una A, M o B encima del dibujo, según corresponda.

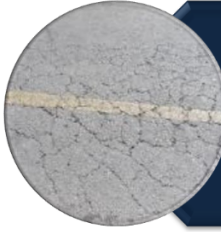
Observaciones:

1. La escala utilizada en el esquema es de 2m x 2m (cada separación de puntos vertical implican 2m, cada separación de puntos horizontal implica 2m).
2. No existen casos especiales en esta unidad de análisis.
3. No hay cunetas ni pintura.

Figura 3.10 Ejemplo: Registro de las Observaciones

Capítulo 4 CATÁLOGO DE DETERIOROS

PAVIMENTO FLEXIBLE



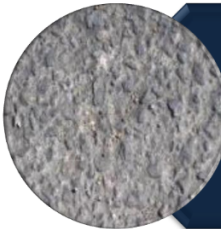
GRIETAS

- Cuero de Lagarto/ Grietas por fatiga
- Grieta Longitudinal - Transversal
- Agrietamiento por Reflejo de Juntas
- Grietas en Bloque
- Grietas de Borde
- Grietas en Arco



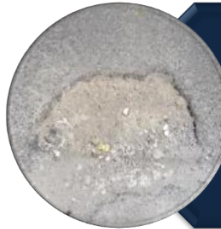
DEFORMACIONES

- Roderas - Ahuellamiento
- Abultamientos y Hundimientos
- Corrugación
- Depresiones
- Hinchamientos
- Corrimiento/Desplazamiento



TEXTURA SUPERFICIAL

- Exudación
- Pulimiento de Agregados
- Desprendimiento de Agregados
- Desgaste Superficial



MISCELÁNEOS

- Escalonamiento Calzada - Espaldón
- Baches
- Huecos
- Cruce de Línea Férrea

¿CÓMO MEDIR LOS DETERIOROS?

En la Figura 4.1 se muestra la manera correcta de medir los anchos de grieta.

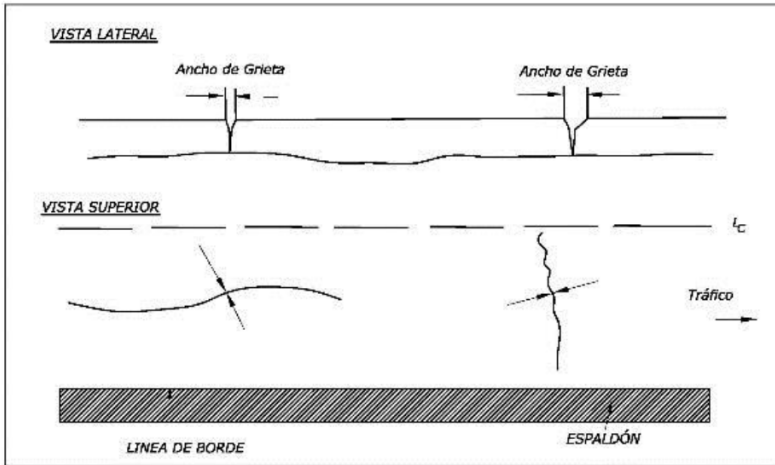


Figura 4.1 Medida correcta de los anchos de grieta

En la Figura 4.2 se muestra cómo medir algunos de los deterioros en metros lineales y en la Figura 4.3 en metros cuadrados. En general se debe tomar en cuenta que para las mediciones de metros cuadrados no hace falta ser muy exacto, sino, considerar el ancho y largo mayores y con base en esas medidas calcular la extensión.

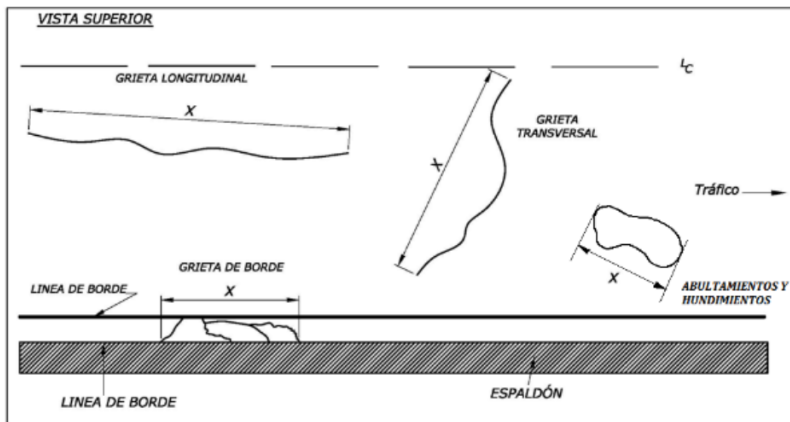


Figura 4.2 Medida correcta de los deterioros en metros lineales

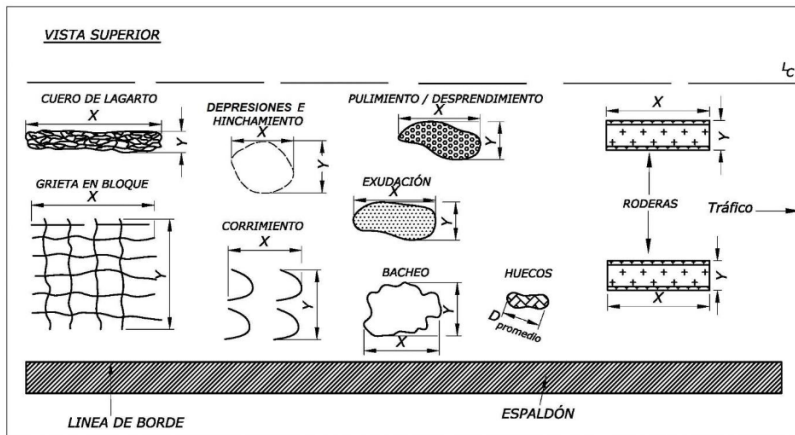


Figura 4.3 Medida correcta de los deterioros en metros cuadrados

Medida correcta de los deterioros:

Todas las medidas lineales deben ser en metros y las áreas en metros cuadrados.

- Cuero de lagarto: Las dimensiones de esta falla se deben generalizar a un rectángulo, donde el lado más largo, lo representamos con X y el ancho con Y en la Figura 4.3.
- Grietas en bloque: El agrietamiento divide el pavimento en trozos aproximadamente rectangulares de diversas dimensiones, el área de deterioro deberá determinarse tomando las longitudes máximas del daño, hasta elaborar un rectángulo.
- Grietas en arco: Se debe considerar un área rectangular que cubra todo el daño.
- Abultamientos y Hundimientos: Se deben medir por metro lineal considerando el lado más largo del deterioro.
- Depresiones e Hinchamientos, Grietas en Arco, Corrimiento y Corrugación: Estos deterioros se medirán como si tuviesen forma rectangular, con el objetivo de facilitar cálculos, además de que el error al suponer esto es poco. Se debe medir desde la parte que presenta el menor rastro del deterioro, hasta finalizar en la última fracción de asfalto dañado.
- Corrimiento: El área afectada representará toda la sección de carretera que presenta corrimiento. En la Figura 4.3 se ejemplifica.
- Exudación: Se mide tanto el ancho como el largo, desde la primera parte del pavimento flexible que lo posee hasta la última parte del mismo, generando así un rectángulo que muestra el área afectada.

- Huecos: Para la medición de huecos se utiliza un sistema ligeramente distinto, dado que estos suelen tener una forma redondeada, se establece un diámetro promedio que es igual a la distancia máxima entre los extremos del deterioro.
- Pulimiento, Desprendimiento y Desgaste: Deberá medirse el área afectada por este deterioro tal como se muestra en la Figura 4.3.
- Escalonamientos: Debe medirse la extensión del desnivel por metro lineal.

DEFINICIÓN DE LA SEVERIDAD

Se debe inspeccionar visualmente el deterioro y con criterio ubicar la zona de mayor severidad, la cual se considerará como la condición más crítica que define la severidad del deterioro analizado y por lo tanto deberá ser la que se anote en el registro. Si existe alguna duda al respecto, se recomienda tomar tres medidas dentro del deterioro en diferentes puntos e identificar el más crítico y con este, aplicar el criterio de severidad que corresponda.

CALIDAD DE RUEDO

La calidad de ruedo deberá ser evaluada en orden de establecer un nivel de severidad para los siguientes deterioros: Abultamientos y Hundimientos, Corrugación, Hinchamiento, Corrimiento/Desplazamiento de la Mezcla, Baches y Cruces de línea férrea.

Para determinar el efecto que tienen estos deterioros en la calidad de ruedo, el inspector deberá manejar a la velocidad de operación establecida en la vía y usar las siguientes definiciones de nivel de severidad para la calidad de ruedo.

Severidad Baja: Se perciben vibraciones vehiculares, por ejemplo, producto de la corrugación, sin embargo no es necesario reducir la velocidad de operación para sentirse cómodo y seguro. Levantamientos o hundimientos individuales generan un ligero movimiento en el vehículo pero no causan incomodidad.

Severidad Media: Se perciben vibraciones significantes, lo que provoca que sea necesario reducir la velocidad para sentirse seguro y cómodo. Levantamientos o hundimientos individuales generan un movimiento significativo en el vehículo causando alguna incomodidad.

Severidad Alta: Las vibraciones son tan excesivas que es necesario reducir significativamente la velocidad para sentirse seguro y cómodo. Levantamientos o hundimientos individuales generan un movimiento excesivo en el vehículo causando mucha incomodidad, riesgo en la seguridad o algún daño al vehículo.

ALCANCE DE LAS ACCIONES DE INTERVENCIÓN

Las acciones de intervención definidas a continuación para cada deterioro, constituyen recomendaciones de posibles actividades de reparaciones puntuales dentro del ámbito de

Conservación Vial, es decir, corresponden a reparaciones asociadas al nivel de severidad del deterioro específico que se trate.

Estas recomendaciones de intervención no deberán considerarse como únicas soluciones técnicas, ya que ante todo, la Administración deberá considerar el análisis integral de los deterioros (causas, severidad y frecuencia) realizado para obtener el Índice de Condición (PCI), a partir del cual, deberá plantearse una solución integral a una posible combinación de deterioros en un área determinada. Esta combinación de deterioros podría implicar la consideración de otro nivel de intervención asociado a reconstrucción, mejoramiento o construcción. En todo caso la solución técnica o intervención recomendada se basará en los respectivos estudios y diseños técnico-económicos, suficientes y pertinentes que deberán ser ejecutados por un profesional responsable.

Como parte fundamental de la valoración de la condición de la carretera, para la determinación de las acciones de intervención, se deberá determinar preliminarmente si hay carencia o deficiencia del sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento. La no atención de estos elementos de la carretera, generará intervenciones técnicas y económicas en la estructura del pavimento inefectivas y de corta duración.

GRIETAS

1. CUERO DE LAGARTO/GRIETAS POR FATIGA

DEFINICIÓN

- El Cuero de Lagarto consiste en una serie de grietas interconectadas causadas debido a la falla por fatiga (paso repetido de vehículos), las grietas se propagan del fondo de la capa de mezcla asfáltica hacia arriba. El deterioro aparece inicialmente como una serie de grietas longitudinales paralelas que conforme se someten a más pasadas vehiculares se interconectan y forman algo parecido al cuero de un lagarto. El deterioro ocurre solamente en áreas sujetas al paso repetido de los vehículos como las huellas de los mismos.

CAUSAS POSIBLES

- Falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica, generalmente en la huella, bajo acción repetida de las cargas de tránsito. Por lo general, el fisuramiento excesivo indica que el pavimento ya no tiene capacidad estructural de sostener las cargas de tránsito y ha llegado al final de su vida útil.
- Ligante envejecido.
- Subdrenaje inadecuado en sitios aislados.

CRITERIOS DE SEVERIDAD*

- **Bajo:** Las grietas longitudinales paralelas se encuentran en buen estado y poseen ninguna o muy pocas conexiones. Las grietas no están fracturadas en los bordes.
- **Medio:** Las grietas poseen más interconexiones y comienzan a formar el patrón de cuero de lagarto, algunas se encuentran fracturadas en los bordes. Las grietas pueden formar mallas entre 20 cm x 20 cm y 50 cm x 50 cm.
- **Alto:** Se ha formado un patrón de grietas totalmente interconectadas (simulando cuero de lagarto) que se encuentran en su mayoría fracturadas en los bordes y que forman bloques sueltos que pueden llegar a moverse bajo el paso de un vehículo. Las grietas forman mallas menores a 20 cm x 20 cm.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m²).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Bajo y Medio:** Sellos asfálticos, tratamientos superficiales asfálticos.
- **Alto:** Bacheo (para casos puntuales) o Sustitución de capa asfáltica.

* Se complementaron los criterios de severidad con los indicados en el VIZIR (1972) que contaba con un parámetro cuantitativo.

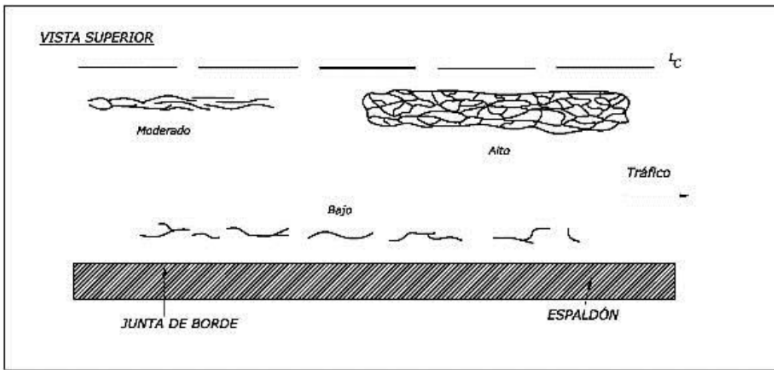


Figura 4.4 Esquema Cuero de Lagarto- Pavimento Flexible
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.

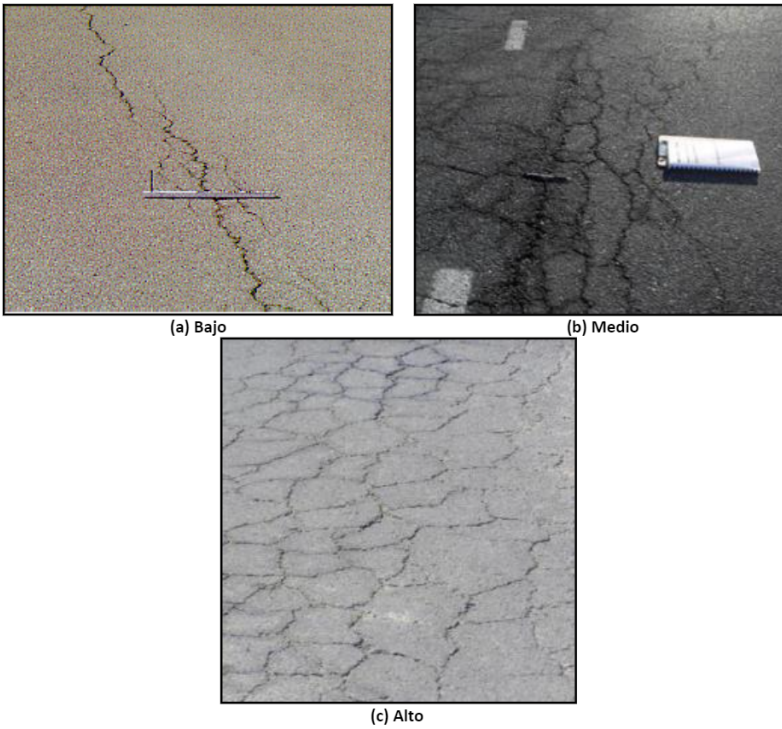


Figura 4.5 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Cuero de Lagarto

2. GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL

DEFINICIÓN

- Las grietas longitudinales son paralelas a la línea de centro de la carretera y las transversales se extienden a través del pavimento en ángulos rectos con respecto a la línea de centro de la carretera (dirección de avance de los vehículos).

CAUSAS POSIBLES

- Reflexión de grietas causadas por grietas existentes debajo de la superficie de rodamiento; incluye grietas en pavimentos conformadas por capas estabilizadas químicamente o de concreto.
- Endurecimiento por envejecimiento o drenaje inadecuado.
- Juntas de construcción inadecuadamente trabajadas.

CRITERIOS DE SEVERIDAD*

- **Bajo:** Ancho menor a 6mm o selladas en buenas condiciones y con un ancho que no se puede medir, sin ramificaciones en los bordes.
- **Medio:** Ancho mayor a 6mm y menor a 19mm o, menor a 19mm con ramificaciones pequeñas o grieta sellada rodeada de ramificaciones pequeñas.
- **Alto:** Ancho mayor a 19mm o grieta sellada con ramificaciones grandes e importantes. Bordes de grieta normalmente degradados.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros lineales (m).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Bajo y Medio:** Sellado de fisuras o grietas.
- **Alto:** Sellado de fisuras y grietas o Bacheo.

**Los criterios de severidad utilizados corresponden a los indicados para este deterioro en el manual de deterioros de la Federal Highway Administration (2003).*

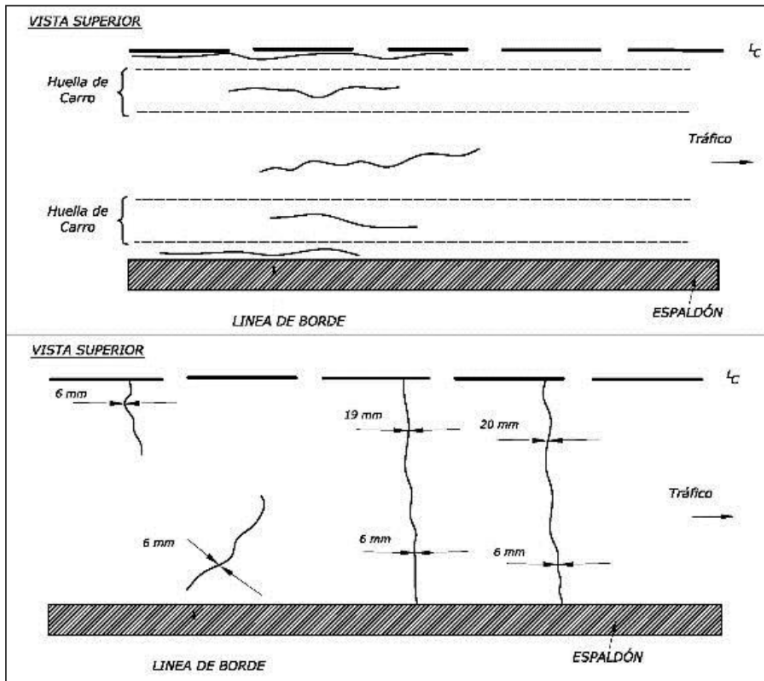


Figura 4.6 Esquema Grieta Longitudinal y Transversal – Pavimento Flexible
 Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.7 Imágenes de los niveles de severidad asociados a las Grietas Longitudinales y Transversales

3. AGRIETAMIENTO POR REFLEJO DE JUNTAS

DEFINICIÓN

- Este deterioro ocurre solamente en pavimentos asfálticos en que se haya colocado una carpeta asfáltica sobre una capa de concreto formada por losas.

CAUSAS POSIBLES

- Reflejo de las juntas del pavimento rígido sobre el que se colocó la carpeta asfáltica.

CRITERIOS DE SEVERIDAD*

- **Bajo:** Ancho menor a 6 mm o selladas en buenas condiciones y con un ancho que no se puede medir, sin ramificaciones en los bordes.
- **Medio:** Ancho mayor a 6 mm y menor a 19 mm o, menor a 19 mm con ramificaciones pequeñas o grieta sellada rodeada de ramificaciones pequeñas.
- **Alto:** Ancho mayor a 19 mm o grieta sellada con ramificaciones grandes e importantes. Bordes de grieta normalmente degradados.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros lineales (m).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- **Bajo y Medio:** Sellado de fisuras o grietas.
- **Alto:** Sellado de fisuras y grietas o Bacheo.

**Los criterios de severidad utilizados corresponden a los indicados para este deterioro en el manual de deterioros de la Federal Highway Administration (2003).*

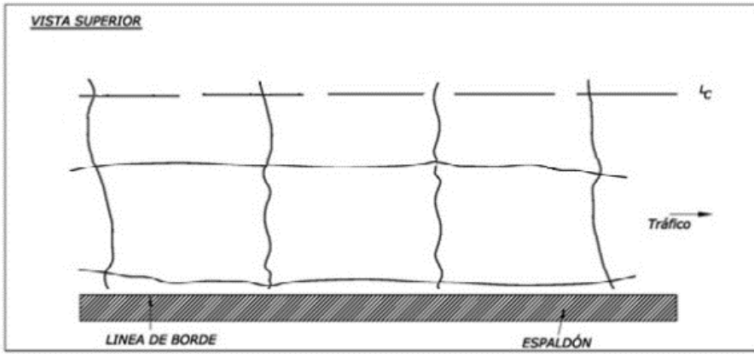


Figura 4.8 Agrietamiento por Reflejo de Juntas – Pavimento Flexible



(a) Medio



(b) Alto

Figura 4.9 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Agrietamiento por Reflejo de Juntas

4. GRIETAS EN BLOQUE

DEFINICIÓN

- Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares, los bloques van generalmente de 0,3 m x 0,3 m a 3 m x 3 m.

CAUSAS POSIBLES

- Se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria).
- Por el reflejo de grietas en capas estabilizadas.
- Por lo general, el origen de estas grietas no está asociado a las cargas de tráfico; sin embargo, dichas cargas incrementan la severidad de las fisuras. La presencia de fisuras en bloques generalmente es indicativa de que el asfalto se ha endurecido significativamente.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** Las grietas del bloque son definidas por los criterios correspondientes al deterioro de "Grieta longitudinal y transversal" de severidad baja.
- **Medio:** Las grietas del bloque son definidas por los criterios correspondientes al deterioro de "Grieta longitudinal y transversal" de severidad media.
- **Alto:** Las grietas del bloque son definidas por los criterios correspondientes al deterioro de "Grieta longitudinal y transversal" de severidad alta.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m²).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Bajo:** Sellado de fisuras y grietas, Sellos asfálticos, tratamientos superficiales asfálticos.
- **Medio:** Sellos asfálticos, tratamientos superficiales asfálticos.
- **Alto:** Sustitución de capa asfáltica.

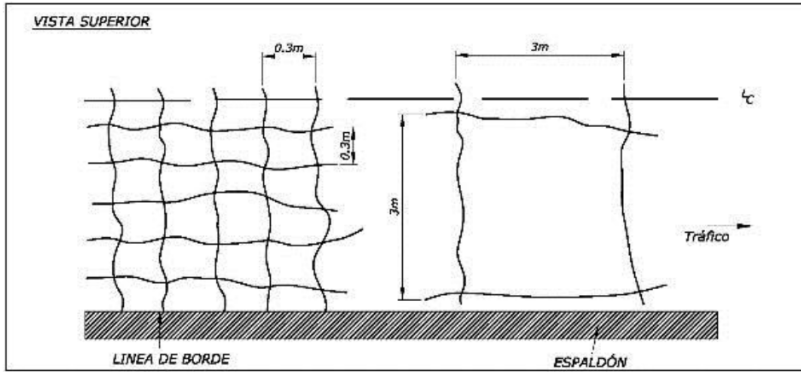


Figura 4.10 Esquema Grietas en Bloque – Pavimento Flexible
 Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



(a) Bajo



(b) Alto

Figura 4.11 Imágenes de los niveles de severidad asociados a las Grietas en Bloque

5. GRIETAS DE BORDE

DEFINICIÓN

- Las grietas de borde son paralelas y usualmente separadas de 0,3 a 0,5m del borde externo del pavimento.

CAUSAS POSIBLES

- Este daño puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento, menor confinamiento lateral, deficiente compactación del borde, falla de rellenos, falla de taludes, fallas en los drenajes, entre otras; y se acelera por las cargas de tránsito.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** Agrietamiento bajo o medio definido por los criterios correspondientes al deterioro de "Grieta longitudinal y transversal", sin fracturas ni desprendimiento de agregado.
- **Medio:** Agrietamiento medio definido por los criterios correspondientes al deterioro de "Grieta longitudinal y transversal" con algunas fracturas y desprendimiento de agregado.
- **Alto:** Existen fracturas y desprendimiento de agregado considerable a través del borde del pavimento.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros lineales (m).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Bajo:** Sellado de fisuras y grietas
- **Medio y Alto:** Evaluación de las condiciones de drenaje y atención de las mismas. Reconstruir los espaldones colocando material perfectamente compactado y al menos revestido con un TS. Sellar las áreas comprometidas. Construcción de muro de retención.

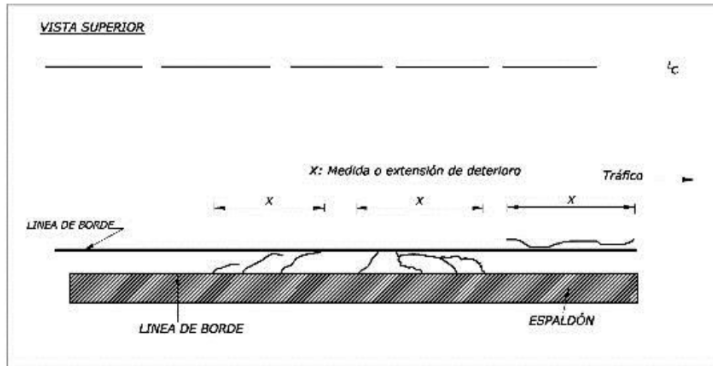


Figura 4.12 Esquema Grietas de Borde– Pavimento Flexible
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.

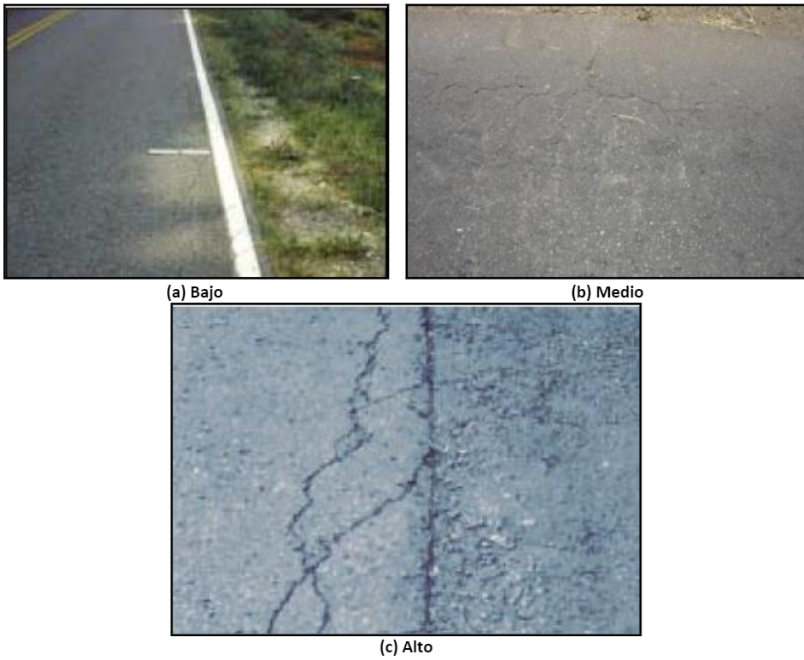


Figura 4.13 Imágenes de los niveles de severidad asociados a las Grietas de Borde

6. GRIETAS EN ARCO

DEFINICIÓN

- Este tipo de grieta posee una forma de arco o media luna y generalmente son transversales a la dirección del flujo vehicular.

CAUSAS POSIBLES

- Este daño puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento, menor confinamiento lateral, deficiente compactación del borde, falla de rellenos, entre otras; y se acelera por las cargas de tránsito.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** El ancho promedio de la grieta es menor a 10 mm.
- **Medio:** Alguna de las siguientes condiciones: el ancho promedio de la grieta está entre 10 mm y 40 mm o el área alrededor de la grieta está ligeramente fracturada o rodeada de grietas más pequeñas.
- **Alto:** Alguna de las siguientes condiciones: el ancho promedio de la grieta es mayor a 40 mm o el área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos que se pueden mover.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m²).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Bajo y Medio:** Bacheo.
- **Alto:** Bacheo (para casos puntuales) o Sustitución de capa asfáltica.

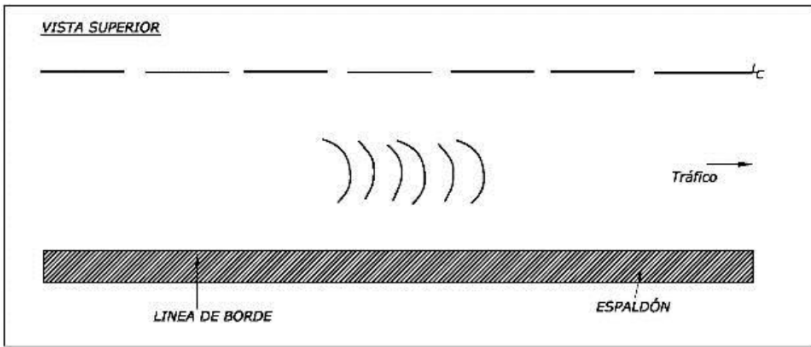


Figura 4.14 Esquema Grietas en Arco – Pavimento Flexible

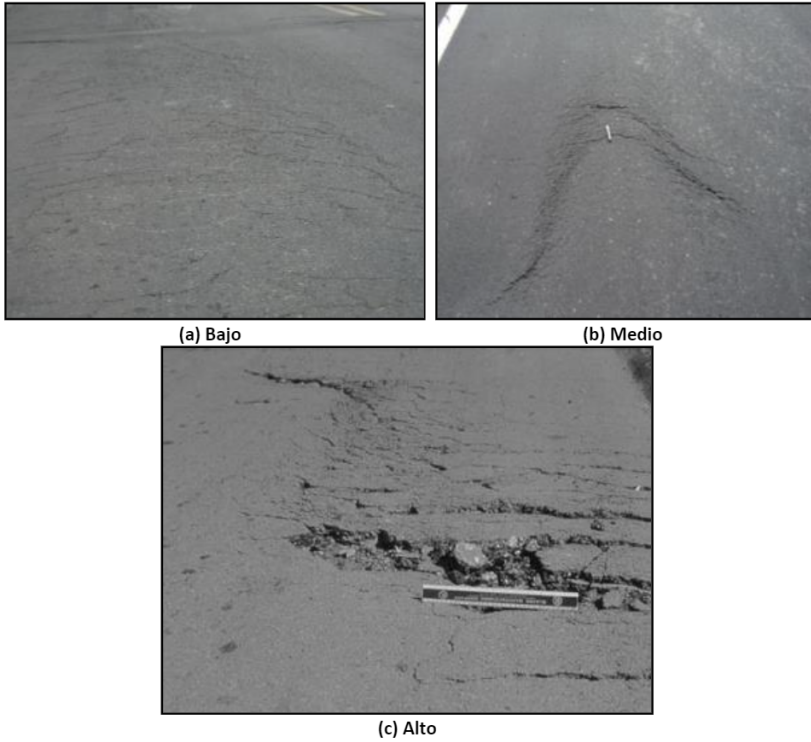


Figura 4.15 Imágenes de los niveles de severidad asociados a las Grietas en Arco

DEFORMACIONES

7. RODERAS/AHUELLAMIENTO

DEFINICIÓN

- Una rodera es una depresión en las huellas del vehículo. Se puede dar un levantamiento en los bordes de las roderas, pero generalmente las roderas sólo se notan luego de que llueve, pues las huellas se llenan de agua. Las roderas se derivan de una deformación permanente que puede proceder de cualquier capa del pavimento o de la subrasante, usualmente su causa se asocia a consolidación o movimiento lateral de los materiales.

CAUSAS POSIBLES

- Técnica de construcción pobre y un mal control de calidad. Las capas pobremente compactadas.
- Inestabilidad en bases y sub-bases granulares, creada por la presión del agua o saturación de la misma.
- La acción del tránsito (sobrecargas y altos volúmenes de tránsito no previstos en el diseño original).
- Utilización de materiales no apropiados o de mala calidad, entre otras.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** La profundidad promedio es de 6 mm a 13 mm.
- **Medio:** La profundidad promedio es de 13 mm a 25 mm.
- **Alto:** La profundidad promedio es mayor a 25 mm.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m²).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- **Bajo:** Bacheo (para casos puntuales) o Tratamiento Superficial o Sellos asfálticos.
- **Medio:** Bacheo (para casos puntuales), tratamientos superficiales asfálticos, Sustitución de capa asfáltica o colocación de sobrecapa asfáltica.
- **Alto:** Sustitución de capa asfáltica (perfilado y carpeteo).

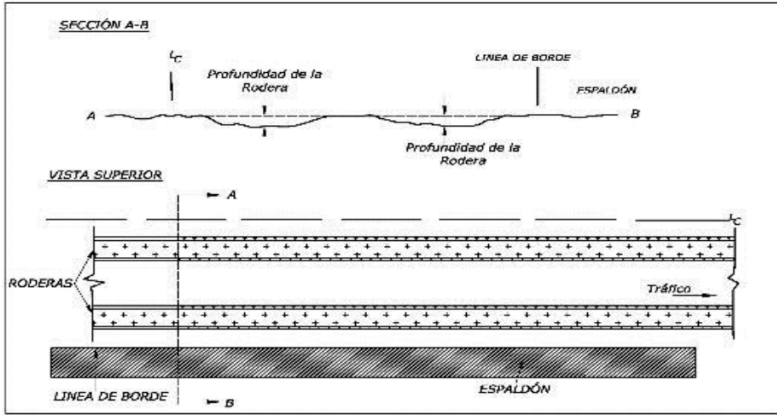


Figura 4.16 Esquema Roderas/Ahuellamiento- Pavimento
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.

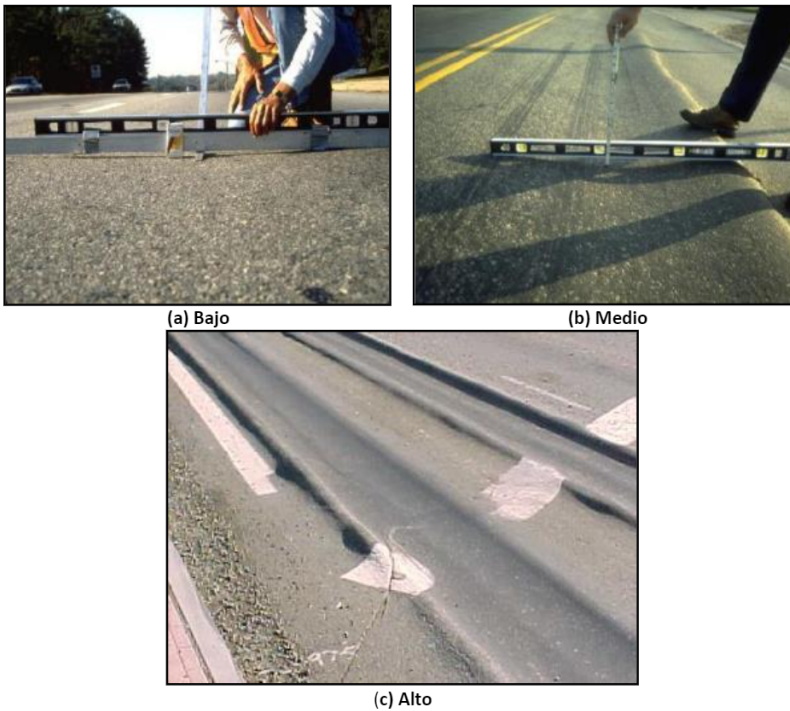


Figura 4.17 Imágenes de los niveles de severidad asociados a las Roderas

8. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS

DEFINICIÓN

- Los abultamientos son desplazamientos hacia arriba de la carpeta asfáltica que generalmente son pequeños y localizados. Los hundimientos por lo contrario son desplazamientos abruptos hacia abajo, que igual que los abultamientos generalmente son localizados.

CAUSAS POSIBLES

- Técnica de construcción pobre y un mal control de calidad. Las capas pobremente compactadas.
- Levantamientos localizados por raíces, alcantarillas, otros.
- Por acción del tránsito.
- Utilización de materiales no apropiados o de mala calidad, entre otras.

CRITERIOS DE SEVERIDAD*

- **Bajo:** Calidad de ruedo de severidad baja, con una deformación vertical aproximada de 3 mm a 50 mm.
- **Medio:** Calidad de ruedo de severidad media, con una deformación vertical aproximada de 50 mm a 100 mm.
- **Alto:** Calidad de ruedo de severidad alta, con una deformación vertical aproximada de más de 100 mm.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros lineales (m).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Bajo:** Bacheo.
- **Medio y Alto:** Bacheo (para casos puntuales) o Sustitución de capa asfáltica.

**Se complementaron los criterios de severidad con lo correspondiente a lo indicado para este deterioro en el manual de deterioros de la Asociación Noroeste de Estados Unidos (1999). Tomar en cuenta que para rutas de mediano y alto volumen de tráfico estos rangos pueden ser conservadores, por lo que será imprescindible el criterio del profesional responsable.*

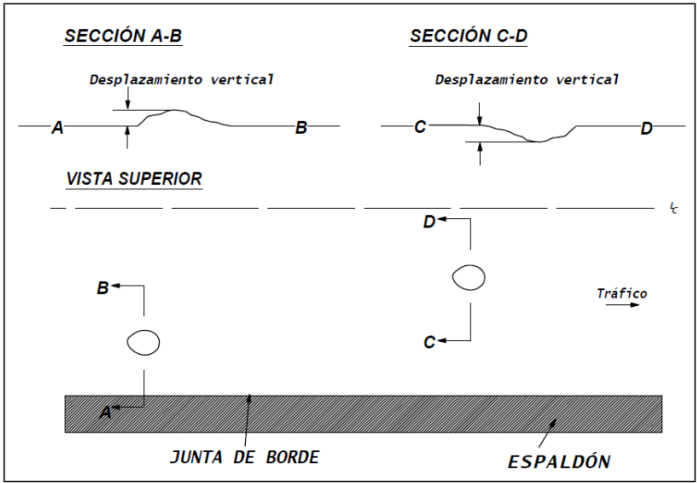


Figura 4.18 Esquema Abultamientos y Hundimientos- Pavimento Flexible

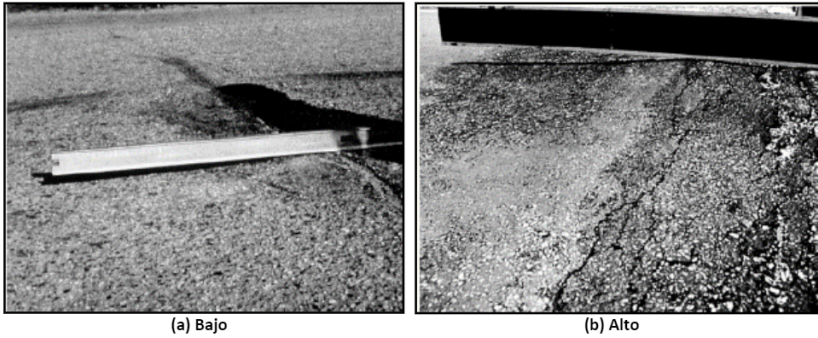


Figura 4.19 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Abultamientos y Hundimientos

9. CORRUGACIÓN

DEFINICIÓN

- La corrugación es una serie de crestas y valles que ocurren a intervalos regulares (usualmente menos de 3m) a través del pavimento y en dirección perpendicular a la de avance de los vehículos.

CAUSAS POSIBLES

- Técnica de construcción pobre y un mal control de calidad. Las capas pobremente compactadas.
- Inestabilidad en bases y sub-bases granulares, creada por la presión del agua o saturación de la misma.
- La acción del tránsito (sobrecargas y altos volúmenes de tránsito no previstos en el diseño original).
- Utilización de materiales no apropiados o de mala calidad, entre otras.

CRITERIOS DE SEVERIDAD*

- **Bajo:** Calidad de ruedo de severidad baja, levantamiento menor a 20 mm.
- **Medio:** Calidad de ruedo de severidad media, levantamiento entre 20 mm y 50 mm.
- **Alto:** Calidad de ruedo de severidad alta, levantamiento mayor a 50 mm.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m²).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- **Bajo:** Evaluar el área afectada para definir la intervención idónea (No hacer nada, Perfilado, entre otras).
- **Medio y Alto:** Sustitución de capa asfáltica.

**Se complementaron los criterios de severidad con lo correspondiente a lo indicado para este deterioro en el Manual de Mantenimiento de la Red Vial Secundaria de Colombia (2008). Tomar en cuenta que para rutas de mediano y alto volumen de tráfico estos rangos pueden ser conservadores, por lo que será imprescindible el criterio del profesional responsable.*

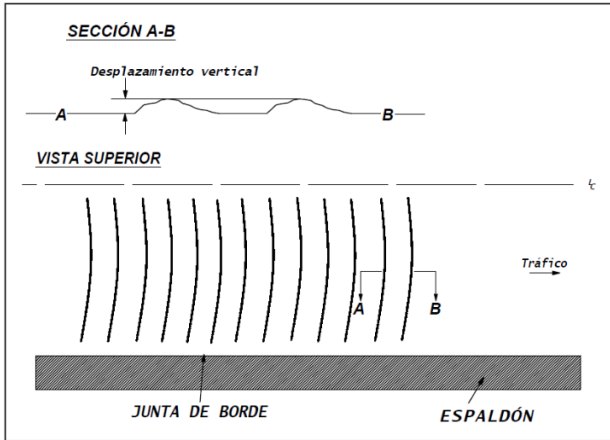


Figura 4.20 Esquema Corrugación- Pavimento Flexible



Figura 4.21 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Corrugación

10. DEPRESIONES

DEFINICIÓN

- Las depresiones son áreas localizadas ligeramente más bajas que la superficie del pavimento circundante.

CAUSAS POSIBLES

- Técnica de construcción pobre y un mal control de calidad. Las capas pobremente compactadas.
- Inestabilidad en bases y sub-bases granulares, creada por la presión del agua o saturación de la misma.
- Puntos de falla en el área del terreno próxima al pavimento.
- Utilización de materiales no apropiados o de mala calidad, entre otras.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** De 13 mm a 25 mm de profundidad en el punto más hondo.
- **Medio:** De 25 mm a 50 mm de profundidad en el punto más hondo.
- **Alto:** Más de 50 mm de profundidad en el punto más hondo.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m²).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Bajo:** Bacheo.
- **Medio y Alto:** Bacheo (para casos puntuales) o Sustitución de capa asfáltica.

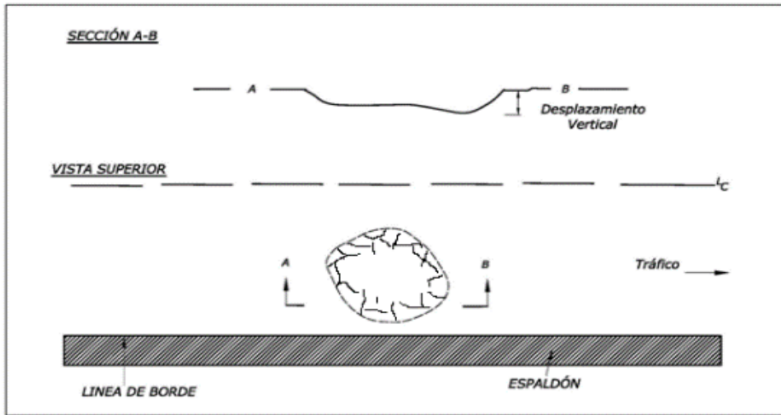


Figura 4.22 Esquema Depresiones- Pavimento Flexible
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.23 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Depresiones

11. HINCHAMIENTO

DEFINICIÓN

- Los hinchamientos se caracterizan por un abultamiento de la superficie del pavimento creando una onda larga de más de 3 metros.

CAUSAS POSIBLES

- Suelos expansivos

CRITERIOS DE SEVERIDAD*

- **Bajo:** Calidad de ruedo de severidad baja, levantamiento se encuentra entre 13 mm y 25 mm en el punto más alto.
- **Medio:** Calidad de ruedo de severidad media, levantamiento entre 25 mm y 50 mm en el punto más alto.
- **Alto:** Calidad de ruedo de severidad alta, levantamiento mayor a 50 mm en el punto más alto.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m²).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Bajo:** Bacheo.
- **Medio y Alto:** Bacheo (para casos puntuales) o estabilización de la capa granular afectada y sustitución de capa asfáltica.

Se utilizaron los criterios establecidos por la Norma ASTM D6433 correspondientes al deterioro **Depresiones, anteriormente mostrado.*

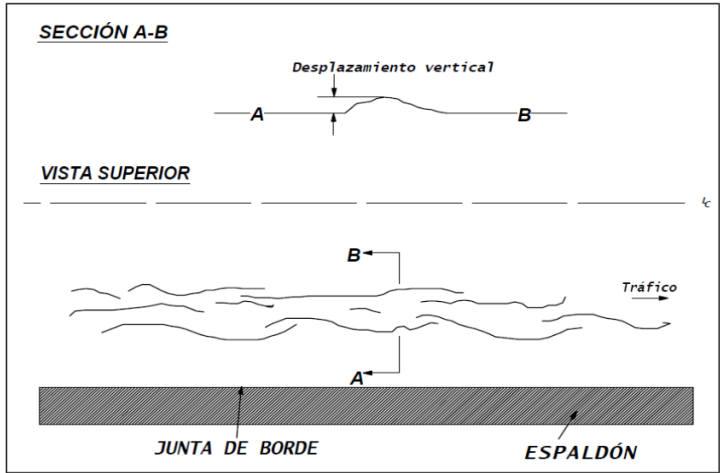


Figura 4.24 Esquema Hinchamiento- Pavimento Flexible



Figura 4.25 Imagen del nivel de severidad alto asociados a Hinchamiento

12. CORRIMIENTO/DESPLAZAMIENTO DE LA MEZCLA

DEFINICIÓN

- El corrimiento es un desplazamiento longitudinal permanente de un área localizada de la superficie del pavimento causado por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito presiona el pavimento produce una onda abrupta y corta sobre la superficie del mismo.

CAUSAS POSIBLES

- Son ocasionados por las cargas del tránsito, actuando sobre mezclas asfálticas poco estables, ya sea por exceso de asfalto, falta de vacíos, o bien, por falta de confinamiento lateral.
- Inadecuada ejecución del riego de liga, entre otros.

CRITERIOS DE SEVERIDAD*

- **Bajo:** Calidad de ruedo de severidad baja, profundidad o elevación máxima de 10 mm, causa cierta vibración o balanceo en el vehículo, sin generar incomodidad.
- **Medio:** Calidad de ruedo de severidad media, profundidad o elevación máxima se encuentra entre 10 mm y 20 mm, el corrimiento causa una significativa vibración o balanceo al vehículo, que genera cierta incomodidad.
- **Alto:** Calidad de ruedo de severidad alta, profundidad o elevación máxima es igual o mayor a 20 mm, el corrimiento causa a los vehículos un excesivo balanceo que genera una sustancial incomodidad y/o riesgo para la seguridad de circulación, siendo necesaria una reducción de la velocidad.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m²).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- **Bajo:** Bacheo.
- **Medio y Alto:** Bacheo (para casos puntuales) o Sustitución de capa asfáltica

**Se complementaron los criterios de severidad con lo correspondiente a lo indicado para este deterioro en el Manual de Mantenimiento de la Red Vial Secundaria de Colombia (2008). Tomar en cuenta que para rutas de mediano y alto volumen de tráfico estos rangos pueden ser conservadores, por lo que será imprescindible el criterio del profesional responsable.*

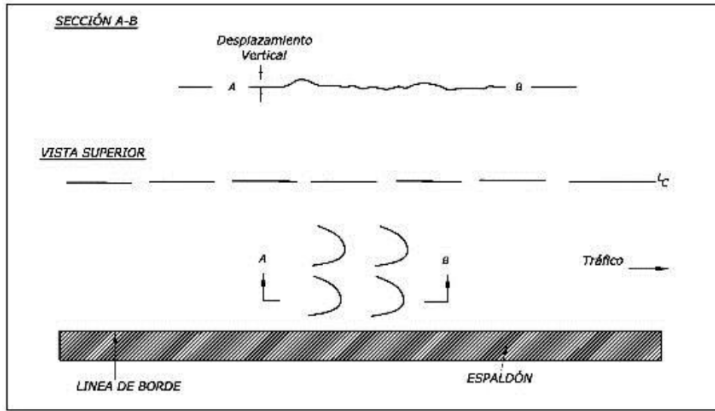


Figura 4.26 Esquema Corrimiento- Pavimento Flexible
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



Figura 4.27 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Corrimiento

TEXTURA SUPERFICIAL

13. EXUDACIÓN

DEFINICIÓN

- La exudación es una película delgada de ligante asfáltico en la superficie de la carpeta asfáltica que crea un pequeño reflejo y que generalmente es pegajosa.

CAUSAS POSIBLES

- Un excesivo contenido de asfalto en las mezclas asfálticas y/o sellos bituminosos.
- Bajo contenido de vacíos de aire.
- Uso de asfalto muy blando (con viscosidades muy bajas), derrame de solventes.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** La exudación ha ocurrido en pequeña medida y solo se nota durante algunos días del año, el asfalto no se pega a los zapatos o vehículos, se hace visible la coloración algo brillante de la superficie.
- **Medio:** La exudación ha ocurrido de tal forma que el asfalto se adhiere a los zapatos o vehículos durante algunas semanas del año, con exceso de asfalto libre que forma una película continua en las huellas de canalización del tránsito.
- **Alto:** La exudación ha ocurrido de tal forma que el asfalto se adhiere a los zapatos o vehículos considerablemente durante muchas semanas del año, presencia de una cantidad significativa de asfalto libre, le da a la superficie un aspecto "húmedo", de intensa coloración negra.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m²).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- **Bajo y medio:** Sello de arena o polvo de piedra.
- **Alto:** Sustitución de capa asfáltica.



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.28 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Exudación

14. PULIMIENTO DE AGREGADOS

DEFINICIÓN

- El pulimiento de agregado está presente si al realizar un examen visual de la capa asfáltica se observa que la porción de agregado que se extiende por encima del asfalto las partículas no son suficientemente ásperas para proporcionar buena resistencia al deslizamiento.

CAUSAS POSIBLES

- Repetición de las cargas de tránsito.
- Uso de agregados propensos al pulimiento (por ejemplo las calizas).

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- No posee criterios de severidad.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m²).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Sellos asfálticos, tratamientos superficiales asfálticos o recarpeteo con material no propenso al pulimiento.

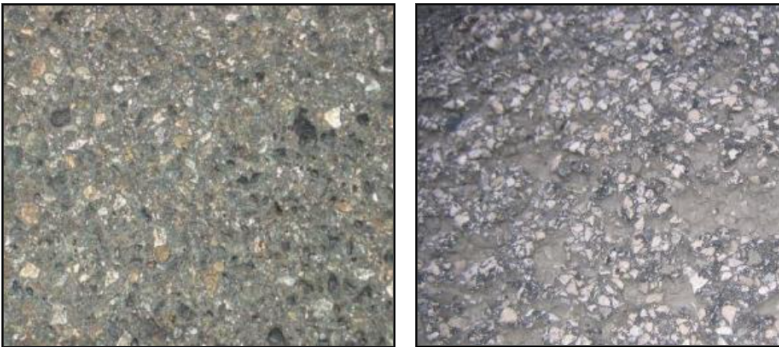


Figura 4.29 Imágenes asociadas a Pulimiento

15. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

DEFINICIÓN

- Se da por un desprendimiento de partículas de agregado grueso.

CAUSAS POSIBLES

- Colocación irregular del asfalto, mezcla pobre, el asfalto se ha endurecido en forma apreciable.
- Agregado inadecuado por falta de adherencia en el asfalto, agregado sucio, con polvo adherido.
- Lluvia durante la colocación o antes de que el asfalto adquiera consistencia.
- Puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** No Aplica
- **Medio:** Desprendimiento considerable de agregados, al menos 20 partículas de agregado por metro cuadrado.
- **Alto:** La superficie se encuentra muy rugosa por la falta de agregado grueso, puede estar completamente desprendida en lugares.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m^2). Si existe duda sobre la severidad al menos deben examinarse 3 áreas representativas de un metro cuadrado y contabilizar la pérdida de partículas.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- **Bajo:** No aplica.
- **Medio:** Sellos asfálticos, tratamientos superficiales asfálticos.
- **Alto:** Sellos asfálticos, tratamientos superficiales asfálticos o Colocación de sobrecapa asfáltica.



(a) Medio



(b) Alto

Figura 4.30 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Desprendimiento de Agregados

16. DESGASTE SUPERFICIAL

DEFINICIÓN

- Es el desgaste de la matriz de agregado fino y ligante asfáltico.

CAUSAS POSIBLES

- Erosión por exceso de humedad.
- Agregado inadecuado por falta de adherencia en el asfalto, agregado sucio, con polvo adherido.
- Oxidación de la mezcla.
- Compactación inadecuada, insuficiente contenido de asfalto.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** La superficie del asfalto empieza a mostrar signos de envejecimiento que puede ser acelerado por las condiciones climáticas. La pérdida de la matriz de agregado fino es notable y puede ir acompañada de la decoloración del color del asfalto. Los bordes de los agregados gruesos empiezan a estar expuestos (menos de 1 mm). El pavimento puede ser relativamente nuevo (6 meses).
- **Medio:** La pérdida de la matriz de agregado fino es notable y los bordes de agregado grueso pueden estar expuestos hasta $\frac{1}{4}$ de la anchura (del lado más largo) del agregado grueso debido a la pérdida de la matriz de agregado fino.
- **Alto:** Los bordes de los agregados gruesos se han expuesto más de $\frac{1}{4}$ de ancho (del lado más largo) del agregado grueso. Existe una considerable pérdida de la matriz de agregado fino que conduce a potencial o alguna pérdida de agregado grueso.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m^2).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- **Bajo:** Evaluar el área afectada para definir la intervención idónea.
- **Medio y Alto:** Sellos asfálticos, tratamientos superficiales asfálticos



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.31 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Desgaste Superficial

MISCELÁNEOS

17. ESCALONAMIENTO CALZADA-ESPALDÓN

DEFINICIÓN

- El escalonamiento es una diferencia en elevación entre el borde del pavimento y el espaldón.

CAUSAS POSIBLES

- Este daño se debe a la erosión del espaldón, el asentamiento del espaldón o al aumento de la estructura del pavimento sin ajustar el nivel del espaldón.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** La diferencia en elevación entre la calzada y el espaldón es mayor a 25 mm y menor a 50 mm.
- **Medio:** La diferencia en elevación entre la calzada y el espaldón es mayor a 50 mm y menor a 100 mm.
- **Alto:** La diferencia en elevación entre la calzada y el espaldón es mayor a 100 mm.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros lineales (m).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Para todos los casos:** Nivelación del espaldón cuando el escalonamiento es producto de problemas en la fundación o erosión.

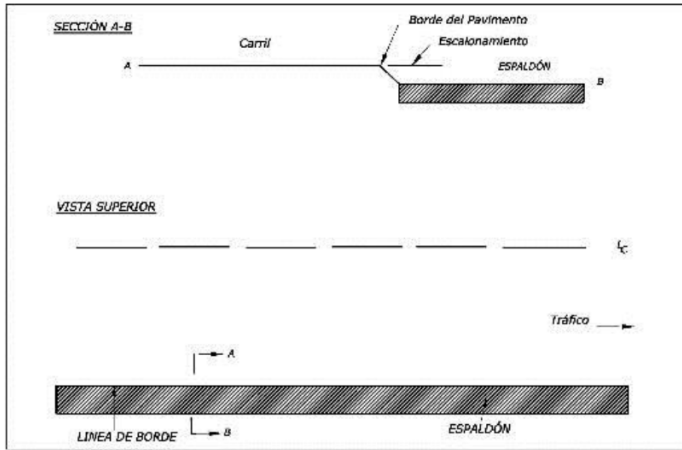


Figura 4.32 Esquema Escalonamiento entre la Calzada y el Espaldón- Pavimento Flexible
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.33 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Escalonamiento Calzada-Espaldón

18. BACHES

DEFINICIÓN

- Un bache es un área de pavimento que ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente, un bache es considerado un defecto no importa su desempeño y estado.

CAUSAS POSIBLES

- Existencia de deterioros importantes en la sección del pavimento reemplazada.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** El bache se encuentra en buena condición y la calidad de ruedo es de severidad baja o mejor.
- **Medio:** El bache está moderadamente deteriorado ó la calidad de ruedo de severidad media o ambos.
- **Alto:** El bache se encuentra muy deteriorado ó la calidad de ruedo es de severidad alta o ambos.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m²).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Bajo y Medio:** Evaluar el área afectada para definir la intervención idónea.
- **Alto:** Sustitución del Bache (Bacheo, para casos puntuales) o Sustitución de capa asfáltica.

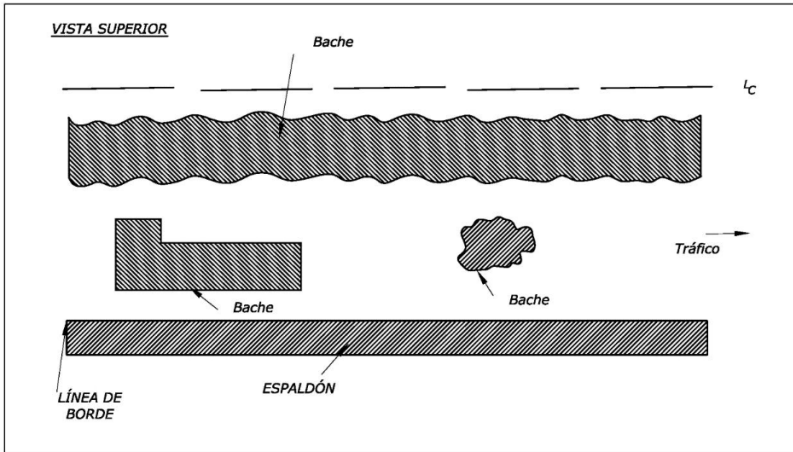


Figura 4.34 Esquema Baches- Pavimento Flexible
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.35 Imágenes de los niveles de severidad asociados a los Baches

19. HUECOS

DEFINICIÓN

- Los huecos son depresiones en la superficie del pavimento que poseen forma de tazón, usualmente el diámetro es menor a 750mm. Generalmente poseen bordes afilados y paredes verticales cerca de la superficie del hueco.

CAUSAS POSIBLES

- Fundaciones y capas inferiores inestables; espesores insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.
- Acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento y/o fundación, o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras tipo cuero de lagarto, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- Si el hueco posee un diámetro mayor a 750 mm se debe dividir el área entre 0.5 m² y encontrar el número equivalente de huecos, y si la profundidad es 25 mm o menos los huecos son considerados de severidad media, si la profundidad es más de 25 mm de severidad alta.

Profundidad máx.	Diámetro promedio		
	100 a 200mm	200 a 450mm	450 a 750mm
13 a <25mm	B	B	M
25 a 50mm	B	M	A
>50mm	M	M	A

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por unidad.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Para todos los casos:** Bacheo (para casos puntuales) o Sustitución de capa asfáltica

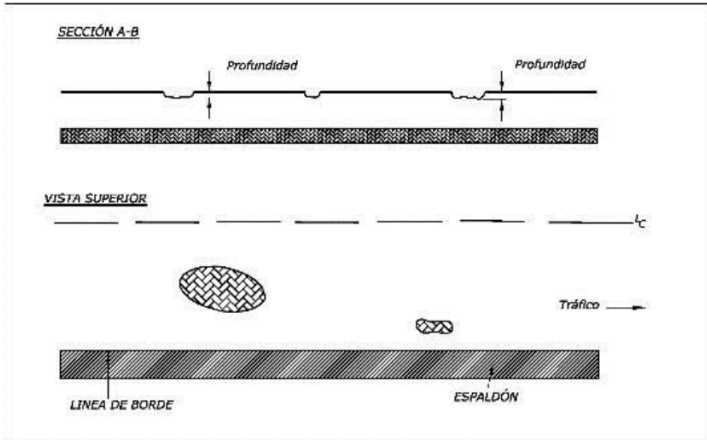


Figura 4.36 Esquema Huecos- Pavimento Flexible
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



Figura 4.37 Imágenes de los niveles de severidad asociados a los Huecos

20. CRUCE DE LÍNEA FÉRREA

DEFINICIÓN

- Hundimientos o abultamientos del pavimento cerca de las líneas férreas.

CAUSAS POSIBLES

- Mezcla asfáltica inadecuada.
- No existen labores de mantenimiento

CRITERIOS DE SEVERIDAD*

- **Bajo:** Calidad de ruedo de severidad baja, con una deformación vertical aproximada de 3 mm a 50 mm.
- **Medio:** Calidad de ruedo de severidad media, con una deformación vertical aproximada de 50 mm a 100 mm.
- **Alto:** Calidad de ruedo de severidad alta, con una deformación vertical aproximada de más de 100 mm.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En metros cuadrados (m²).

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- **Para todos los casos:** Corrección de los bordes utilizando bacheo con concreto asfáltico, respetando el derecho de vía de la línea férrea.

* Se tomaron los criterios de severidad establecidos en la norma ASTM D6433 para el deterioro **Abultamientos y Hundimientos** anteriormente mostrado.



(a) Medio



(b) Alto

Figura 4.38 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Cruce de Línea Férrea

CASO ESPECIAL

A estos deterioros no se le asignarán grados de severidad pues se considera que son de atención inmediata y aunque no se contabilizan para el cálculo del PCI, se reitera que deben ser registrados en la auscultación visual para su correspondiente corrección, ya que constituyen un riesgo para los usuarios de las vías.

TAPAS DE ALCANTARILLAS LEVANTADAS O HUNDIDAS

CAUSAS POSIBLES

- Recarpeteo de la carretera, sin corrección de la altura de alcantarillas a nivel de rasante.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por unidad.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Reubicar las alcantarillas a nivel de rasante.



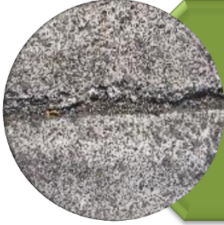
Figura 4.39 Caso especial, Alcantarillas Desniveladas

PAVIMENTO RÍGIDO



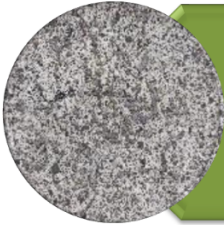
GRIETAS

- Agrietamiento Lineal
- Grieta de Esquina
- Grietas por Contracción
- Grieta de Malla o Resquebrajadura
- Losa Dividida



JUNTAS

- Daño en el Sello de Junta
- Fracturas de Esquina
- Fracturas de Junta



DETERIORO SUPERFICIAL

- Pulimiento de Agregados
- Desprendimiento de Agregados



MISCELÁNEOS

- Voladura
- Escalonamiento Calzada - Junta
- Escalonamiento Calzada - Espaldón
- Bombeo
- Punzonamiento (Puchout)
- Baches
- Cruce de Línea Férrea

¿CÓMO MEDIR LOS DETERIOROS?

En la Figura 4.40 se muestra la manera correcta de medir las grietas y fracturas.

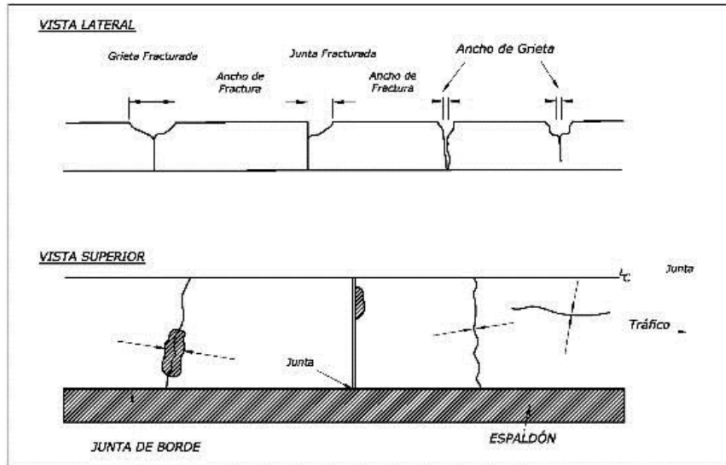


Figura 4.40 Medida correcta de los anchos de Grieta y Fractura

DEFINICIÓN DE LA SEVERIDAD

Se debe inspeccionar visualmente el deterioro y con criterio ubicar la zona de mayor severidad, la cual se considerará como la condición más crítica que define la severidad del deterioro analizado y por lo tanto deberá ser la que se anote en el registro. Si existe alguna duda al respecto, se recomienda tomar tres medidas dentro del deterioro en diferentes puntos e identificar el más crítico y con este, aplicar el criterio de severidad que corresponda.

CALIDAD DE RUEDO

La calidad de ruedo deberá ser evaluada en orden de establecer un nivel de severidad para los siguientes deterioros: Voladura (Blow up) y Cruces de línea férrea.

Para determinar el efecto que tienen estos deterioros en la calidad de ruedo, el inspector deberá manejar a la velocidad de operación establecida en la vía y usar las siguientes definiciones de nivel de severidad para la calidad de ruedo.

Severidad Baja: Se perciben vibraciones vehiculares, por ejemplo, producto de la corrugación, sin embargo no es necesario reducir la velocidad de operación para sentirse confortable y seguro. Levantamientos o hundimientos individuales generan un ligero movimiento en el vehículo pero no causan incomodidad.

Severidad Media: Se perciben vibraciones significantes, lo que provoca que sea necesario reducir la velocidad para sentirse seguro y confortable. Levantamientos o hundimientos

individuales generan un movimiento significativo en el vehículo causando alguna incomodidad.

Severidad Alta: Las vibraciones son tan excesivas que es necesario reducir significativamente la velocidad para sentirse seguro y confortable. Levantamientos o hundimientos individuales generan un movimiento excesivo en el vehículo causando mucha incomodidad, riesgo en la seguridad o algún daño al vehículo.

ALCANCE DE LAS ACCIONES DE INTERVENCIÓN

Las acciones de intervención definidas a continuación para cada deterioro, constituyen recomendaciones de posibles actividades de reparaciones puntuales dentro del ámbito de Conservación Vial, es decir, corresponden a reparaciones asociadas al nivel de severidad del deterioro específico que se trate.

Estas recomendaciones de intervención no deberán considerarse como únicas soluciones técnicas, ya que ante todo, la Administración deberá considerar el análisis integral de los deterioros (causas, severidad y frecuencia) realizado para obtener el Índice de Condición (PCI), a partir del cual, deberá plantearse una solución integral a una posible combinación de deterioros en un área determinada. Esta combinación de deterioros podría implicar la consideración de otro nivel de intervención asociado a reconstrucción, mejoramiento o construcción. En todo caso la solución técnica o intervención recomendada se basará en los respectivos estudios y diseños técnico-económicos, suficientes y pertinentes que deberán ser ejecutados por un profesional responsable.

Como parte fundamental de la valoración de la condición de la carretera, para la determinación de las acciones de intervención, se deberá determinar preliminarmente si hay carencia o deficiencia del sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento. La no atención de estos elementos de la carretera, generará intervenciones técnicas y económicas en la estructura del pavimento inefectivas y de corta duración.

GRIETAS

1. AGRIETAMIENTO LINEAL (LONGITUDINAL, TRANSVERSAL Y DIAGONAL)

DEFINICIÓN

- Grietas que generalmente dividen la losa en 2 o 3 piezas.

CAUSAS POSIBLES

- Asentamiento de la base y/o la subrasante.
- Repetición de cargas pesadas (fatiga del concreto).
- Gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad.
- Carencia de una junta longitudinal.
- Inadecuado dimensionamiento de losas
- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base o alabeo térmico.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** *Losas no reforzadas:* Grietas sin rellenar menores a 13 mm ó grietas rellenas de cualquier ancho con el sello en codición satisfactoria. No existe escalonamiento. *Losas reforzadas:* Grietas sin rellenar con ancho mayor a 3mm y menor a 25 mm ó grietas rellenas de cualquier ancho con el sello en codición satisfactoria. No existe escalonamiento.
- **Medio:** *Losas no reforzadas:* Grietas sin rellenar con ancho mayor a 13 mm y menor a 50 mm ó grietas sin rellenar con ancho menor a 50 mm y borde fracturado menor a 10 mm ó grietas selladas de cualquier ancho con escalonamiento menor a 10 mm. *Losas reforzadas:* Grietas sin rellenar con ancho mayor a 25 mm y menor a 75 mm y sin escalonamiento ó grietas sin rellenar con ancho menor a 75 mm y con escalonamiento menor a 10 mm ó grietas selladas de cualquier ancho con escalonamiento menor a 10 mm.
- **Alto:** *Losas no reforzadas:* Grietas sin rellenar con ancho mayor a 50 mm ó grietas sin rellenar o rellenas con escalonamiento mayor a 10 mm. *Losas reforzadas:* Grietas sin rellenar con ancho mayor a 75 mm ó grietas sin rellenar o rellenas con escalonamiento mayor a 10 mm.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa para un nivel de severidad, si existen dos grietas de severidad media en una losa ésta se cuenta como de severidad alta. En losas reforzadas las grietas menores a 3 mm de ancho se cuentan como grietas por contracción.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Bajo y Medio:** Sellado de juntas y grietas.
- **Alto:** Reparación de losas en todo el espesor

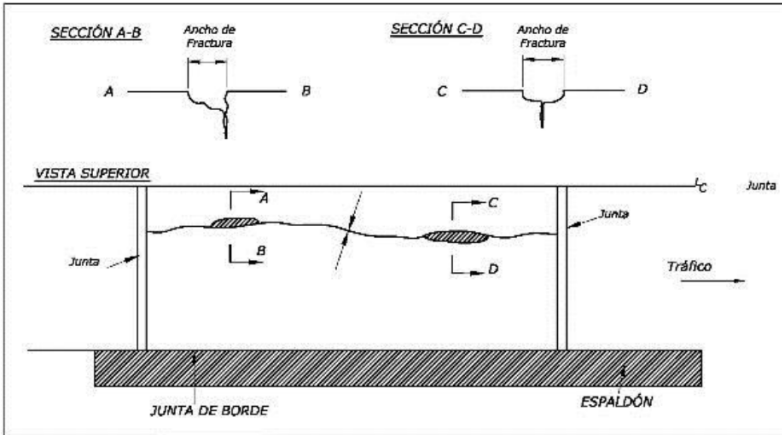


Figura 4.41 Esquema Grieta Longitudinal- Pavimento Rígido
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.

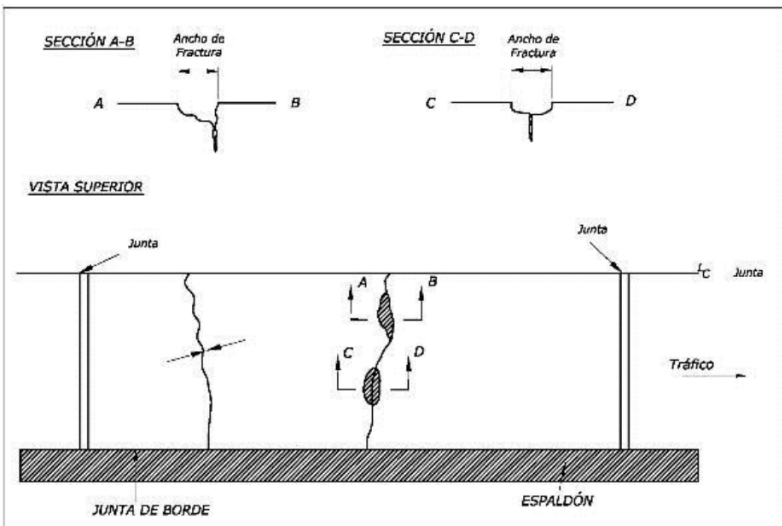


Figura 4.42 Esquema Grieta Transversal- Pavimento Rígido
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.43 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Agrietamiento Lineal

2. GRIETA DE ESQUINA

DEFINICIÓN

- Es una grieta que interseca dos juntas perpendiculares en una distancia menor o igual a la mitad de la longitud de la losa medida a partir de la esquina, formando un triángulo (grieta en diagonal).

CAUSAS POSIBLES

- Falta de apoyo en la losa, originado por alabeo térmico o por erosión de la base.
- Sobrecarga en las esquinas.
- Deficiente transmisión de cargas entre juntas.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** Las grietas de esquina son definidas por los criterios correspondientes al deterioro de "Agrietamiento Lineal" de severidad baja.
- **Medio:** Las grietas de esquina son definidas por los criterios correspondientes al deterioro de "Agrietamiento Lineal" de severidad media.
- **Alto:** Las grietas de esquina son definidas por los criterios correspondientes al deterioro de "Agrietamiento Lineal" de severidad alta.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa, si posee más de una grieta de esquina con diferente severidad se debe contar como la severidad más alta.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Bajo y Medio:** Sellado de juntas y grietas. Inyección de lechada.
- **Alto:** Reparación de losas en todo el espesor

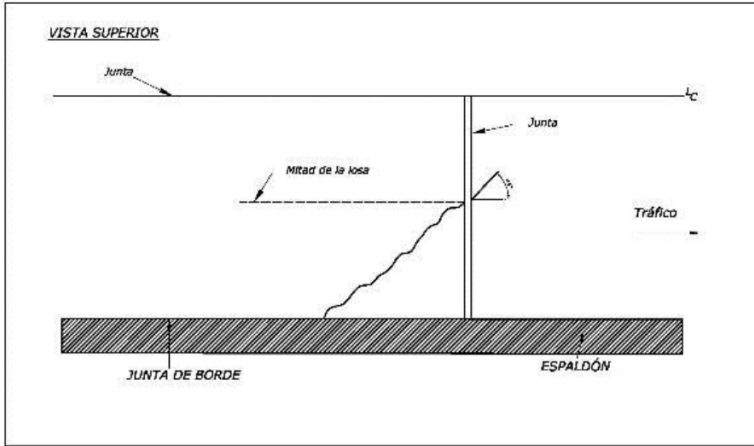


Figura 4.44 Esquema Grieta de Esquina- Pavimento Rígido
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.45 Imágenes de los niveles de severidad asociados a la Grieta de Esquina

3. GRIETAS POR CONTRACCIÓN

DEFINICIÓN

- Grietas finas, de menos de 2 m de longitud que no se extienden en toda la losa, ni en todo el espesor.

CAUSAS POSIBLES

- Se forman durante el curado del concreto. Dado que el agua que se encuentra en la superficie se evapora a un ritmo diferente del concreto subyacente, se genera una tasa diferencial de contracción que produce tensiones que se alivian por la formación de estas grietas.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- No posee criterios de severidad.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar el área afectada para definir la intervención a realizar.



Figura 4.46 Imagen asociada a la Grieta por Contracción

4. GRIETA DE MALLA O RESQUEBRAJADURA

DEFINICIÓN

- Sistema de grietas finas interconectadas que sólo se producen en la superficie del pavimento, se tienden a intersecar en ángulos de 120°.

CAUSAS POSIBLES

- Concreto sobre acabado.
- Construcción inadecuada.
- Agregados pobres.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** Existe el deterioro en la mayoría del área de la losa pero la condición de la superficie es buena, no hay resquebrajaduras.
- **Medio:** Existe el deterioro en la mayoría del área de la losa pero menos del 15 % está resquebrajado.
- **Alto:** Existe el deterioro en la mayoría del área de la losa, más del 15 % está resquebrajado.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa, la severidad baja sólo deberá anotarse si se nota el potencial por aumentar de grado.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- **Bajo y Medio:** Evaluar el área afectada para definir la intervención a realizar.
- **Alto:** Reparación de losas en espesores parciales.

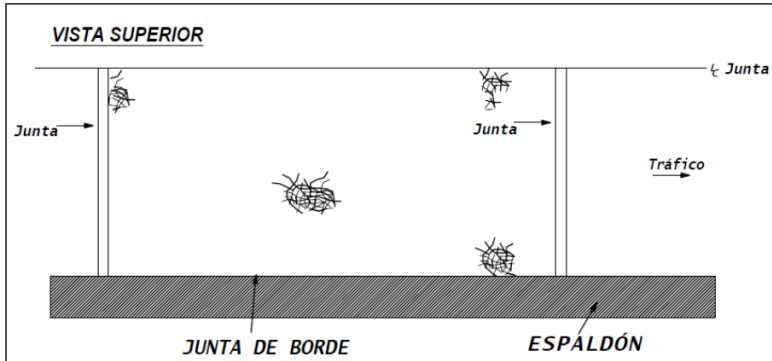


Figura 4.47 Esquema Grieta de Malla- Pavimento Rígido



Figura 4.48 Imágenes de los niveles de severidad asociados a la Grieta de Malla

5. LOSA DIVIDIDA

DEFINICIÓN

- Las grietas dividen la losa en 4 o más partes.

CAUSAS POSIBLES

- Losa sobrecargada. Fatiga del concreto.
- Capacidad de soporte deficiente de la losa.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de piezas		
	2 a 3	4 a 5	>5
B	B	B	M
M	B	M	A
A	M	A	A

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- La medición se realizará contabilizando las losas afectadas, si el deterioro es de seriedad media a alta, no se deberá tomar en cuenta ningún otro deterioro de esa losa.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Bajo:** Sellado de juntas y grietas.
- **Medio:** Sellado de juntas y grietas o Reparación de losas en todo el espesor.
- **Alto:** Reparación de losas en todo el espesor.

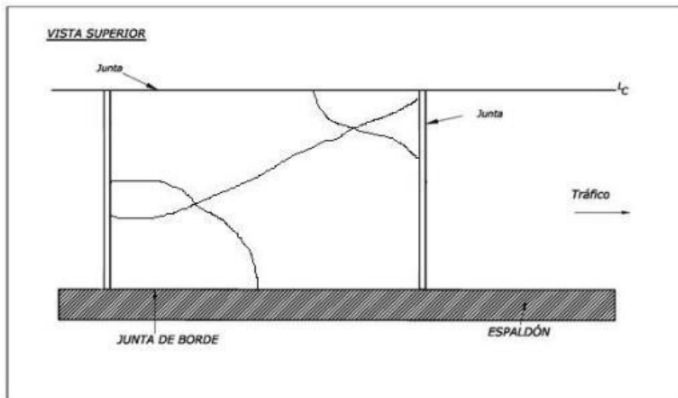
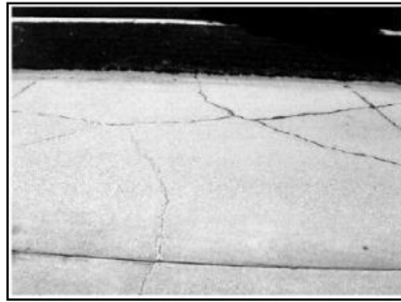


Figura 4.49 Esquema Losa Dividida- Pavimento Rígido



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.50 Imágenes de los niveles de severidad asociados a la Losa Dividida

DETERIORO EN LAS JUNTAS

6. DAÑO EN EL SELLO DE JUNTA

DEFINICIÓN

- Se entiende por daño en el sello de junta como cualquier condición en el sello que permita la acumulación de material (suelo o material incompresible) en las juntas y que permita el paso del agua a las capas subyacentes.

CAUSAS POSIBLES

- Endurecimiento por oxidación del material de sello.
- Pérdida de adherencia con los bordes de las losas (Falla cohesiva).
- Levantamiento del material de sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas.
- Escasez o ausencia del material de sello.
- Material de sello inadecuado.
- Crecimiento de plantas en juntas.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** El sello de junta se encuentra en general en buenas condiciones a lo largo de la unidad de muestreo (UM). El sellado sólo posee daños menores. El sello se ha desprendido de alguna pared pero aún se encuentra en el sitio, esta situación se evalúa insertando un cuchillo entre el sello y la pared de la losa y si el sello no opone resistencia entonces es que está despegado.
- **Medio:** El sello de junta se encuentra en condición pobre a través de toda la UM, con algún tipo de daño en grado moderado (El sello está en su lugar pero el agua puede filtrarse a través de aberturas visibles de aproximadamente 3 mm, existe vegetación en la junta pero aún es visible el sellado, el sellador se encuentra oxidado y sin "vida" pero flexible).
- **Alto:** El sello de junta se encuentra en pésima condición a través de toda la UM, con alguno o todos los daños mencionados anteriormente en un grado severo. El sello necesita reparación inmediata. Si más del 10 % del sello excede los criterios mencionados anteriormente o si más del 10 % del sello no se encuentra.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

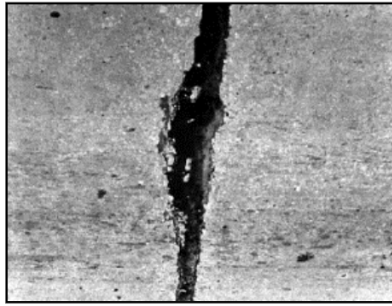
- Se estima la condición del sello en general a través de todo el área de análisis.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- **Para todos los casos:** Limpieza y Sellado de juntas y grietas.



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.51 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Daño en el Sello de Junta

7. FRACTURAS DE ESQUINA

DEFINICIÓN

- Es la fractura de la losa aproximadamente a 0,5 m de la esquina, es diferente del agrietamiento de esquina porque las fracturas generalmente se alinean para intersectar la junta.

CAUSAS POSIBLES

- Excesivas tensiones en las juntas ocasionadas por las cargas del tránsito y/o por infiltración de materiales incompresibles.
- Debilidad del concreto en la proximidad de la junta debido a un sobreacabado y excesiva disturbación durante la ejecución de la junta.
- Deficiente diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga de la junta.
- Acumulación de agua a nivel de las juntas.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

Profundidad de la fractura	Dimensiones de los lados de la fractura	
	130 x 130mm a 300 x 300mm	> 300 x 300mm
<25mm	B	B
25 a 50mm	B	M
> 50mm	M	A

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa, las fracturas de menos de 130 mm de la grieta a la esquina en ambos lados no deben ser contabilizadas.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Bajo:** Sellado de juntas y grietas.
- **Medio y Alto:** Reparación de losas en espesores parciales o en espesor total dependiendo de su profundidad.



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.52 Imágenes de los niveles de severidad asociados a la Fractura de Esquina

8. FRACTURAS DE JUNTA

DEFINICIÓN

- Es la fractura de los bordes de la losa de aproximadamente 5 cm de grosor.

CAUSAS POSIBLES

- Excesivas tensiones en las juntas ocasionadas por las cargas del tránsito y/o por infiltración de materiales incompresibles.
- Debilidad del concreto en la proximidad de la junta debido a un sobreacabado y excesiva disturbación durante la ejecución de la junta.
- Deficiente diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga de la junta.
- Acumulación de agua a nivel de las juntas.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- El ancho de fractura se refiere al ancho del desprendimiento de concreto de acuerdo con la Figura 4.53 Esquema Fractura de Junta - Pavimento Rígido.

Piezas fracturadas	Ancho de la fractura	Longitud de la fractura	
		<500mm	>500mm
Juntas-no pueden ser removidas fácilmente	<100mm	B	B
	>100mm	B	B
Sueitas-se pueden remover y algunas piezas ya no están. La fractura es ligera, menos de 25mm	<100mm	B	M
	>100mm	B	M
Removidas-la mayoría de las piezas ya no están	<100mm	B	M
	>100mm	M	A

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa, si la fractura sólo se encuentra a través del borde de la junta, se cuenta como una losa, si se comparte la fractura con otra losa ambas deben ser contabilizadas.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- **Bajo:** Sellado de juntas y grietas.
- **Medio y Alto:** Reparación de losas en espesores parciales o en espesor total dependiendo de su profundidad.

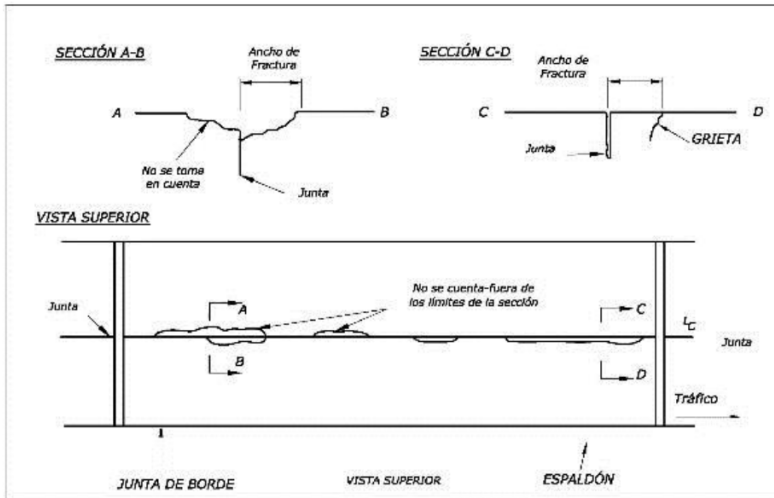
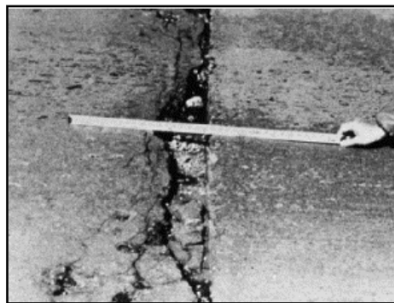


Figura 4.53 Esquema Fractura de Junta - Pavimento Rígido
 Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



(a) Bajo



(b) Alto

Figura 4.54 Imágenes de los niveles de severidad asociados a la Fractura de Junta

DETERIORO SUPERFICIAL

9. PULIMIENTO DE AGREGADOS

DEFINICIÓN

- El pulimiento de agregado se encuentra presente cuando se realiza un análisis de cerca al pavimento y éste revela que el tamaño del agregado es muy pequeño o se encuentra sin superficie rugosa que permita un agarre adecuado.

CAUSAS POSIBLES

- Este daño se causa por aplicaciones repetidas de cargas del tránsito, particularmente cuando el concreto es de calidad pobre y favorece la exposición de los mismos.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- No posee criterios de severidad, pero el deterioro deberá ser significativo para poder contabilizarlo.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Reparación de losas en espesores parciales. Cepillado.



Figura 4.55 Imagen asociada a Pulimiento de Agregados

10. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

DEFINICIÓN

- Es el desprendimiento de algunas piezas de agregado grueso del pavimento. El diámetro del hueco que dejan generalmente varía entre 25 mm a 100 mm y la profundidad entre 13 mm a 50 mm.

CAUSAS POSIBLES

- Puede deberse a partículas blandas o fragmentos de concreto rotos y desgastados por el tránsito.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- No posee criterios de severidad pero el deterioro deberá ser de mínimo 3 desprendimientos de agregado por metro cuadrado.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Reparación de losas en espesores parciales.

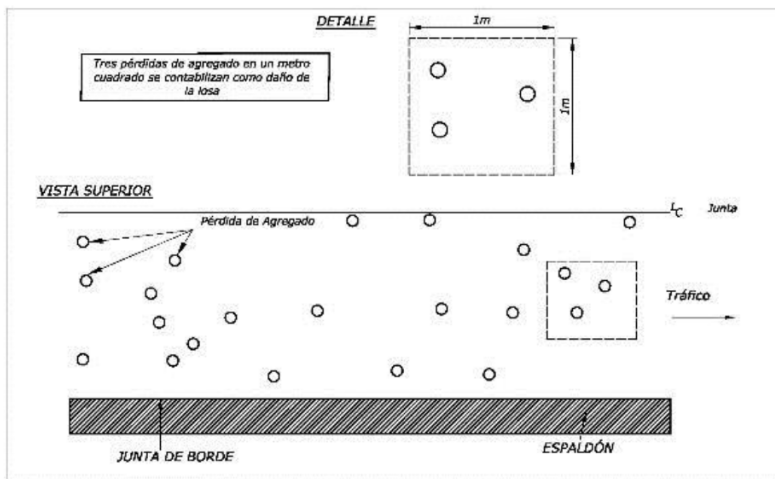


Figura 4.56 Esquema Desprendimiento de Agregados- Pavimento Rígido
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



Figura 4.57 Imagen asociada a Desprendimiento de Agregados

MISCELÁNEOS

11. VOLADURA (BLOW UP)

DEFINICIÓN

- Las voladuras/explosiones ocurren en temperaturas altas, usualmente en las juntas o grietas transversales que no poseen ancho suficiente para que las losas se expandan. Al colisionar la presión hace que los bordes de las losas exploten.

CAUSAS POSIBLES

- Cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, ocurrirá un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Buckling) o fragmentación en la vecindad de la junta.
- También pueden ocurrir en los sumideros y en los bordes de las zanjas realizadas para la instalación de servicios públicos.

CRITERIOS DE SEVERIDAD*

- **Bajo:** Calidad de ruedo de severidad baja, levantamiento de 3 mm a 10 mm.
- **Medio:** Calidad de ruedo de severidad media, levantamiento de 10 mm a 20 mm.
- **Alto:** Calidad de ruedo de severidad alta, levantamiento mayor a 20 mm.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- En una grieta se cuenta como una losa, si ocurre en una junta cuenta como dos losas.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- **Para todos los casos:** Reparación de losas en todo el espesor, en una franja del ancho de la losa que comprenda longitudinalmente toda la zona afectada. Reconstruir la junta de contracción (Sello de juntas y grietas), cuando corresponda.

**Se utilizaron los criterios establecidos por la Norma ASTM D6433 (2011) correspondientes al deterioro Escalonamiento entre calzada y juntas, mostrado a continuación.*

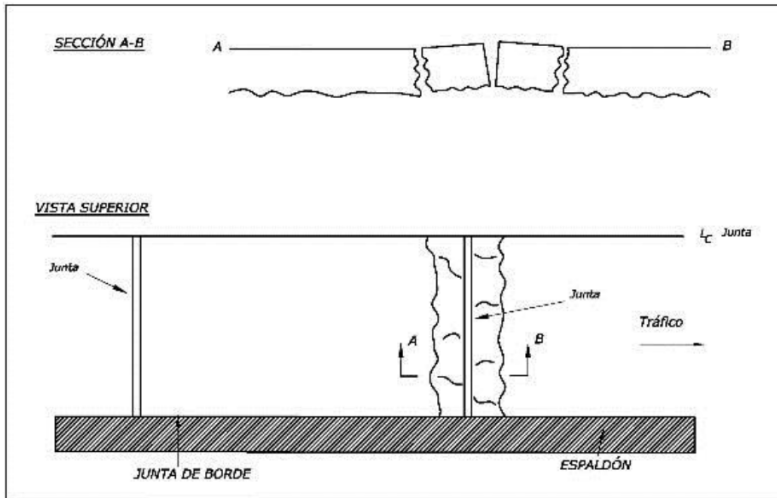


Figura 4.58 Esquema Voladuras - Pavimento Rígido
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



(a) Bajo



(b) Alto

Figura 4.59 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Voladura

12. ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y JUNTAS

DEFINICIÓN

- Diferencia de elevación a través de una junta entre losas de la superficie de ruedo.

CAUSAS POSIBLES

- Diferencia entre el asentamiento o erosión.
- Asentamientos diferenciales de la subrasante.
- Puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua. Mal drenaje.
- Deficiencias en el traspaso de cargas entre las losas.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

Nivel de Severidad	Diferencia de elevación
B	3 a 10mm
M	10 a 20mm
A	>20mm

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa, sólo las losas afectadas se cuentan.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Para todos los casos:** Levantamiento localizado de losas o Reparación de losas en espesor total.

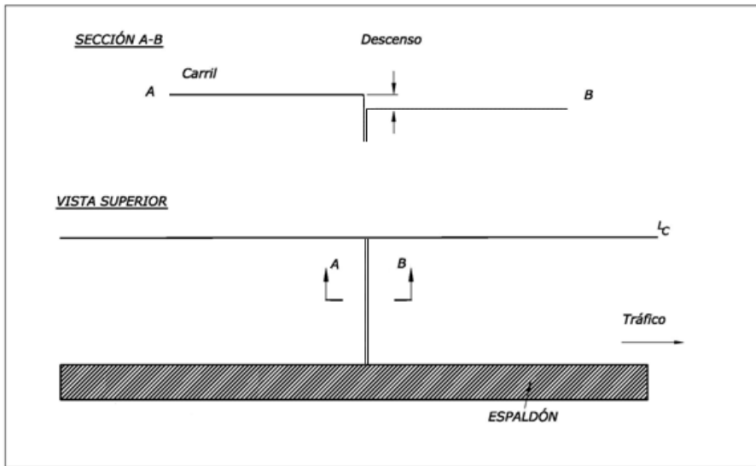


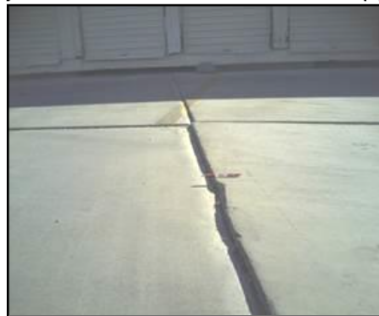
Figura 4.60 Esquema Escalonamiento entre Calzada y Juntas- Pavimento Rígido



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.61 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Escalonamiento entre Calzada y Juntas

13. ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y ESPALDÓN

DEFINICIÓN

- Diferencia de elevación entre la calzada y el espaldón.

CAUSAS POSIBLES

- Diferencia entre el asentamiento o erosión del espaldón y el borde del pavimento.
- Asentamiento del espaldón, normalmente por una compactación insuficiente. Asentamientos diferenciales de la subrasante.
- Puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua. Mal drenaje.
- Deficiencias en el traspaso de cargas entre las losas y el espaldón.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** El escalonamiento es mayor a 25 mm y menor o igual que 50 mm.
- **Medio:** El escalonamiento es mayor a 50 mm y menor o igual que 100 mm.
- **Alto:** El escalonamiento es mayor que 100 mm.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa, si posee más de un escalonamiento con diferente severidad se debe contar como la severidad del promedio del escalonamiento mayor y menor.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Para todos los casos:** Levantamiento localizado de losas o Reparación de losas en espesor total.

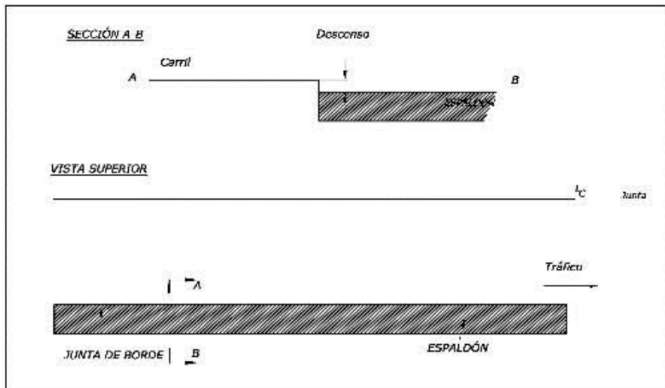


Figura 4.62 Esquema Escalonamiento entre Calzada y Espaldón - Pavimento Rígido
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.63 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Escalonamiento entre Calzada y Espaldón

14. BOMBEO

DEFINICIÓN

- Este deterioro consiste en la salida (lavado) del material de fundación (base) a través de juntas o grietas.

CAUSAS POSIBLES

- Esto se origina por la deflexión de la losa debido a las cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta entre las losas, el agua es primero forzada bajo la losa delantera y luego hacia atrás bajo la losa trasera. Esta acción erosiona y eventualmente remueve las partículas de suelo, lo cual genera una pérdida progresiva del soporte del pavimento.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- No posee criterios de severidad.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa, si la junta por la que se da el bombeo es entre dos losas, se deben contar ambas.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- Localizar el origen del agua infiltrada; si es por las mismas juntas y grietas, se resellan mediante la actividad de Sello de juntas y grietas.



Figura 4.64 Imagen asociada a Bombeo

15. PUNZONAMIENTO (PUNCHOUT)

DEFINICIÓN

- Este deterioro se da en un área localizada en la losa que se ha partido en pedazos, generalmente lo define una grieta y una junta, la separación entre ambas es menor a 1,5 m.

CAUSAS POSIBLES

- Cargadas pesadas repetidas.
- Espesor de losa inadecuado.
- Pérdida de apoyo en la fundación.
- Problemas constructivos.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de piezas		
	2 a 3	4 a 5	>5
B	B	B	M
M	B	M	A
A	M	A	A

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Para todos los casos:** Reparación de losas en todo el espesor, en una franja del ancho de la losa que comprenda longitudinalmente toda la zona afectada. Reconstruir la junta de contracción (Sello de juntas y grietas), cuando corresponda.

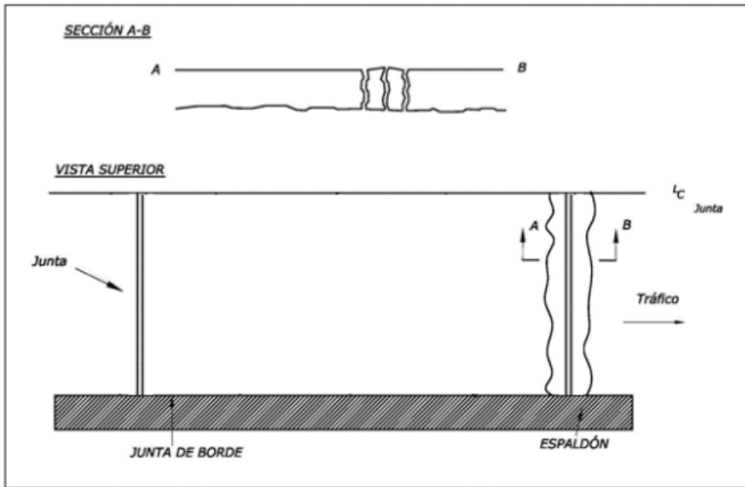
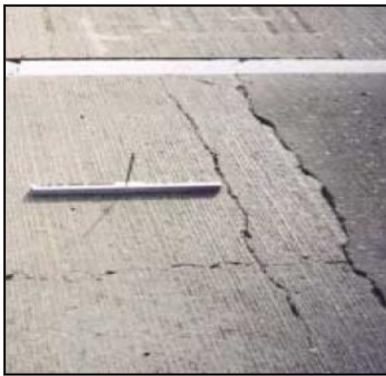
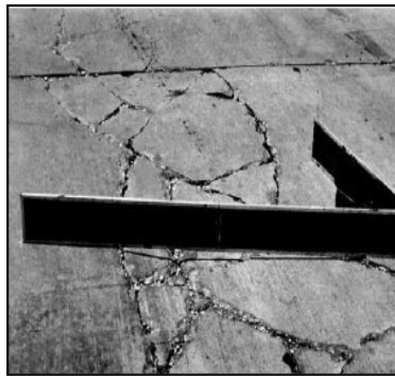


Figura 4.65 Esquema Punzonamiento (Punchout) - Pavimento Rígido
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration, 2003.



(a) Bajo



(b) Alto

Figura 4.66 Imágenes de los niveles de severidad asociados al Punzonamiento (Punchout)

16. BACHES MAYORES A 0,5 m²

DEFINICIÓN

- Un bache es un área en donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por otro material de relleno. Un corte de utilidad es un bache que reemplaza el pavimento original con el fin de permitir la instalación o mantenimiento de servicios subterráneos.

CAUSAS POSIBLES

- En el caso de baches asfálticos, capacidad estructural insuficiente del bache o mala construcción del mismo.
- En reemplazo por nuevas losas de concreto de espesor similar al del pavimento existente, insuficiente traspaso de cargas en las juntas de contracción o mala construcción.
- En baches de concreto de pequeñas dimensiones, inferiores a una losa, retracción de fraguado del concreto del bache que lo despega del concreto antiguo.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** El bache funciona bien con poco o ningún deterioro.
- **Medio:** El bache se encuentra moderadamente deteriorado o moderadamente fracturado en los bordes o ambos. El material del bache se puede quitar con mucho esfuerzo.
- **Alto:** El bache se encuentra muy deteriorado, necesita reemplazo.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa, si posee más de un bache con diferente severidad se debe contar como la severidad más alta.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Para todos los casos:** Reparación de losas en espesores parciales o en todo el espesor de acuerdo con la condición identificada.

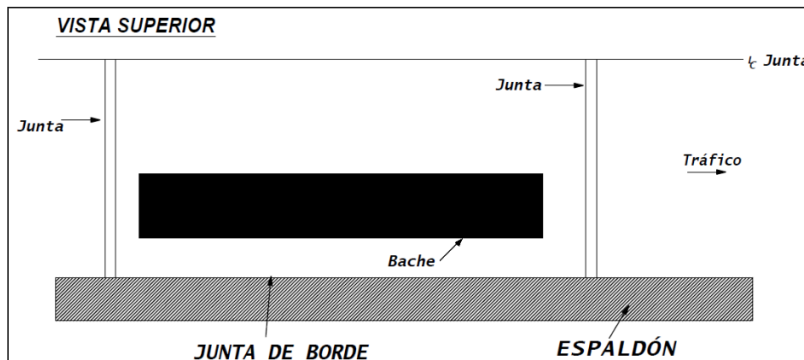


Figura 4.67 Esquema Baches mayores a 0,5 m² - Pavimento Rígido Continuo



(a) Bajo



(b) Medio



(c) Alto

Figura 4.68 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Baches mayores a 0,5 m²

17. BACHES MENORES A 0,5 m²

DEFINICIÓN

- Un bache es un área en donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por otro material de relleno.

CAUSAS POSIBLES

- En el caso de baches asfálticos, capacidad estructural insuficiente del bache o mala construcción del mismo.
- En reemplazo por nuevas losas de concreto de espesor similar al del pavimento existente, insuficiente traspaso de cargas en las juntas de contracción o mala construcción.
- En baches de concreto de pequeñas dimensiones, inferiores a una losa, retracción de fraguado del concreto del bache que lo despega del concreto antiguo.

CRITERIOS DE SEVERIDAD

- **Bajo:** El bache funciona bien con poco o ningún deterioro.
- **Medio:** El bache se encuentra moderadamente deteriorado o moderadamente fracturado en los bordes o ambos. El material del bache se puede quitar con mucho esfuerzo.
- **Alto:** El bache se encuentra muy deteriorado, necesita reemplazo.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Por losa, si posee más de un bache con diferente severidad se debe contar como la severidad más alta.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- **Para todos los casos:** Reparación de losas en espesores parciales o en todo el espesor de acuerdo con la condición identificada.

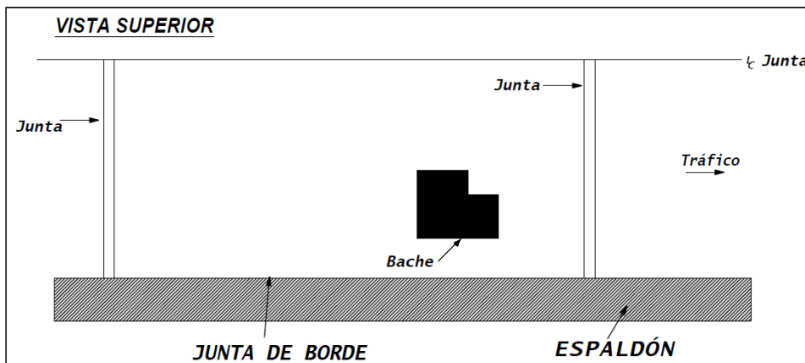


Figura 4.69 Esquema Baches menores a 0,5 m² - Pavimento Rígido Continuo



Figura 4.70 Imágenes del nivel de severidad alta asociado a Baches menores a 0,5 m²

18. CRUCE DE LÍNEA FÉRREA

DEFINICIÓN

- Hundimientos o abultamientos del pavimento entre o cerca de las líneas o ambos.

CAUSAS POSIBLES

- Inadecuado mantenimiento.

CRITERIOS DE SEVERIDAD*

- **Bajo:** Calidad de ruedo de severidad baja, desnivel de 3 mm a 10 mm.
- **Medio:** Calidad de ruedo de severidad media, desnivel de 10 mm a 20 mm.
- **Alto:** Calidad de ruedo de severidad alta, desnivel mayor a 20 mm.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Se cuentan todas las losas que cruce la línea férrea.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- **Para todos los casos:** Corrección de los bordes mediante reparación de losas en espesores parciales.

**Se utilizaron los criterios establecidos por la Norma ASTM D6433 (2011) correspondientes al deterioro Escalonamiento entre calzada y juntas, mostrado anteriormente.*



(a) Bajo



(b) Alto

Figura 4.71 Imágenes de los niveles de severidad asociados a Cruce de Línea Férrea

CASOS ESPECIALES

A estos deterioros no se le asignarán grados de severidad pues se considera que son de atención inmediata y aunque no se contabilizan para el cálculo del PCI, se reitera que deben ser registrados en la auscultación visual para su correspondiente corrección, ya que constituyen un riesgo para los usuarios de las vías.

HUECOS

CAUSAS POSIBLES

- Fundaciones y capas inferiores inestables.
- Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes.
- Defectos constructivos.
- Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.
- Mortero poco homogéneo.

MEDICIÓN DEL DETERIORO

- Contabilizar el número de losas afectadas.

POSIBLES ACCIONES DE INTERVENCIÓN

- Evaluar previamente el sistema de drenaje superficial o subdrenajes, para lo cual y si corresponde, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar afectaciones en la estructura del pavimento.
- Reemplazo de las losas afectadas.



Figura 4.72 Caso Especial, Huecos en Pavimento Rígido.

Capítulo 5 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN SUPERFICIAL (PCI)

El Índice de Condición Superficial (PCI, por sus siglas en inglés) da una idea general de la condición de la estructura de pavimento, pues permite determinar, de acuerdo con los deterioros presentes en la carpeta las posibles causas del daño. Este índice se define y calcula de acuerdo con la metodología ASTM D6433 (2011) y varía de 0-100, donde 0 es la peor condición y 100 la mejor, de acuerdo a la siguiente escala:

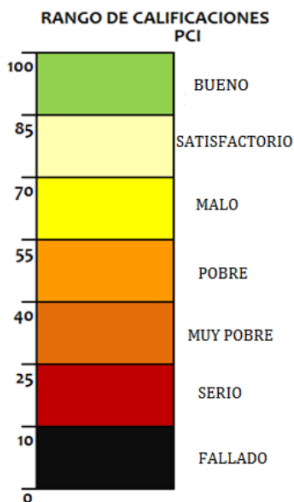


Figura 5.1 Rango de Calificaciones PCI

4.1 Cálculo del PCI de las Unidades de Muestreo

Una vez efectuada la inspección de campo y recolectada la información sobre los deterioros superficiales, se procederá a realizar el cálculo del PCI para cada unidad de muestreo (UM). El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los "Valores Deducidos (VD)" de cada daño de acuerdo con la cantidad (medida) y severidad reportadas.

Los Valores Deducidos se entienden como un rango de valores de 1-100, que castigan un tipo de deterioro superficial. Estos valores se obtienen de las gráficas de la norma ASTM D6433, creadas para el cálculo del PCI.

4.1.1 Cálculo para Carreteras con Pavimento Flexible

En la siguiente Tabla 5.1 se muestra el orden correcto de los datos obtenidos de la auscultación para una unidad de muestra conforme lo estipulado en el Capítulo 3, para el cálculo del PCI.

Tabla 5.1 Orden de los Datos Obtenidos en el Levantamiento de Campo (Pav. Flexible)

a	b	c	d	e	f	g
Unidad de Muestra	Área de la UM	Deterioros Auscultados	Severidad	Medida	Densidad	Valor Deducido
1						
2						
3						

Primer Paso. Cálculo de los Valores Deducidos

- Rellenar los datos de las columnas **a, b, c, d** y e de la **Tabla 5.1**, con los datos obtenidos del levantamiento de campo (**Figuras 3.1 y 3.2**). El área de la UM se calcula como el ancho de la calzada por la longitud de la UM (Área UM=anchoCalz.*long.UM).
- Divida la medida de cada clase de deterioro asociado a cada nivel de severidad (columna **e** de la **Tabla 5.1**), entre el área de la UM (columna **b** de la **Tabla 5.1**) y exprese el resultado como porcentaje en la columna **f** de la **Tabla 5.1**. Esta es la **DENSIDAD** del deterioro, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio. Las medidas asociadas a los deterioros no necesariamente son áreas (metros lineales en la mayoría de casos de grietas) pero de todas formas se dividirán entre el área de la UM. Las unidades pueden no cancelarse con esta división pero las gráficas para el cálculo de los valores deducidos toman en consideración esta diferencia y la asumen, por lo que no implica ningún error ingresar de esa manera en ellas.
- Ingresar en las gráficas para el cálculo de los valores deducidos que se adjuntan en el Apéndice 4. Existe una gráfica por cada deterioro y dentro de esta una línea por cada nivel de severidad (verificar que correspondan con el tipo de pavimento analizado).

Ejemplo

Retomando el ejemplo citado en el apartado **3.2 (Ejemplo de levantamiento de deterioros)**, tomamos los datos de las **Figuras 3.6 y 3.7** y llenamos la siguiente **Tabla**:

Tabla 5.2 Procesar los Datos Obtenidos en Campo para la UM

a	b	c	d	e	f	g
Unidad de Muestra	Área de la UM	Deterioros Auscultados	Severidad	Medida	Densidad	Valor Deducido
5	31,5m*12m= 378m ²	Cuero de Lagarto	Baja	6m ²	(6m ² /378m ²) *100= 1,6%	
		Cuero de Lagarto	Media	20m ²	(20m ² /378m ²) *100= 5,3%	
		Huecos	Baja	2 unid.	(2unid./378m ²) *100= 0,5 und/m²	
		Bache	Media	25m ²	(25m ² /378m ²) *100= 6,6%	

Se continúa calculando los valores deducidos asociados a cada deterioro, para esto se buscan las gráficas correspondientes en el Apéndice 4. De manera que, con el primer valor 1.6% en la gráfica de cuero de lagarto, se determina que el valor deducido es 14, tal como se muestra en la Figura 5.2.

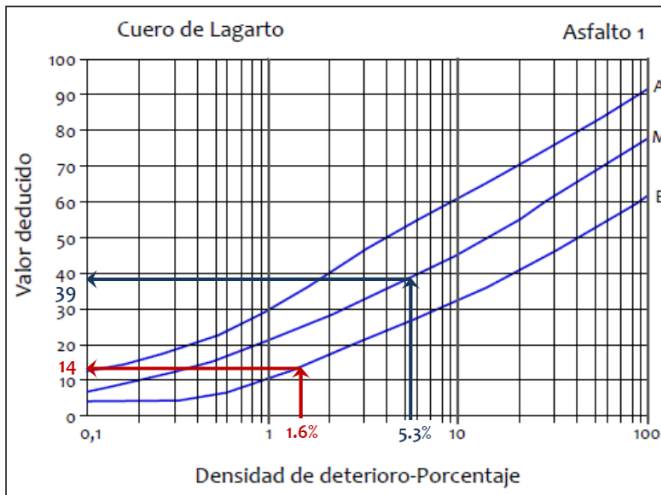


Figura 5.2 Gráfica para el Cálculo de los Valores Deducidos del Deterioro Cuero de Lagarto-Asfalto.

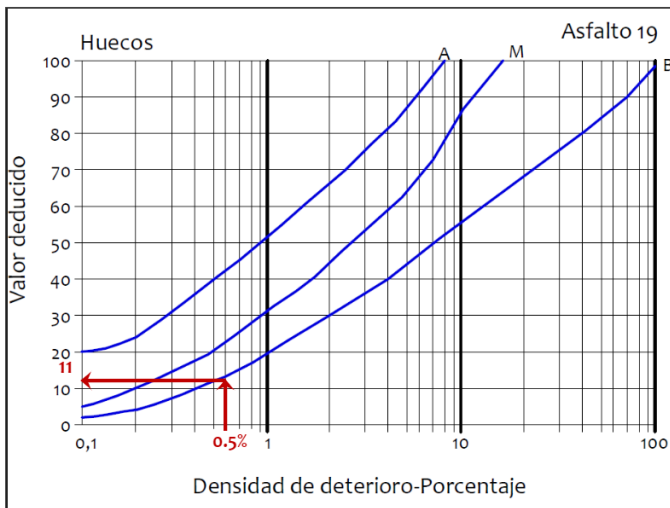


Figura 5.3 Gráfica para el Cálculo de los Valores Deducidos del Deterioro Huecos-Asfalto

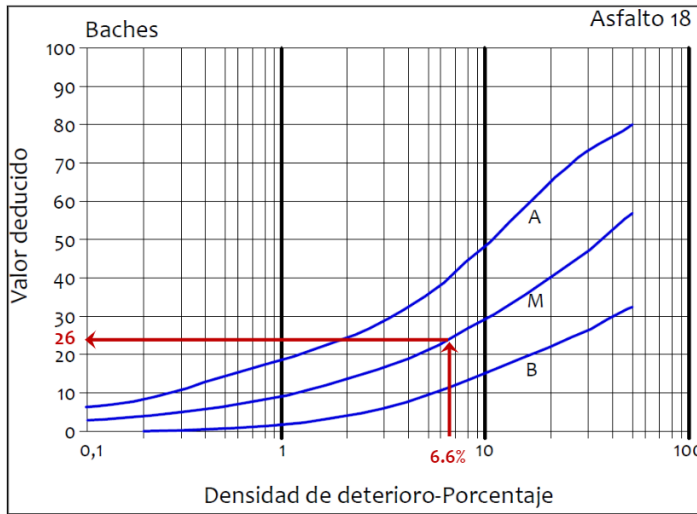


Figura 5.4 Gráfica para el Cálculo de los Valores Deducidos del Deterioro Baches-Asfalto

Volviendo al ejemplo tenemos:

Tabla 5.3 Procesar los Datos Obtenidos en Campo para una UM, continuación

a	b	c	d	e	f	g
Unidad de Muestra	Área de la UM	Deterioros Auscultados	Severidad	Medida	Densidad	Valor Deducido
5	31,5m*12m= 378m ²	Cuero de Lagarto	Baja	6m ²	(6m ² /378m ²) *100= 1,6%	14
		Cuero de Lagarto	Media	20m ²	(20m ² /378m ²) *100= 5,3%	39
		Huecos	Baja	2 unid.	(2unid./378m ²) *100= 0,5 und/m ²	11
		Bache	Media	25m ²	(25m ² /378m ²) *100= 6,6%	26

Segundo Paso. Cálculo del Número de Deduciones Admisibles (m)

- Analizando los valores deducidos obtenidos del primer paso, se pueden obtener los siguientes casos:
 - Ningún o sólo un valor deducido es mayor a 2
 - Más de un valor deducido es mayor a 2 o todos los valores deducidos son mayores a 2.
- Para los casos expuestos: en a) no se calcula el m, se utilizará el valor deducido total (la suma de todos los valores deducidos) sin corregir y se continúa en el Cuarto Paso, en b) se debe calcular el m.

- Para calcular el m , se deberán ordenar los valores deducidos obtenidos del primer paso en orden descendiente (de mayor a menor), el mayor de estos valores se conoce como mayor valor deducido individual (MVD).
- Seguidamente utilizando la Ecuación 5.1 (o la Figura 5.5) se calcula m .

$$\left[m = 1 + \frac{9}{98} (100 - MVD) \right] \leq 10 \quad (\text{Ecu. 5.1})$$

Dónde:

m = Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo en análisis.

MVD= Mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo en análisis.

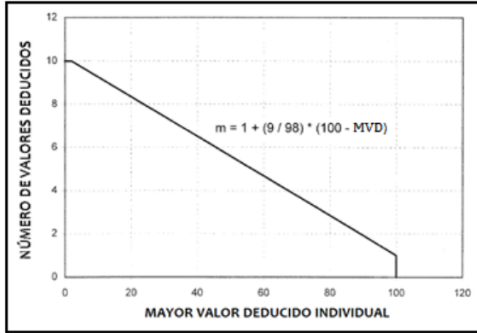


Figura 5.5 Gráfica para el Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos

Se toman los valores deducidos de la lista creada (de mayor a menor) hasta completar m , incluyendo la fracción del último valor. Si los valores deducidos existentes son menos (en cantidad) que m , entonces se analizarán todos.

Ejemplo (continuación)

Retomando el ejemplo del primer paso tenemos que todos los VD son mayores a dos, por lo que es necesario calcular m .

Tabla 5.4. Procesar los Datos Obtenidos en Campo para una UM, continuación.

a	c	d	g	h	i
Unidad de Muestra	Deterioros Auscultados	Severidad	Valor Deducido	Casos	Valor Deducido (Mayor a Menor)
5	Cuero de Lagarto	Baja	14	Caso b): Todos los VD son mayores a dos	39
	Cuero de Lagarto	Media	39		26
	Huecos	Baja	11		14
	Bache	Media	26		11

Teniendo en cuenta que el MVD es igual a 39 en este caso y utilizando la Ecuación 5.1 se calcula el m :

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - 39) \gg m = 6.60$$

Como el m es 6.60 y sólo se tienen 4 valores deducidos (según columna i de la Tabla anterior) en este ejemplo, se utilizarán todos. Si por el contrario, se contara con 7 valores, entonces se tomarían los primeros 6 valores y el valor de 0.60 del séptimo valor, como se muestra en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5 Más valores deducidos que el valor de m

Deterioros Auscultados	Severidad	Valor Deducido (Mayor a Menor)	$m = 6.6$
Cuero de Lagarto	Baja	40	1. 40
Cuero de Lagarto	Media	26	2. 26
Huecos	Baja	20	3. 20
Bache	Media	14	4. 14
Grieta Longitudinal	Baja	12	5. 12
Grieta Longitudinal	Media	11	6. 11
Grieta de Borde	Baja	9	7. $(9 \cdot 0.6) = 5.4$

Tercer Paso. Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido (MVDC)

- El MVDC se determina mediante el siguiente proceso iterativo:
 - Determinar el número de valores deducidos que sean mayores a 2. A este número se le llamará q .
 - Determine el Valor Deducido Total (VDT) sumando TODOS los valores deducidos individuales.
 - Determine el Valor Deducido Corregido (VDC) con q y el Valor Deducido Total (VDT) en la curva de corrección que se muestra a continuación en la Figura 5.6.
 - Cambie a 2 el menor de los valores deducidos individuales que sea mayor que 2 y repita las etapas a), b) y c) hasta que q sea igual a 1.

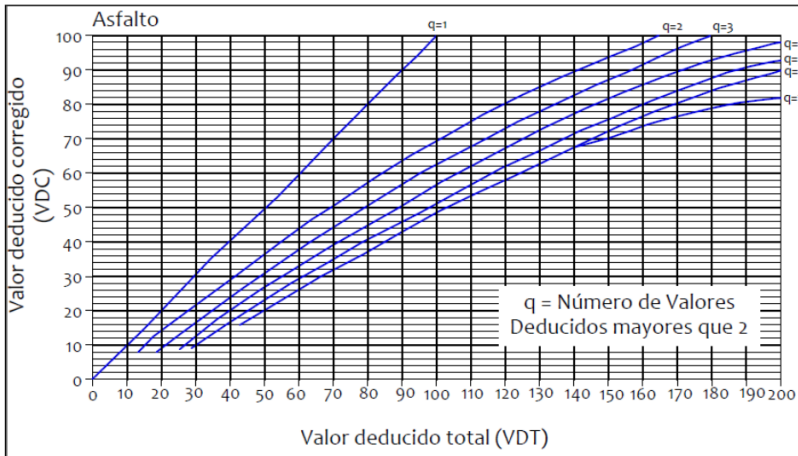


Figura 5.6 Gráfica para el Cálculo del VDC (Pav. Flexible)

Nota: El máximo número de deterioros permitidos con valores deducidos mayores a 2 en una unidad de muestra es igual a 7, pues $q=7$ es el máximo valor que permite el método. En caso de haber más se seleccionan los 7 deterioros más críticos.

- El VDC que se tomará en cuenta en el siguiente paso corresponde al mayor de los VDC obtenidos en este proceso, el cual se denomina Máximo Valor Deducido Corregido (MVDC).

Ejemplo (continuación)

Retomando el ejemplo de la Tabla 5.4, se procede a determinar el valor de q, que en este caso es de 4.

A continuación se debe calcular el Valor Deducido Total:

$$VDT = 39 + 26 + 14 + 11$$

$$VDT = 90$$

Obtenido el VDT y el q inicial (q=4) se procede a entrar en el gráfico de la Figura 5.6, para determinar el Valor Deducido Corregido (VDC) que corresponde.

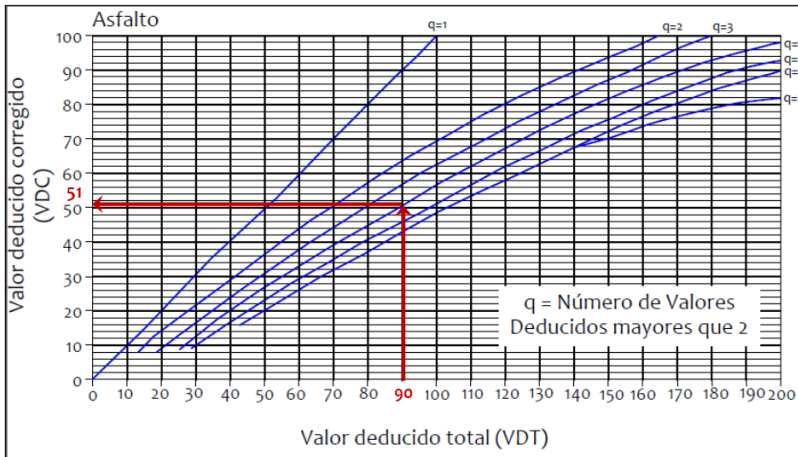


Figura 5.7 Ejemplo: Cálculo del VDC

El VDC obtenido para q=4 es de 51, a continuación se sigue un proceso iterativo que se muestra en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6 Procesar los Datos Obtenidos en Campo para una UM (continuación)

Deterioros Auscultados	Severidad	Valor Deducido (Mayor a Menor)	q=4		q=3		q=2		q=1	
			VD	VDC	VD	VDC	VD	VDC	VD	VDC
Cuero de Lagarto	Media	39	39	51	39	53	39	49	39	44
Bache	Media	26	26		26		2			
Cuero de Lagarto	Baja	14	14		14		2			
Huecos	Baja	11	11		2		2			
VDT Σ			90		81		69		45	

En la Tabla anterior se presentan las iteraciones requeridas, que se desarrollaron de acuerdo con el proceso descrito en el inciso d) anterior, según se detalla a continuación:

1. Iteración (columna j): se calcula el VDC con los valores obtenidos, considerando q igual a la cantidad de datos, o sea $q=4$, obteniendo $VDC=51$.
2. Iteración (columna k): se toma el menor de los 4 datos de VD y se sustituye por el número 2, el resto se mantienen como están originalmente. Se calcula el valor de VDC, para lo cual q es igual a la cantidad de números que son mayores a 2, lo que implica que $q=3$, obteniéndose $VDC=53$.
3. Iteración (columna l): sin contar con el 2 sustituido en la iteración anterior, se toma el valor menor de VD y se sustituye por 2, el resto se mantiene como están originalmente. Nuevamente se vuelve a calcular, pero esta vez para $q=2$ (dos valores mayores a 2), obteniendo $VDC=49$.
4. Iteración (columna m): sin contar con los números 2 sustituidos en las iteraciones anteriores, se toma el valor menor de VD y se sustituye por 2, el número mayor de VD se mantiene como está originalmente. Nuevamente se vuelve a calcular el VDC que en este caso es igual a 44, para $q=1$. Se termina el proceso de iteración.

El proceso termina cuando sólo queda un VD (el mayor). Analizando los VDC obtenidos, se puede concluir que el mayor MVDC es el que corresponde a $q=3$ (MVDC es de 53).

Cuarto Paso. Cálculo del PCI de la Unidad de Muestra Analizada.

Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el mayor MVDC obtenido en el paso tres. En el caso de que ningún o sólo un valor deducido es mayor a 2 se considera el MVDC como la suma de todos los Valores Deducidos para esa unidad de muestra.

Ejemplo (continuación)

Retomando el ejemplo de la Tabla 5.6, se procede a determinar el valor del PCI para la Unidad de Muestreo analizada:

$$PCI_{UM} = 100 - 53$$
$$PCI_{UM} = 47$$

El cálculo del PCI se realiza por unidad de muestreo. Para obtener el PCI total de la ruta se sigue el procedimiento explicado en el apartado 4.2 Cálculo del PCI de una sección de pavimento.

4.1.2 Cálculo para Carreteras con Pavimento Rígido

En la Tabla 5.7 se muestra el orden correcto de los datos obtenidos de la auscultación para el cálculo del PCI de una ruta de pavimento rígido.

Tabla 5.7 Orden de los Datos Obtenidos en el Levantamiento de Campo (Pav. Rígido)

a	b	c	d	e	f	g
Unidad de Muestra	# Losas de la UM	Deterioros Auscultados	Severidad	Medida	Densidad	Valor Deducido
1						
2						
3						

Primer Paso. Cálculo de los Valores Deducidos

- Completar los datos de las columnas **a, b, c, d y e** de la Tabla 5.7, con los datos obtenidos del levantamiento de campo (Figuras 3.3 y 3.4). Se deberán obtener el número de losas presentes en la UM, aún si no es exacto (ejemplo: Hay 12.4 losas).
- Divida la medida de cada clase de deterioro asociado a cada nivel de severidad (columna **e** de la Tabla 5.7), entre el # de losas (columna **b** de la Tabla 3.7) y exprese el resultado como porcentaje en la columna **f** de la Tabla 5.7. Esta es la DENSIDAD del deterioro, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio. Las medidas asociadas a los deterioros no necesariamente se cancelan con esta división, esto se toma en cuenta en las gráficas para el cálculo de los valores deducidos.
- Ingresar en las gráficas para el cálculo de los valores deducidos que se adjuntan en el Apéndice 4 y anotarlo en **g**. Existe una gráfica por cada deterioro y dentro de esta una línea por cada nivel de severidad (verificar que correspondan con el tipo de pavimento analizado).

Segundo Paso. Cálculo del Número de Deducciones Admisibles (**m**)

- El procedimiento a seguir es idéntico a lo establecido para carreteras de Pavimento Flexible, descrito en la sección anterior.

Tercer Paso. Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido (MVDC)

- El procedimiento a seguir es idéntico a lo establecido para carreteras de Pavimento Flexible, pero usando la curva correspondiente a pavimentos de concreto (Figura 5.8)

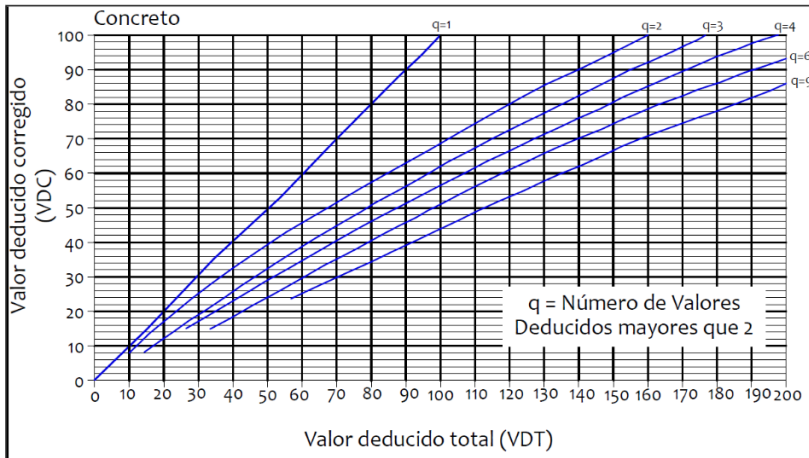


Figura 5.8 Gráfica para el Cálculo del VDC (Pav. Rígido)

- Para este caso, la metodología permite tomar en cuenta para el cálculo hasta 9 valores deducidos mayores que 2, se debe promediar la curva de q=5, q=7 y q=8.

Cuarto Paso. Cálculo del PCI de la Unidad de Muestra Analizada

- El procedimiento a seguir es idéntico a lo establecido para carreteras de Pavimento Flexible, descrito en la sección anterior.

En el Apéndice 3 se presenta un formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del "Máximo Valor Deducido Corregido", MVDC.

4.2 Cálculo del PCI de una Sección de Pavimento

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo.

4.2.1 Cálculo del PCI para una sección (Todas las UM o UM aleatorias)

El PCI de la sección se calculará de acuerdo con la Ecuación 5.2.

$$PCI_s = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i \cdot A_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i)} \quad (\text{Ecu. 5.2})$$

Dónde:

PCI_s: PCI total de la sección del pavimento evaluado

PCI_i: PCI de la unidad de muestreo.

A_i: Área de la unidad de muestreo

n: Número total de unidades de muestreo utilizadas (todas o el número auscultado si se utilizó la técnica aleatoria).

4.2.2 Cálculo del PCI si se levantaron Unidades de Muestra Adicionales

Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección y además se auscultaron unidades de muestra adicionales (Subsección 2.6), el PCI será el promedio de los PCI de la totalidad de unidades de muestreo inspeccionadas (normales y adicionales).

$$PCI_A = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} * A_{ai})}{\sum_{i=1}^m (A_{ai})} \text{ (Ecu. 5.3)} \quad PCI_S = \frac{PCI_R(A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_A(\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A} \text{ (Ecu. 5.4)}$$

Dónde:

PCIs: PCI de toda la sección (Ruta) de pavimento.

PCI_R: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas (calculado con Ecu. 5.2).

PCI_A: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales (calculado con Ecu. 5.3)

A_{ai}: Área de unidad de muestra adicional.

A: Área de toda la sección (toda la ruta).

m: Número de unidades de muestra adicionales auscultadas.

4.3 Diagramas Resumen

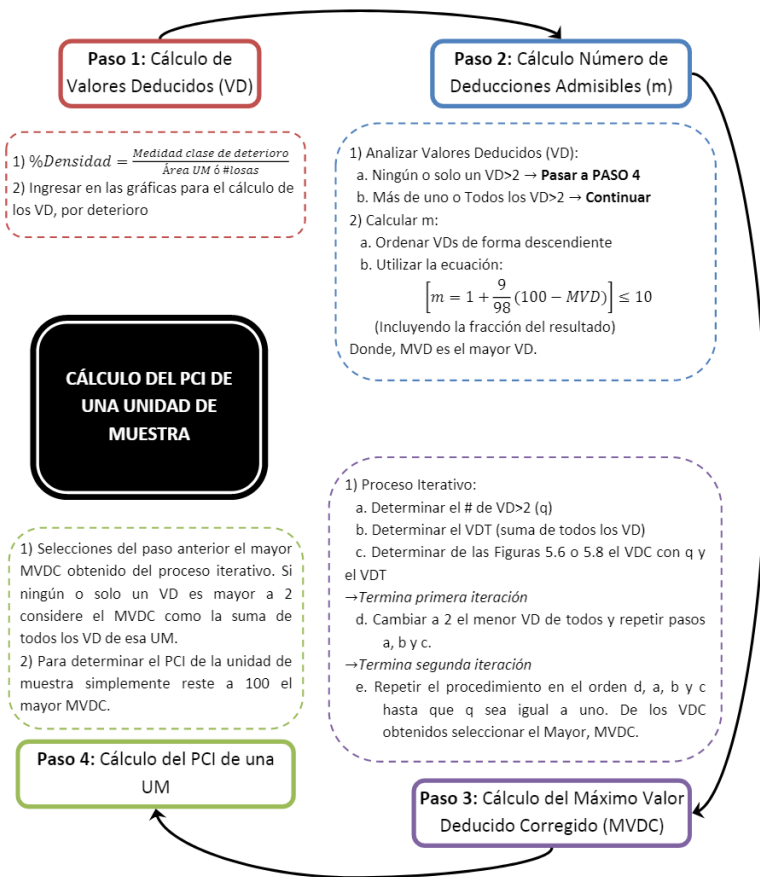


Figura 5.9 Diagrama resumen para el cálculo del PCI de una UM

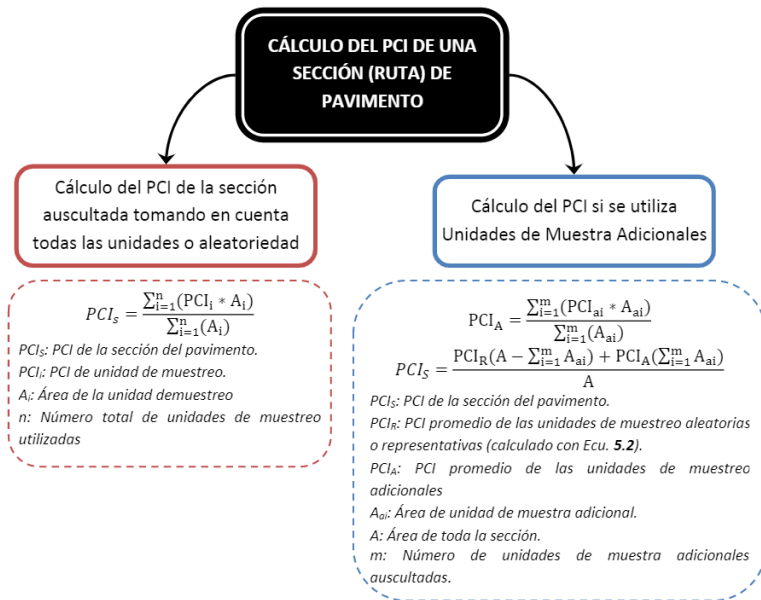


Figura 5.10 Diagrama resumen para el cálculo del PCI de una sección (ruta) de pavimento

Capítulo 6 EJEMPLOS GUIADOS

6.1 Selección Unidades de Muestreo (UM)

Para este ejemplo se analizará un tramo de la Ruta Nacional N° 216, que comprende desde San Isidro hasta San Rafael. Las características son las siguientes:

- Longitud de 1,9 km.
- Ancho de calzada de 10 m
- Pavimento flexible

Con los datos anteriores, se procede a encontrar las unidades de muestreo.

1. Tomando la Tabla 2.1 se procede a determinar la longitud de la UM utilizando el ancho de calzada dado.

Tabla 6.1 Selección de la longitud de la UM

Ancho de calzada (m)	Longitud de UM (m)
3,5-6,5	47
4,0-7,5	42
4,5-8,5	38
5,0-9,0	35
5,5-10 máx.	31

La longitud de cada unidad de muestra será de 31 m

2. Número Total de Unidades de Muestreo

El número total de unidades de muestreo se obtiene dividiendo la longitud de la carretera entre la longitud de la unidad de muestreo.

$$N = \frac{\text{Longitud Proyecto}}{\text{Longitud UM}}$$

$$N = \frac{1900}{31}$$

$$N = 61,3$$

3. Número Mínimo de Unidades de muestreo a evaluar

Si no se conoce la desviación se asume como 10, el valor de e es siempre 5.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$$

$$n = \frac{61,3 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} \times (61,3 - 1) + 10^2}$$

$$n = \frac{6130}{476,8}$$

$$n \approx 13$$

En ocasiones evaluar todas las UM representa grandes costos, de allí que con esta fórmula se encuentra el número mínimo de unidades de muestreo que es estadísticamente representativa

4. Intervalo de muestreo

Para definir el intervalo se divide el número total de unidades de muestreo entre el número mínimo de las mismas, siempre se redondea al número entero menor.

$$i = \frac{N}{n}$$
$$i = \frac{61,3}{13}$$
$$i = 4,7 \approx 4$$

5. Selección de Unidades de Muestreo

Seleccionar un valor al azar entre 1 e i que se conocerá como S , si $i=4$ y se selecciona $S=2$, entonces las unidades de muestreo serían:

2-6-10-14-18-22-26-30-34-38-42-46-50-54-58

Se define una unidad inicial de muestreo entre 0 y el intervalo de muestreo i , en este ejemplo se escogió la segunda unidad de muestreo, a partir de esta se avanza cada 4 unidades, como lo muestra la serie de números.

De igual forma se pudo haber escogido $S=4$, y las unidades de muestreo a inspeccionar serían:

4-8-12-16-20-24-28-32-36-40-44-48-52-56-60

Se debe parar el proceso en una UM antes de alcanzar la última UM, en este ejemplo sería 60 ($61,3=N$).

La cantidad mínima de UM a muestrear para que el levantamiento de datos de la ruta sea representativo es de 13, en ambos casos ($i=2, i=4$) se cumple.



Figura 6.1 Esquema de unidades de muestreo a evaluar

La imagen anterior ejemplifica la función de las unidades de muestreo, de acuerdo con el ejemplo desarrollado, podemos observar que el levantamiento de datos se inició con la segunda unidad de muestreo ($S=2$) y se procede a auscultar cada 4 unidades. Las UM encerradas en el recuadro rojo relleno representan las que van a ser auscultadas.

6. Selección de Unidades de Muestreo Adicionales

Cuando se realice el levantamiento de las UM utilizando el método aleatorio (explicado en puntos 3, 4 y 5), puede ocurrir que se deje de auscultar alguna unidad que posea un deterioro distinto o muy particular, en este caso, se deberá levantar la información y anotarla como una unidad de evaluación adicional (Ver Figura 6.1, la unidad enmarcada en el recuadro amarillo se puede considerar como extra). Queda a criterio del evaluador definir cuándo aplicar esta posibilidad, se deberá tomar en consideración la particularidad de estas unidades en el cálculo del PCI, pues se les dará un análisis distinto.

6.2 Levantamiento de Datos

6.2.1 Indicaciones e instrumentos

Es importante tener claro que el cálculo, longitud, intervalos de las unidades de muestreo, son labores del ingeniero o personal especializado a cargo, de allí que el inspector debe recibir como mínimo:

- Hojas de levantamiento de deterioros (una por cada unidad de muestreo y adicionales en caso de ser necesarias)
- Longitud de cada unidad de muestreo.
- El intervalo de muestreo. Por ejemplo se debe comunicar al inspector:

La Ruta Nacional a auscultar es la ruta 218 que se encuentra entre CRUCE CORONADO (R.216)-VISTA DE MAR (IGLESIA) con una longitud total de 3,35 km. Cada unidad de muestreo debe tener 31 metros de longitud, se deben levantar datos de al menos 18 unidades, con un intervalo de a 5 unidades de muestreo (se muestrea 1 de cada 5 unidades), iniciando en la segunda unidad. El sentido de avance deberá ser de

Para analizar el proceso de levantamiento de datos, se toma como ejemplo la sección de la Ruta Nacional 218 que se encuentra entre CRUCE CORONADO (R.216)-VISTA DE MAR (IGLESIA) con una longitud total de 3,35 km.

La carretera posee un ancho de calzada promedio de ocho metros (8 m) conformada por un carril por sentido, el procedimiento de levantamiento de datos se muestra a continuación:



Figura 6.2 Ancho de calzada de la ruta

Utilizando el procedimiento de cálculo de Unidades de Muestra (Capítulo 2 y ejemplo 6.1) se calcularon y definieron la longitud, intervalo y cantidad de unidades de muestreo.

Tabla 6.2 Datos básicos para el levantamiento en campo

Parámetro	UM
Cantidad de UM del proyecto (N)	105
Número mínimo de unidades a evaluar (n)	18
Intervalo de muestreo (i)	5

En la carretera utilizada y para el trayecto de 3350 metros se muestran algunas de las unidades de muestreo (se ejemplifican encerradas en recuadros rojos) en la Figura 6.3, cada una de ellas debe ser auscultada.



Figura 6.3 Unidades de muestreo

La hoja de levantamiento de datos de cada unidad de muestra se llenará de la forma mostrada en la Figura 6.4.

Fecha: 04/11/2014
 # Unidad de Muestreo: 2
 Secc.Control:
 Provincia, Cantón y Distrito: San José, Goicoechea, Ipiá

Este. Inicial: 0+031
 Este. Final: 0+062
 Código de Vía/Ruta: 218

Longitud de la UM: 31 m
 Inspeccionada por:

Posición GPS:

El nivel de severidad se obtiene según los criterios establecidos en el Catálogo de Deterioros

Usar esta simbología para realizar el esquema

Deterioros Pavimento Flexible		Severidad (con X) (Marcar)			Medida (Llenar la casilla que corresponde con la severidad)			Simbología
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	
Grietas	01. Cuero de lagarto		X		4 m x 4,5 m			
	02. Longitudinal - Transversal		X		4 m			
	03. Reflejo de juntas							
	04. Bloque							
Deformaciones	05. Borde							
	06. Arco			X			2 m x 1 m	
	07. Roderas							
	08. Abultamientos y Hundimientos							
	09. Corrugación							
Textura Superficial	10. Depresiones							
	11. Hinchamiento							
	12. Corrimiento/Desplazamiento							
	13. Exudación							
Misceláneos	14. Pulmiento de agregados							
	15. Desprendimiento de agregados							
	16. Desgaste superficial							
	17. Escalonamiento calzada-espaldón							
	18. Baches		X		1,2 m x 2,5 m			
	19. Huecos		X		1 unidad			
	20. Cruce de línea férrea							

Nota: Anotar el nivel de severidad de cada deterioro en el croquis con una A, M o B encima del dibujo, según corresponda

Observaciones:
 El sentido de avance es del Cruce de Coronado hacia Vista de Mar, el clima es soleado.
 Se debe anotar en este espacio cualquier información que el evaluador considere necesaria para clarificar y dar mayor entendimiento del levantamiento realizado, además de posibles elementos externos presentes en la unidad a la hora de realizar el trabajo.

En esta cuadrícula se debe anotar la medida del deterioro en la casilla que corresponda con su severidad, si existieran varios deterioros del mismo tipo y con la misma severidad se deberán sumar las medidas.

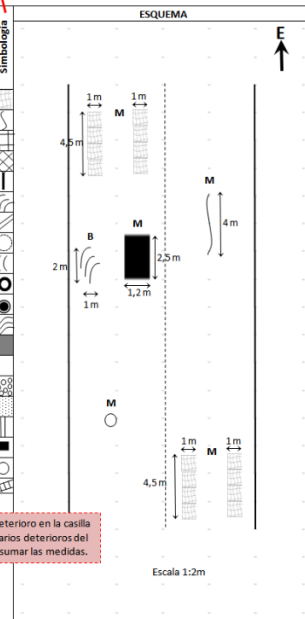


Figura 6.4 Hoja levantamiento datos

Se muestra en la Figura 6.5 un acercamiento del apartado "Esquema" de la Figura 6.4 que se encuentra a un costado de la hoja de levantamiento de datos, es necesario anotar sobre cada deterioro el nivel de severidad observado y determinado con el catálogo de deterioros (A, M o B) que corresponda. Se deberá además señalar las dimensiones de cada deterioro y el sentido de avance de la inspección.

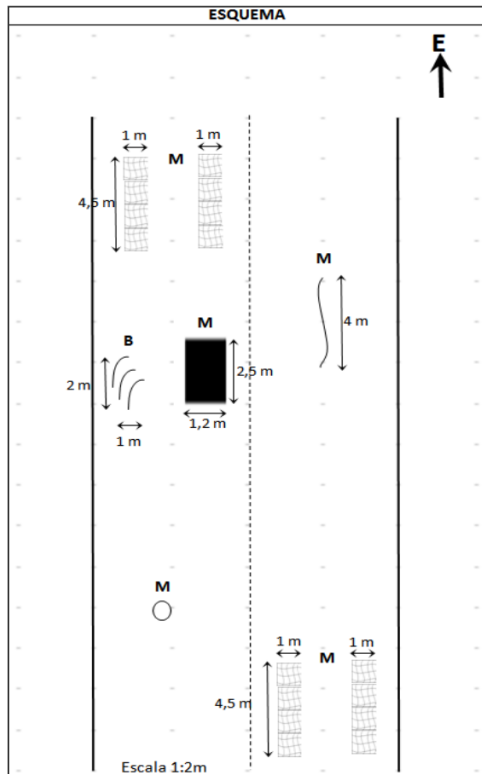


Figura 6.5 Esquema de los deterioros encontrados

Se obtiene una hoja de levantamiento de datos por cada unidad de muestreo auscultada según sea pavimento flexible o rígido (Hojas se encuentran en el Apéndice 2).

6.3 Cálculo PCI

Realizado el levantamiento en campo y obtenidas todas las hojas de análisis de las Unidades de Muestra, se procede a calcular el Índice de Condición Superficial (PCI) de cada una por separado.

En la Tabla 6.3 se muestran los datos obtenidos del levantamiento de una UM.

Tabla 6.3 Datos obtenidos de una unidad de muestra

Deterioro	Severidad	Medida
Cuero de lagarto	Media	4mx4,5m
Grieta longitudinal	Media	4m
Grieta en arco	Bajo	2mx1m
Hueco	Media	1
Bache	Media	1,2mx2,5m

Utilizando los datos de la Tabla 6.3 se realiza el procedimiento paso a paso para el cálculo del PCI, el cual se muestra a continuación.

1. Obtener de las gráficas los valores deducidos (Apéndice 4) para cada tipo de deterioro, con el fin de completar la información solicitada en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4 Datos obtenidos de una unidad de muestra

Unidad de muestra	Área de la UM	Deterioros auscultados	Severidad	Medida	Densidad (%)	Valor deducido
2	31*8= 248 m ²	1. Cuero de lagarto	Media	18 m ²	7,26	41
		2. Grieta longitudinal	Media	4 m	1,61 m/m ²	4
		3. Grieta en arco	Baja	2 m ²	0,81	3,5
		4. Hueco	Media	1 Unid.	0,40 unid/m ²	21
		5. Bache	Media	3 m ²	1,21	10

- En el espacio "Unidad de Muestra" colocamos la numeración correspondiente a la unidad que corresponden los datos a analizar.
- El "Área de la Unidad" se calcula multiplicando la longitud de la unidad (obtenida de la Tabla 2.1) por el ancho de la calzada.
- Los "Deterioros Auscultados", la "Severidad" y "Medida" se toman de la información recolectada en campo y mostrada en la Tabla 6.3.
- La "Densidad" se calcula dividiendo la "Medida" entre el "Área de la UM" y multiplicándolo por 100 para convertirlo en un porcentaje, por ejemplo para la fila 1 (Hueco): $\frac{1}{248} \times 100 = 0,40 \text{ unid/m}^2$
- El "Valor Deducido" se obtiene de las gráficas que existen para cada tipo de deterioro (Apéndice 4), se muestra a continuación el valor obtenido para cada uno.

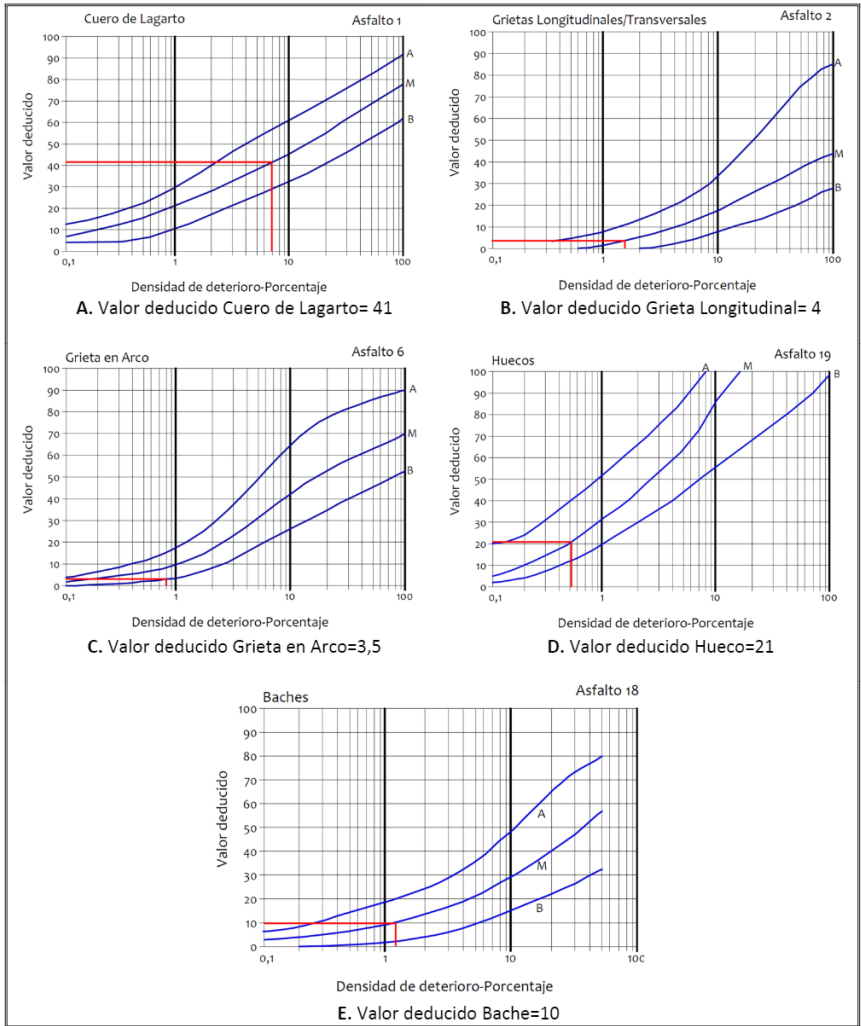


Figura 6.6 Gráficos de Valores Deducidos

2. Completada la información de la Tabla 6.4, se procede a calcular el número de deducciones admisibles (m), que corresponde al número de valores deducidos que se utilizarán para el cálculo. El valor m se obtiene con la siguiente ecuación:

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - Max VD) \quad (Ecu.5.1)$$

Donde,

Máx. VD: Mayor valor deducido individual por unidad de muestreo.

Para obtener el Máx. VD sólo es necesario observar todos los valores deducidos obtenidos de las gráficas y seleccionar el valor deducido más alto, en este caso corresponde al asociado al Cuero de Lagarto, ya que el valor deducido es de 41 (Tabla 6.4). Se procede a realizar el cálculo utilizando dicho valor:

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - 41)$$

$$m = 6,4$$

Para esta unidad de muestreo se poseen 5 valores deducidos (5 deterioros), y el máximo número de valores deducidos permitidos para el cálculo del PCI es de 6,4, por lo tanto se pueden usar los 5 valores deducidos, ya que $5 < 6,4$. Si se contara con 7 deterioros (lo que corresponde a 7 valores deducidos) sólo se podrían utilizar los primeros 6 valores acomodados de mayor a menor y 0,4 del séptimo valor deducido (el que dio menor de todos).

3. Se procede a calcular el Máximo Valor Deducido Corregido (MVDC)

El MVDC se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- Ordenar los valores deducidos de mayor a menor.
- Determinar el número de valores deducidos que sean mayores a 2. A este número se le llamará q . En el caso inicial ningún valor es menor a 2, de allí que $q=5$.
- Determine el Valor Deducido Total (VDT) sumando TODOS los valores deducidos individuales.

$$VDT = 41 + 4 + 3,5 + 21 + 10$$

$$VDT = 79,5$$

- Determine el VDC con q y el Valor Deducido Total (VDT) en la curva de corrección que se muestra a continuación en la Figura 6.7 (Apéndice 4).

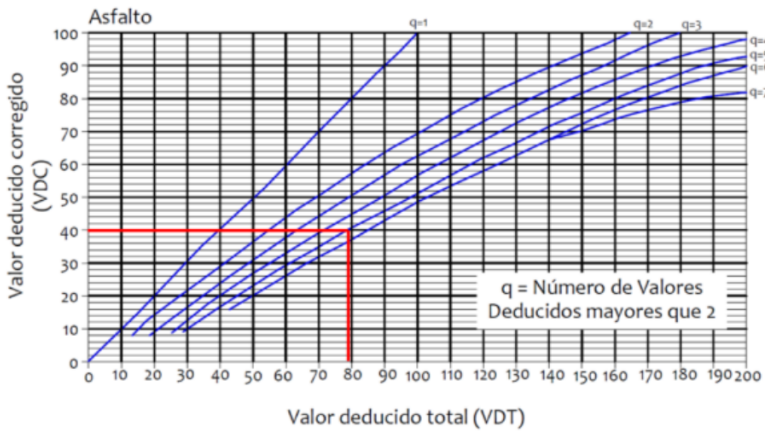


Figura 6.7. Gráfica para el Cálculo del MVDC (Pav. Flexible)

Obtenemos que el VDC es 40, debemos encontrar el máximo valor deducido total (MVDC), para ello ejecutamos un proceso iterativo que consiste en ir asignándole un valor de 2 a los VD de los deterioros, comenzando con el más bajo obtenido, hasta seguir en forma ascendente. Este proceso se realiza ya que al sustituir por 2 el valor deducido de ese deterioro, no será tomado en cuenta para el cálculo de VDT.

Cambie a 2 el menor de los valores deducidos individuales que sea mayor que 2 y repita las etapas anteriores hasta determinar el VDC, el proceso continuo hasta que q sea igual a 1.

El MVDC que se tomará en cuenta en el siguiente paso es el mayor de los VDC obtenidos en este proceso.

Tabla 6.5 Proceso Iterativo para obtener el MVDC

Deterioros auscultados	q=5		q=4		q=3		q=2		q=1	
	VD	VDT	VD	VDT	VD	VDT	VD	VDT	VD	VDT
Cuero de lagarto	41		41		41		41		41	
Hueco	21		21		21		21		2	
Bache	10	79,5	10	78	10	76	2	68	2	49
Grieta longitudinal	4		4		2		2		2	
Grieta en arco	3,5		2		2		2		2	
VDC	40		44		48		47		49	

Se ordenan de mayor a menor los VD
VDT es la suma de los VD
VDC se calcula de la Figura 7.7, para todos los casos

- El MVDC corresponderá al máximo valor encontrado de VDC, para este caso el MVDC=49 que corresponde al q=1.

4. Por último se calcula el PCI.

$$\begin{aligned}
 \text{PCI} &= 100 - \text{MVDC} \\
 \text{PCI} &= 100 - 49 \\
 \text{PCI} &= 51
 \end{aligned}$$

- El **PCI=51** y según la Figura 5.1 la carretera estaría en estado **POBRE**.
- Es importante destacar que el PCI se calcula por unidad de muestreo.

6.4 PCI de la Carretera

Calculados los valores de PCI para cada unidad de muestreo auscultada, se debe obtener un valor representativo para toda la carretera y esto se realiza según las siguientes fórmulas:

$$\text{PCI}_A = \frac{\sum_{i=1}^m (\text{PCI}_{A_i} \cdot A_{A_i})}{\sum_{i=1}^m (A_{A_i})} \quad (\text{Ecu. 5.5})$$

$$PCI_R = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ai} * A_{ri})}{\sum_{i=1}^n (A_{ri})} \quad (\text{Ecu. 5.6})$$

$$PCI_S = \frac{PCI_R(A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_A(\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A} \quad (\text{Ecu. 5.7})$$

Donde,

PCI_S : PCI de la sección del pavimento.

PCI_R : PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas

PCI_A : PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales

A_{ai} : Área de unidad de muestra adicional.

A_{ri} : Área de unidad de muestra.

A : Área de toda la sección.

m : Número de unidades de muestra adicionales auscultadas.

n : Número de unidades de muestra auscultadas

Para ejemplificar este cálculo se utilizarán los datos mostrados en la Tabla 6.6 y los siguientes datos:

- Ancho de la calzada: 10m
- Largo de la UM: 31m
- Longitud del proyecto: 1250m
- A_{ai} y A_{ri} : 10m*31m=310m²
- A : 1250m*10m=12500m²

Tabla 6.6 Datos obtenidos del cálculo de PCI para Unidades de Muestra de una ruta

Unidad de muestreo	PCI
1	47
2	55
3	61
4	75
5	42
6	46
7	59
8	63
9	72
10	77
11	52
12	59
1*	55

n=12
UM Adicional, m=1

Se calculan PCI_R y PCI_A :

$$PCI_R = \frac{(47 + 55 + 61 + 75 + 42 + 46 + 59 + 63 + 72 + 77 + 52 + 59)310m^2}{310m^2 * 12} = 59$$

PCI_A : En este caso sólo se presentó una unidad adicional, entonces el $PCI_A=55$, de lo contrario deberá aplicarse la ecuación 5.5.

Entonces aplicamos la ecuación 5.7:

$$PCI_s = \frac{59(12500m^2 - 310m^2) + 55(310m^2)}{12500m^2}$$

$$PCI_s = 58.9 \approx 59$$

Por lo tanto el PCI de esa ruta sería de **59**, que de acuerdo con la Figura 5.1 se encontraría en un estado **MALO**.

6.5 Otras consideraciones

- Si la carretera posee un ancho de carril superior a los 10 metros, situación que se da usualmente en aquellas vías con dos o más carriles por sentido de circulación, se debe dividir el ancho en dos, el procedimiento se ilustra en la Figura 6.8.



Figura 6.8 Procedimiento para carreteras anchas

- Las unidades de muestreo para la situación mencionada en el apartado anterior, se seleccionan bajo el mismo método, únicamente que al comenzar la auscultación de la carretera 2, se seleccionan desfasadas con respecto a la carretera 1, es decir no deben coincidir las unidades de muestreo en "ambas" carreteras. Se ejemplifica en la Figura 6.9.



Figura 6.9 Unidades de muestreo, carreteras anchas (>10m)

- Si el tránsito de vehículos es alto, se debe procurar realizar cierres parciales de la vía, con el objetivo de no omitir deterioros por no poder observarlos.
- Se deben tomar fotografías a aquellos daños más representativos, así como aquellos donde urge su reparación.

REFERENCIAS

- ASTM D6433. (2011). Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. Pennsylvania, United States: ASTM International.
- Barrantes, R. (2008). Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices Red Vial Nacional. (Proyecto de Investigación UI-PI-04-08). San José, Costa Rica: LanammeUCR.
- Consejo con la coordinación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México. (2002). Catálogo de Deterioro de Pavimentos. Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica.
- Federal Highway Administration. (2003). Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program. US Department of Transportation Report. N° FHWA-RD-03-031. United States: FHWA
- Grupo Técnico-Convenio 587-03. (2006). Manual Para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles. Universidad Nacional de Colombia/Ministerio de Transportes. Bogotá, Colombia.
- Grupo Técnico-Convenio 587-03. (2006). Manual Para la Inspección Visual de Pavimentos Rígidos. Universidad Nacional de Colombia/Ministerio de Transportes. Bogotá, Colombia.
- Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC). (1972). Méthode assistée par ordinateur pour l'estimation des besoins en entretenant un réseau routier (VIZIR). Paris, Francia.
- LEN y Asociados Consultores LTDA. (2010). Volumen 7 Manual de Mantenimiento Vial: Anexo Catálogo de Deterioro de Pavimentos. Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.
- Nevada Department of Transportation. (2002). Flexible Pavement Distress Identification Manual. Nevada, United States: Materials Division.
- Northwest Pavement Management Association (NPMA). (1999). Pavement Surface Condition Field, Rating Manual. Washington, United States: NPMA.
- Pontificia Universidad Javeriana & Ministerio de Transporte. (2008). Manual Para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (Pavimentada y en Afirmado). Bogotá, Colombia.
- Sistema de Integración Económica Centroamericana (SIECA). (2000). Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras: Catálogo Centroamericano de Daños a Pavimentos Viales. COMITRAN y SIECA.
- Vásquez, L. R. (2002). Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carretera. Colombia: INGEPAV.

APÉNDICES

APÉNDICE 1: Comparación de los rangos de la metodología VIZIR y del PCI

En este apéndice se complementa el MAV con una propuesta de equiparación de rangos del índice de condición del pavimento (PCI) calculado por la metodología descrita en la norma ASTM D6433, con los rangos calculados por el método VIZIR.

APÉNDICE 2: Hojas de Levantamiento de Deterioros

En este apéndice se presentan las hojas levantamiento de deterioros para pavimento flexible y para pavimento rígido. Imprimir por ambos lados la hoja para que se muestre la Pág. 1 y 2 correspondiente a la Hoja de Levantamiento de Deterioros Flexible y la Pág. 1 y 2 correspondiente a la Hoja de Levantamiento de Deterioros Rígido.

APÉNDICE 3: Hojas para el Cálculo del PCI

Se incluyen las hojas necesarias para el cálculo del PCI, con base en el procedimiento descrito en el Capítulo 5 Determinación del Índice de Condición Superficial del pavimento, entre ellas: análisis de los datos obtenidos en el levantamiento de campo y cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido (MVDC).

APÉNDICE 4: Gráficos para el cálculo de los valores deducidos

Gráficos para el cálculo de los valores deducidos de acuerdo con la metodología del PCI, para pavimentos flexibles y rígidos.

APÉNDICE 1
COMPARACIÓN DE LOS RANGOS DE LA
METODOLOGÍA VIZIR Y DEL PCI

Esta propuesta de equiparación de rangos **es mayormente aplicable** en superficies de pavimentos flexibles cuando la presencia de deterioros de tipo funcional (o tipo B según la metodología VIZIR) es **poco significativa**.

El método de auscultación de pavimentos desarrollado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) de Francia a partir de 1972 conocido como VIZIR, se introduce en Costa Rica a partir de una consultoría privada realizada con la firma BCEOM, Société Française d'Ingénierie en el año 1995.

Tomando en consideración la experiencia desarrollada por el MOPT en el cálculo de los índices de condición superficial por el método VIZIR a lo largo de más de 15 años y las futuras estrategias del Ministerio de fortalecer la aplicabilidad de este método, se propone en este capítulo una escala de calificación que permita equiparar el método VIZIR con la escala definida por la norma internacional ASTM D6433 (PCI), con el fin de introducir la aplicación de esta norma de forma paulatina, armoniosa y coherente con las actuales políticas gubernamentales.

El método del PCI utiliza, para la definición del índice, una especie de "ponderación" de los deterioros, por medio de los "valores de deducidos". Este índice cuantifica los deterioros (si se presentan) valorando su nivel de severidad y su extensión para calificar la condición superficial del pavimento en una escala de siete (7) categorías, que varían desde "bueno" hasta "fallado". Por su parte, el método VIZIR utiliza una escala de clasificación que también consta de siete (7) categorías, variando desde valores de 1 (pavimento en perfectas condiciones) hasta 7 (pavimento destruido).

En primera instancia se podría creer que la equiparación de escalas es casi inmediata por su similitud con el método del PCI, sin embargo, se debe considerar que el método VIZIR utiliza para la determinación del valor final (Is) principalmente aquellos deterioros denominados de tipo A, que corresponden únicamente a deterioros representativos de pérdida de la capacidad estructural, estos deterioros son: 1. Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales, 2. Grietas longitudinales por fatiga, 3. Cuero de Lagarto y 4. Bacheos, los deterioros de tipo B son de tipo funcional y son cuantificados para definir, en fases posteriores del método, intervenciones más específicas y no son parte de la calificación superficial del pavimento.

Considerando las diferencias existentes entre ambos métodos, la equiparación de escalas debe darse con precaución, ya que un pavimento calificado por el método VIZIR como en perfectas condiciones (valor de 1) por ausencia de deterioros de tipo estructural no necesariamente corresponde a un valor de PCI de 85 - 100, ya que podría darse el caso de que exista presencia de deterioros de tipo funcional (B) que el PCI sí cuantifique, obteniendo valores de PCI inferiores al rango equiparado de VIZIR, por lo tanto, queda a criterio de la Administración la utilización de la misma, previo a un análisis de los deterioros auscultados en el proyecto a comparar.

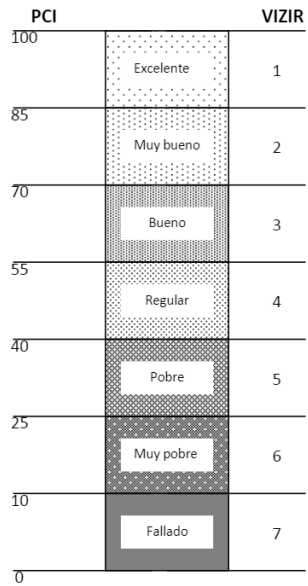


Figura A.1. Equiparación de escalas métodos PCI y VIZIR

De acuerdo con la equiparación de escalas propuesta y considerando las limitaciones descritas anteriormente, es posible asignar un valor aproximado de PCI a aquellos tramos homogéneos que posean una nota con la metodología VIZIR.

APÉNDICE 2
Hojas de Levantamiento de Deterioros

Fecha: _____ Estc. Inicial: _____
 # Unidad de Muestreo: _____ Estc. Final: _____
 Secc.Control: _____ Código de Vía/#Ruta: _____
 Provincia, Cantón y Distrito: _____

Longitud de la UM: _____
 Inspeccionada por: _____
 Posición GPS: _____

Deterioros Pavimento Flexible		Severidad (Marcar con X)			Medida (Llenar la casilla que corresponde con la severidad)			Simbología	ESQUEMA
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo		
Grietas	01. Cuero de lagarto								
	02. Longitudinal - Transversal								
	03. Reflejo de juntas								
	04. Bloque								
	05. Borde								
	06. Arco								
Deformaciones	07. Roderas								
	08. Abultamientos y Hundimientos								
	09. Corrugación								
	10. Depresiones								
	11. Hinchamiento								
	12. Corrimiento/Desplazamiento								
Textura Superficial	13. Exudación								
	14. Pulimiento de agregados								
	15. Desprendimiento de agregados								
	16. Desgaste superficial								
Misceláneos	17. Escalonamiento calzada-espaldón								
	18. Baches								
	19. Huecos								
	20. Cruce de línea férrea								

Nota: Anotar el nivel de severidad de cada deterioro en el croquis con una A, M o B encima del dibujo, según corresponda.

Observaciones:

<i>Casos Especiales</i>	<i>Medida</i>	
Tapas de alcantarillas	Unidad (und)	

Deberá señalarse en el esquema la localización de:
Las alcantarillas

Fecha: _____
 # Unidad de Muestreo: _____
 Secc.Control: _____
 Provincia, Cantón y Distrito: _____

Estc. Inicial: _____
 Estc. Final: _____
 Código de Vía/#Ruta: _____

Número de Losas: _____
 Inspeccionada por: _____
 Posición GPS: _____

Deterioros Pavimento Rígido		Severidad (Marcar con X)			Medida (Llenar la casilla que corresponde con la severidad)			Simbología	ESQUEMA
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo		
Grietas	01. Lineal (Long., Transv. ó Diagonal)								
	02. Esquina								
	03. Por contracción								
	04. Malla								
	05. Losa dividida								
Juntas	06. Daño en el sello de junta								
	07. Fracturas de esquina								
	08. Fracturas de junta								
Deterioro Superficial	09. Pulimiento de agregados								
	10. Desprendimiento de agregados								
Misceláneos	11. Voladuras								
	12. Escalonamiento calzada y juntas								
	13. Escalonamiento calzada y espaldón								
	14. Bombeo								
	15. Punzonamiento (Punchout)								
	16. Baches mayores a 0,5m ²								
	17. Baches menores a 0,5m ²								
	18. Cruce de línea férrea								

Nota: Anotar el nivel de severidad de cada deterioro en el croquis con una A, M o B encima del dibujo, según corresponda.

Observaciones:

<i>Casos Especiales</i>	<i>Medida</i>	
Huecos	Unidad (und)	

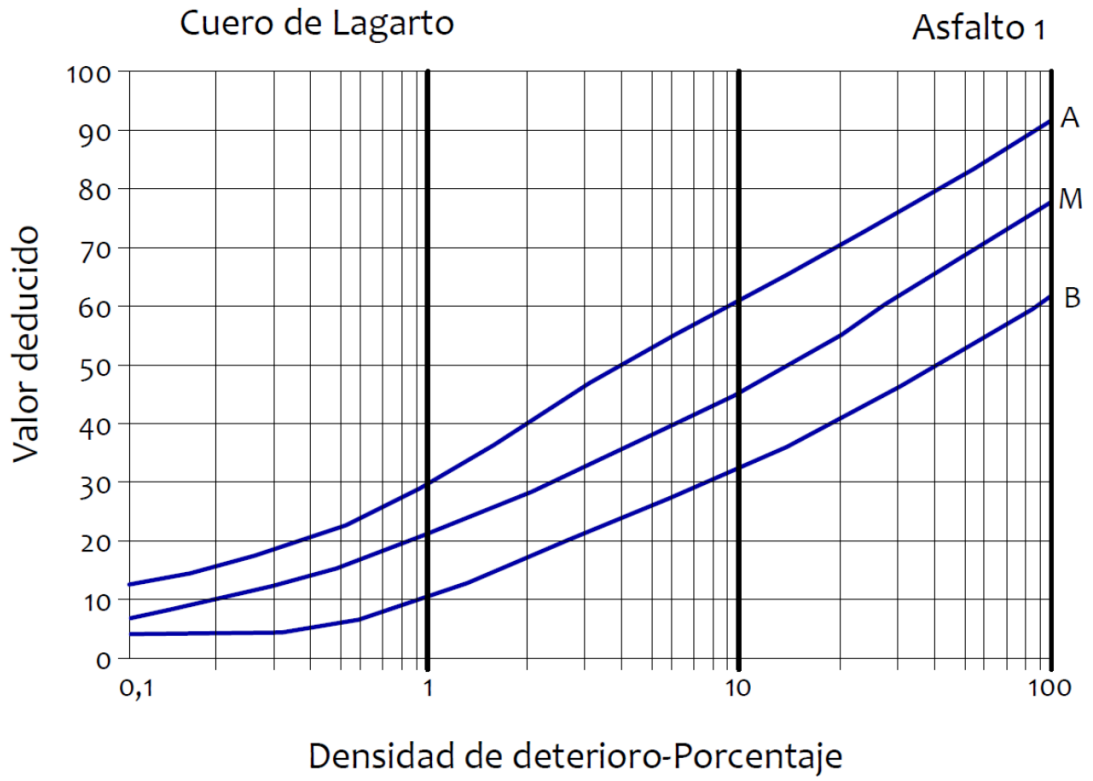
Deberá señalarse en el esquema la localización de:

Los Huecos

APÉNDICE 3
Hojas para el Cálculo del PCI

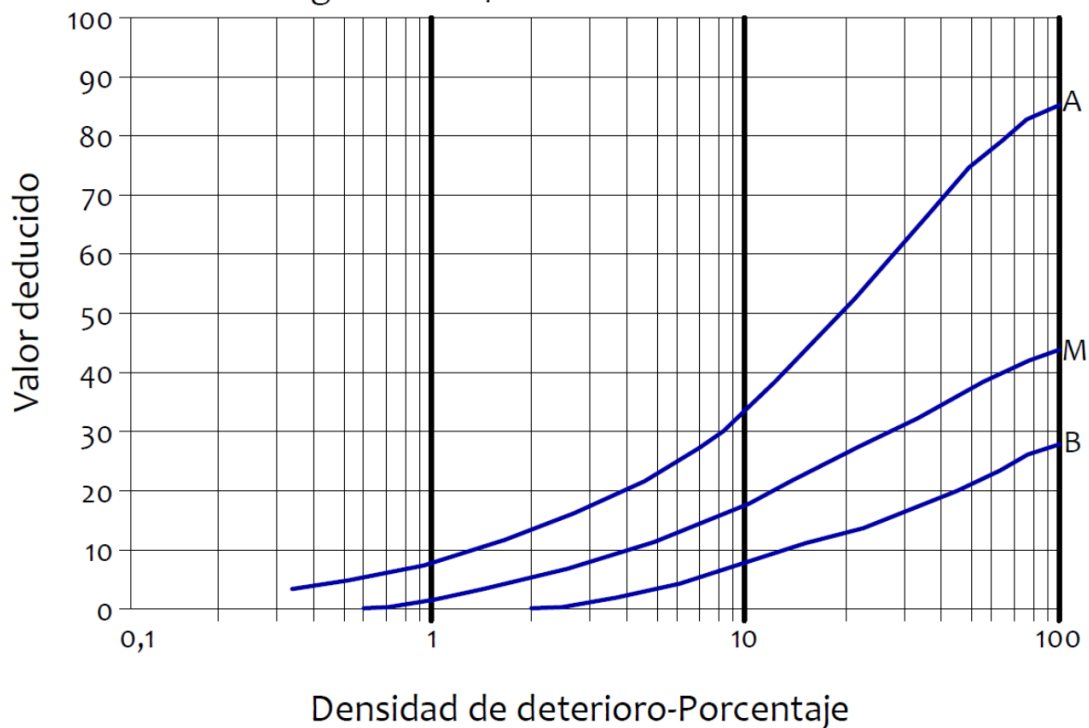
APÉNDICE 4
Gráficos para el cálculo de los valores deducidos

- Pavimentos Flexibles



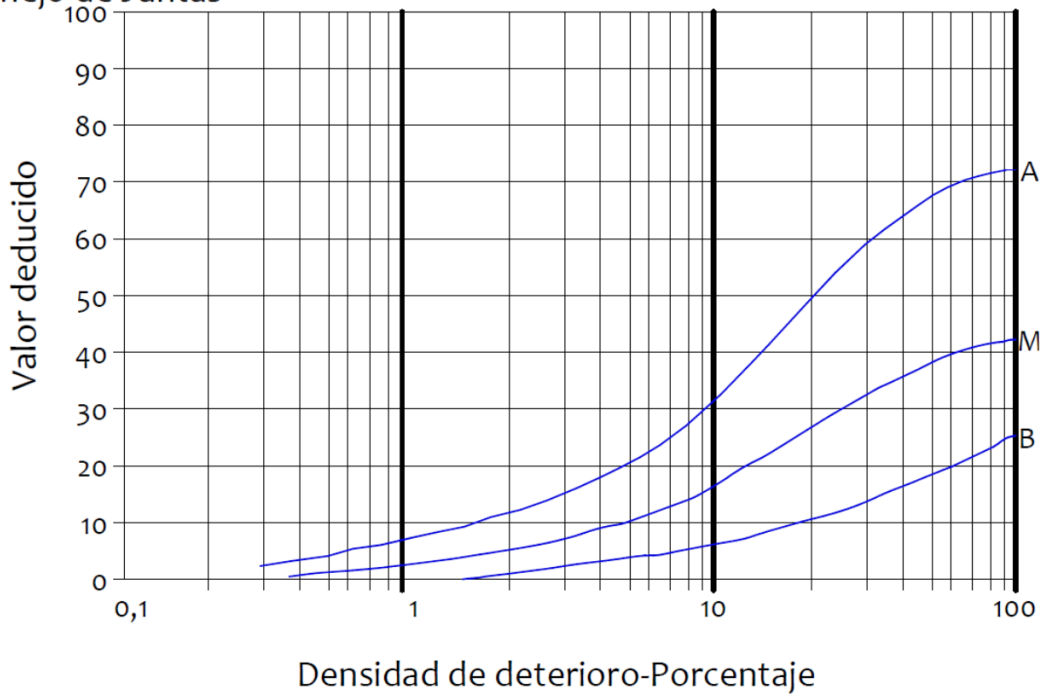
Grietas Longitudinales/Transversales

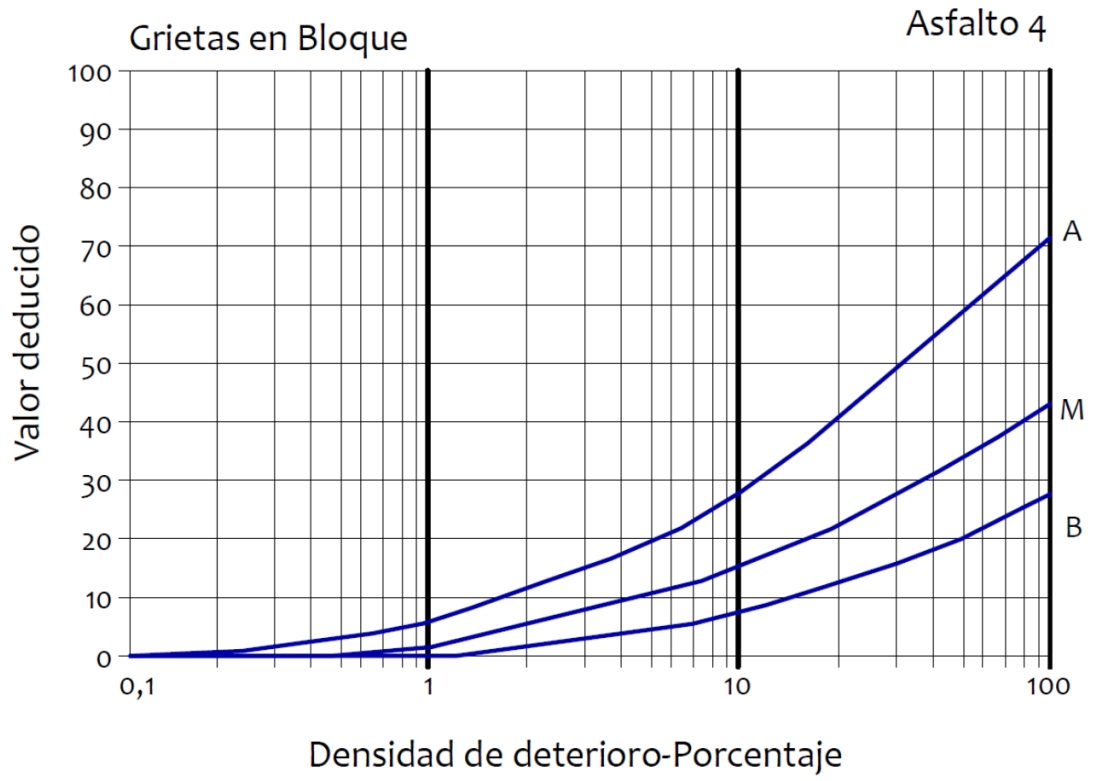
Asfalto 2



Agrietamiento por
Reflejo de Juntas

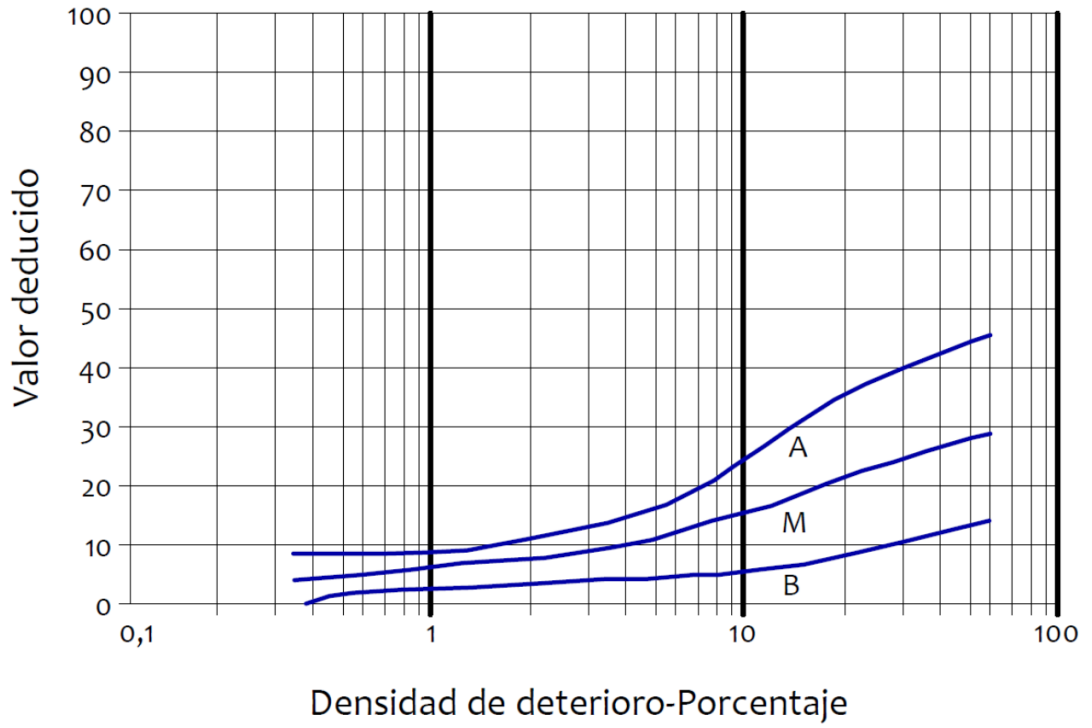
Asfalto 3





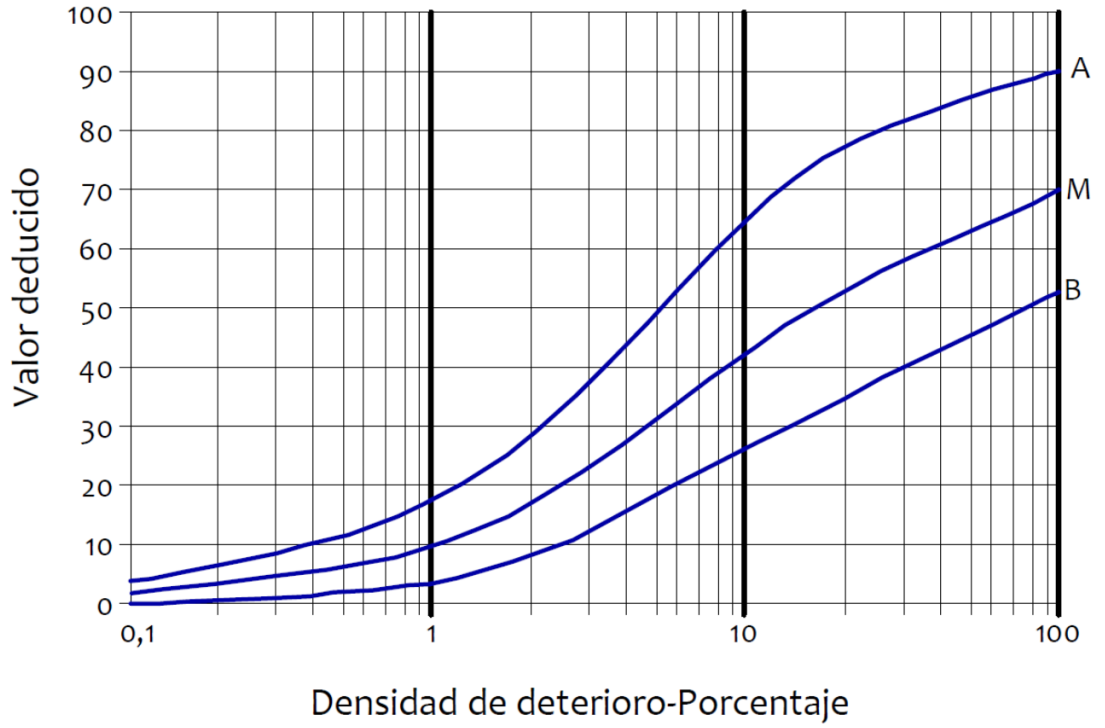
Grietas de Borde

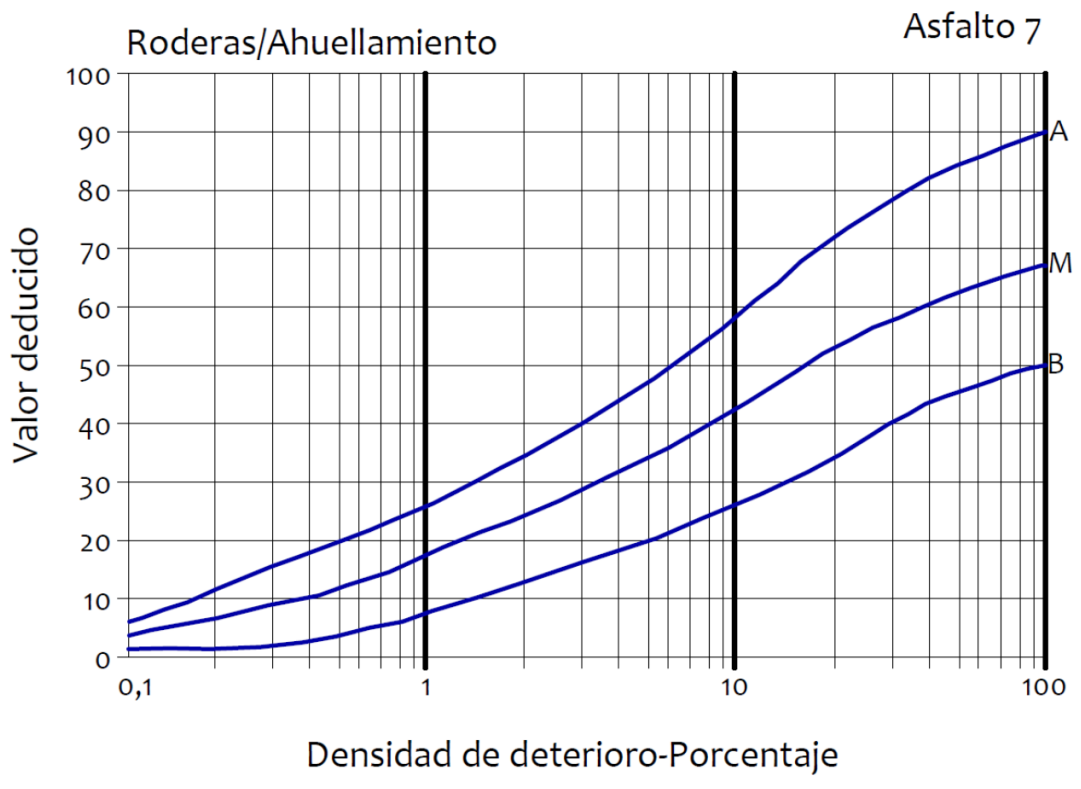
Asfalto 5



Grieta en Arco

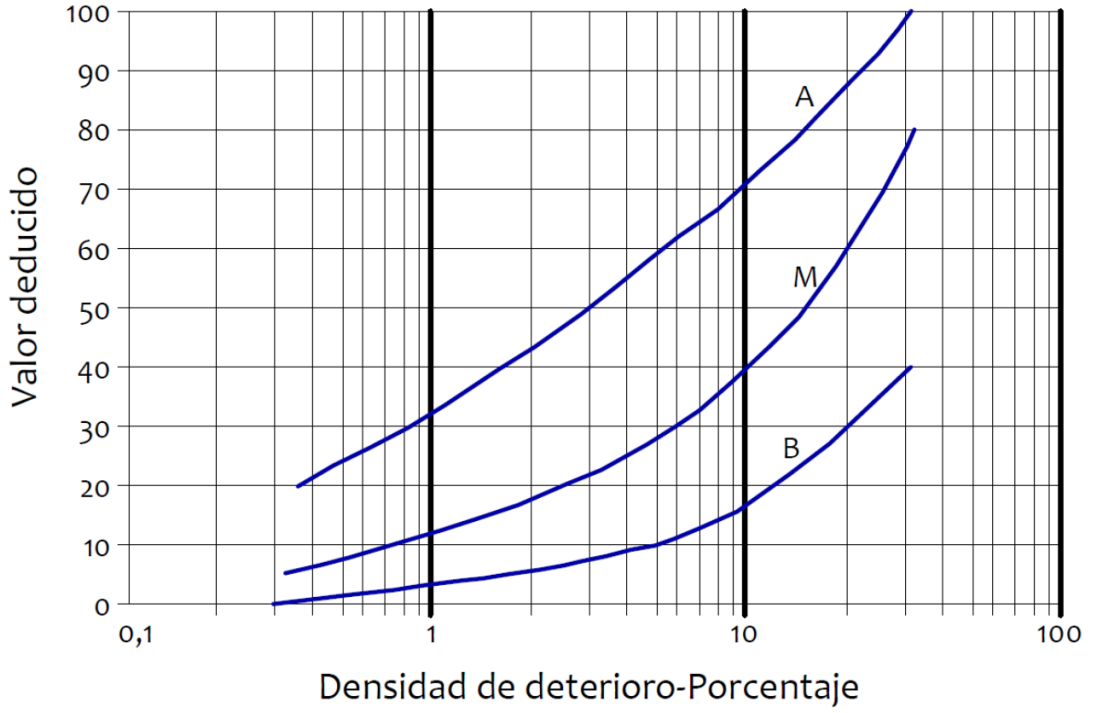
Asfalto 6

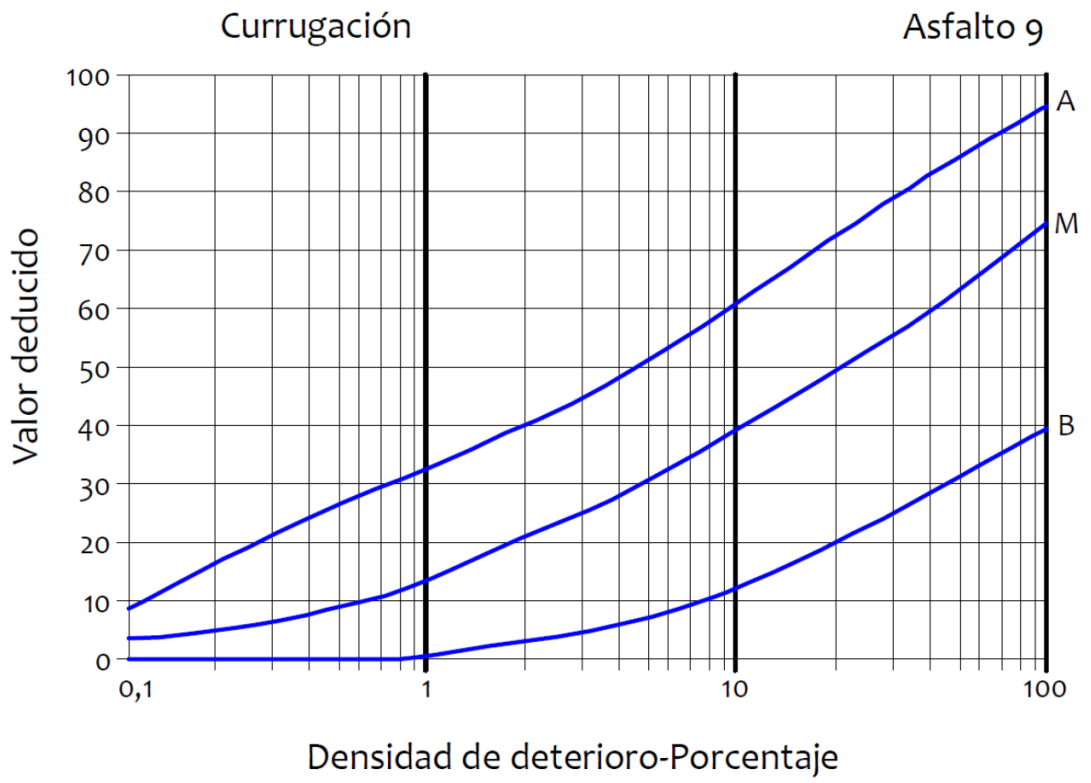


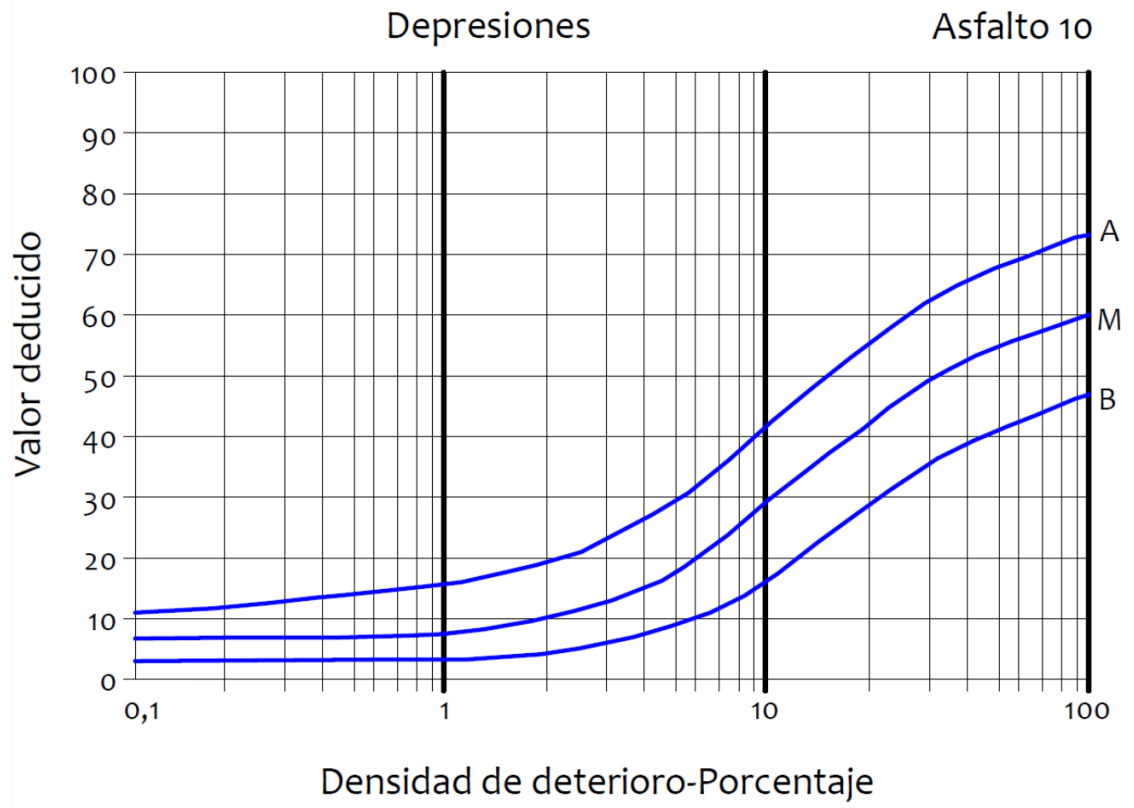


Abultamientos y Hundimientos

Asfalto 8

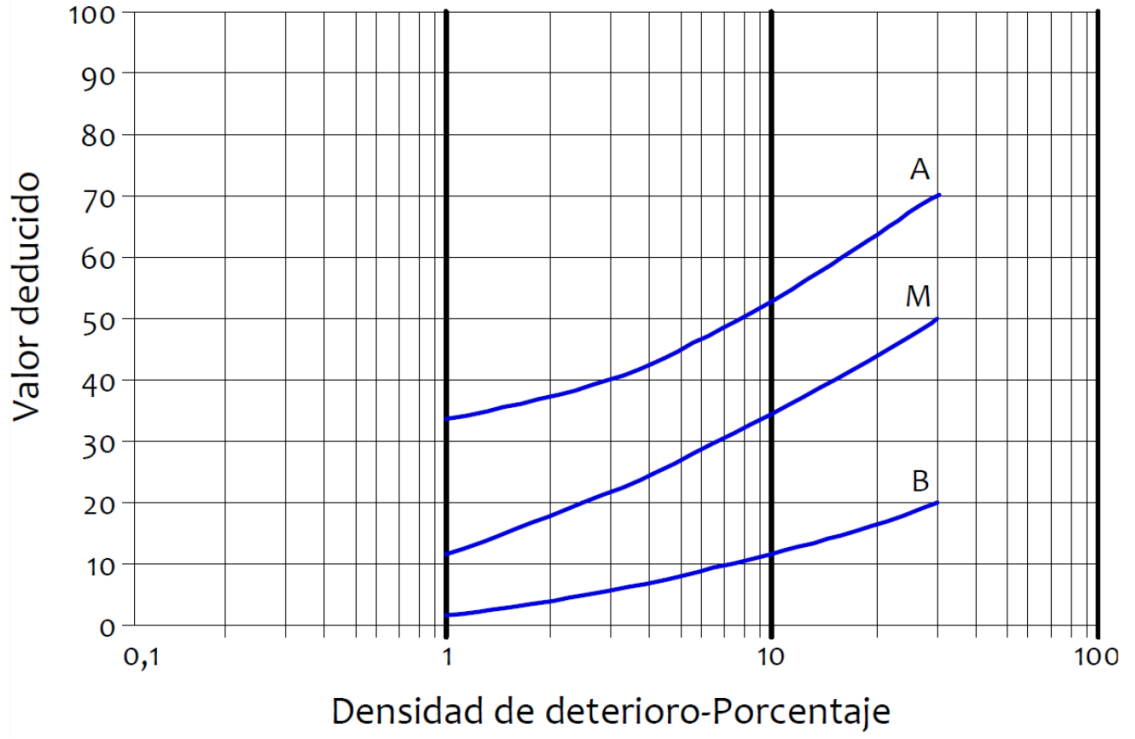






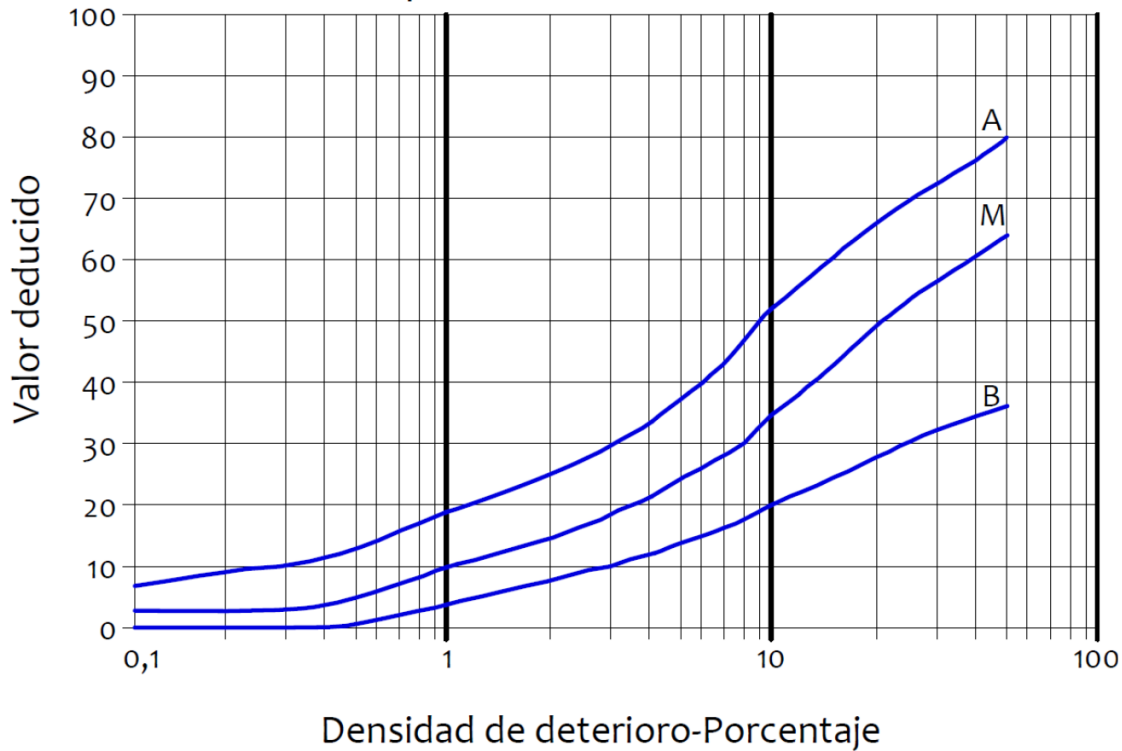
Hinchamientos

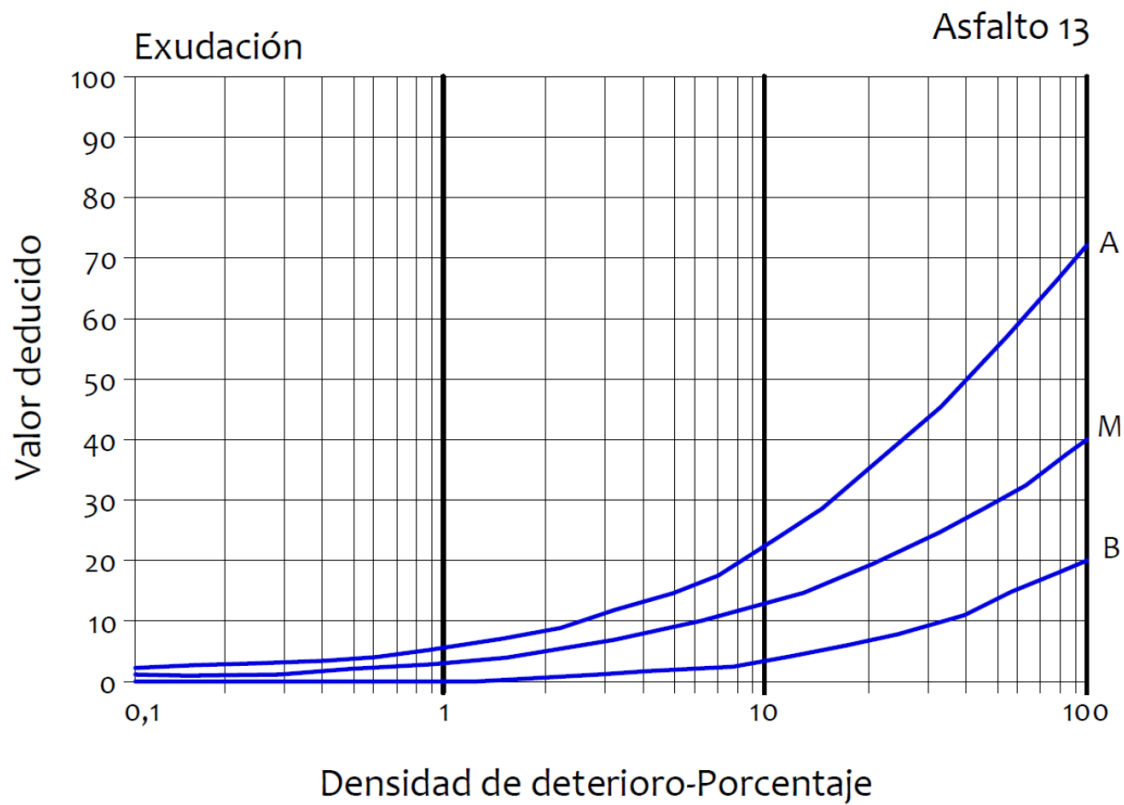
Asfalto 11



Corrimiento/Desplazamiento

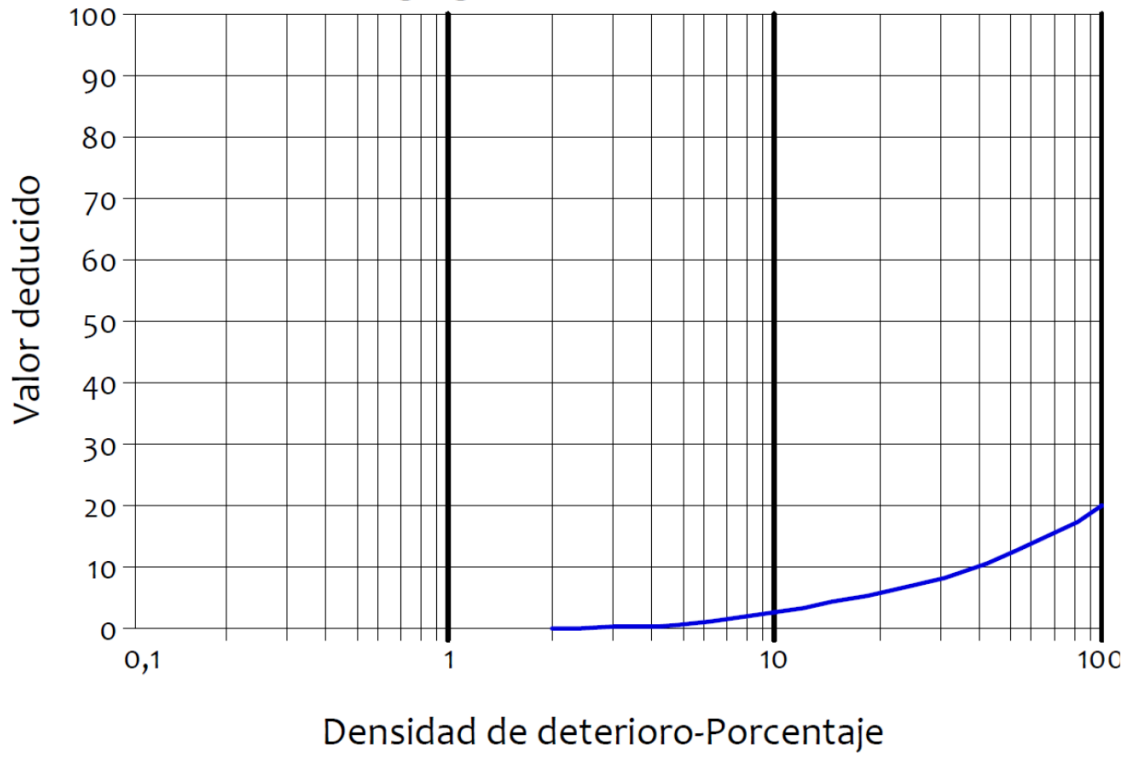
Asfalto 12





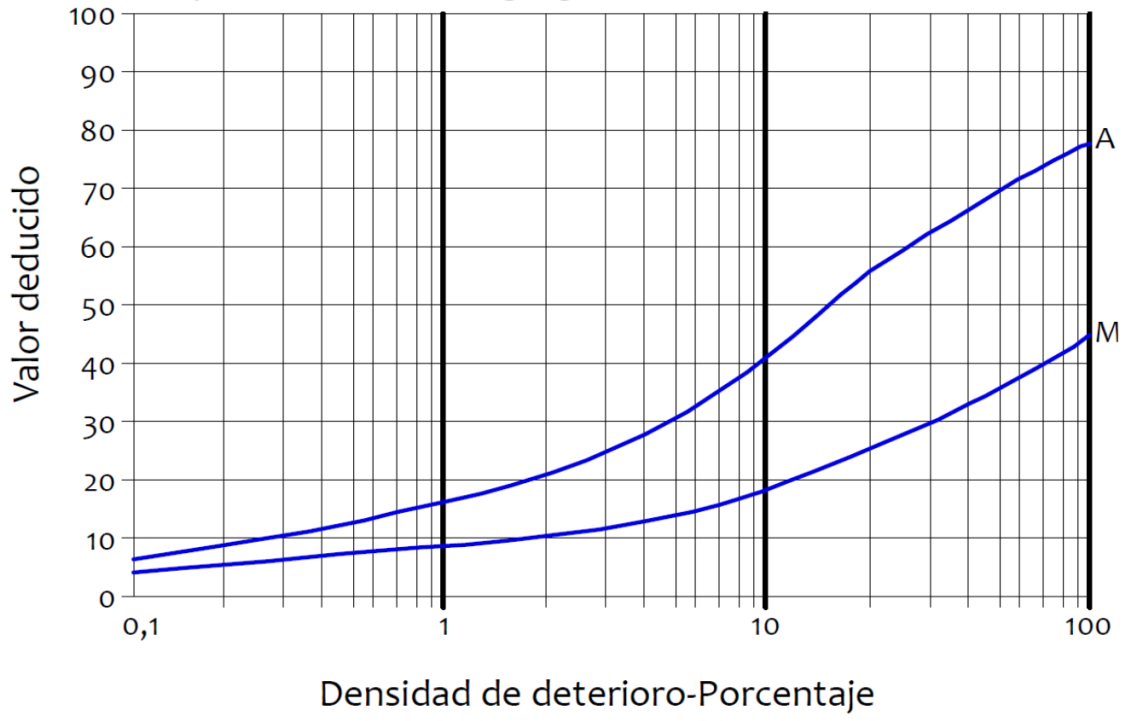
Pulimiento de Agregados

Asfalto 14



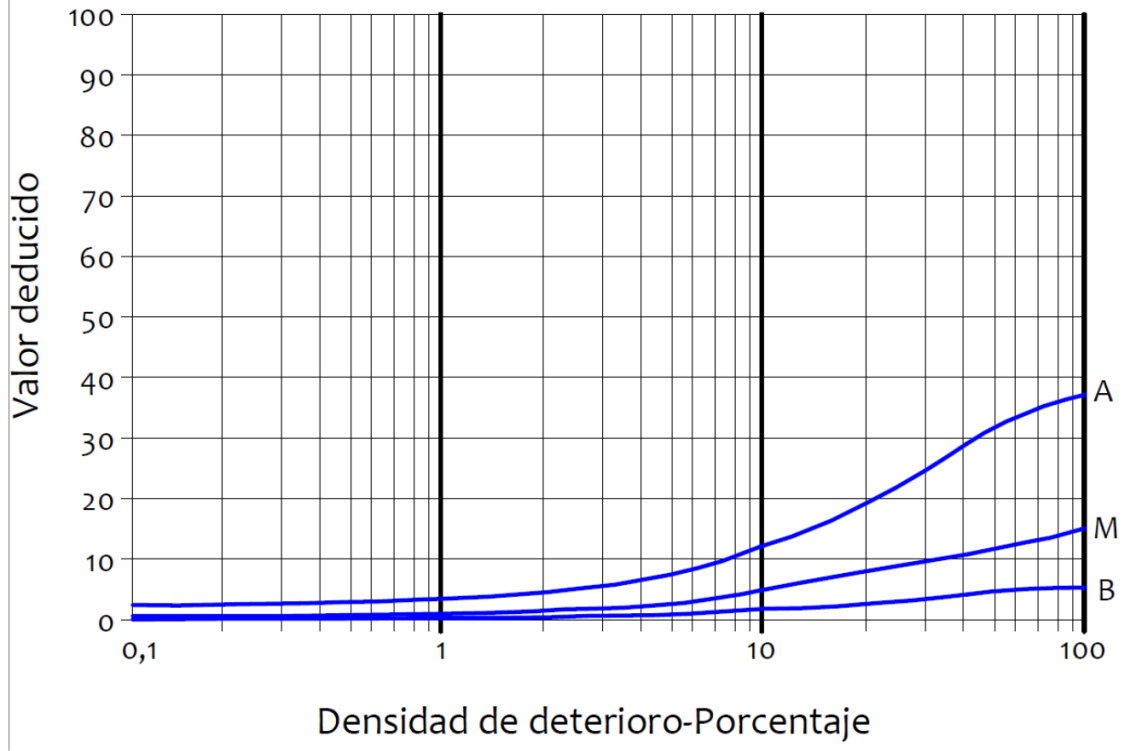
Desprendimiento de Agregados

Asfalto 15



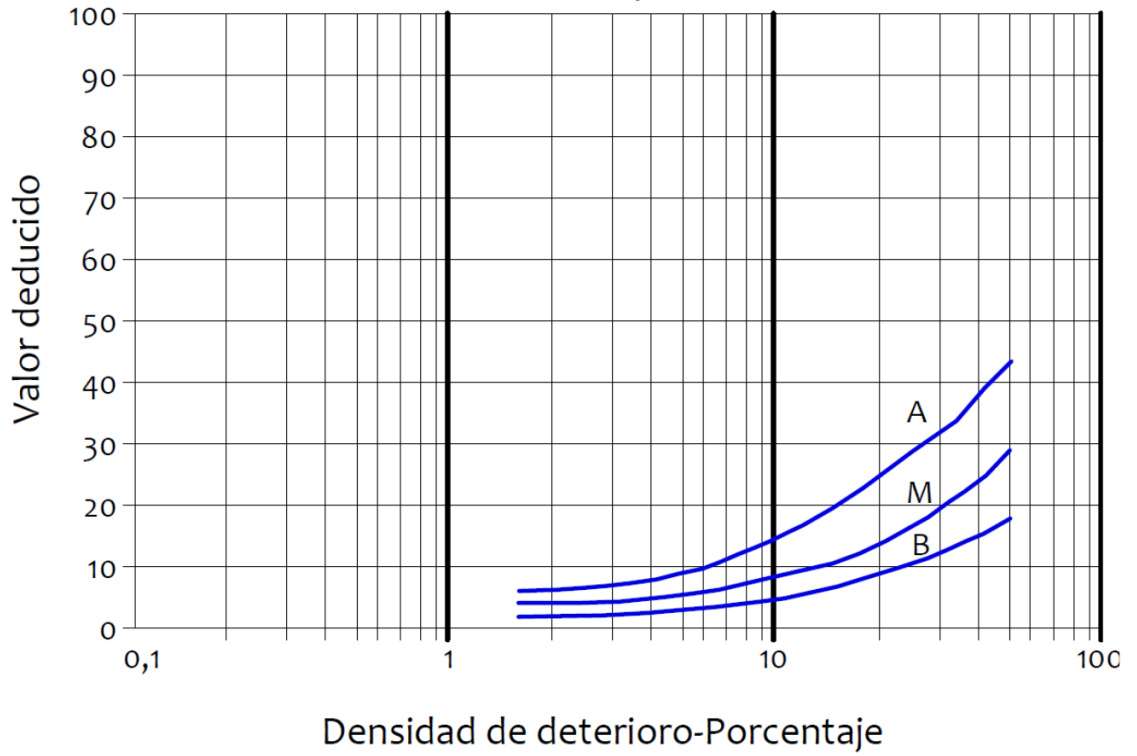
Desgaste Superficial

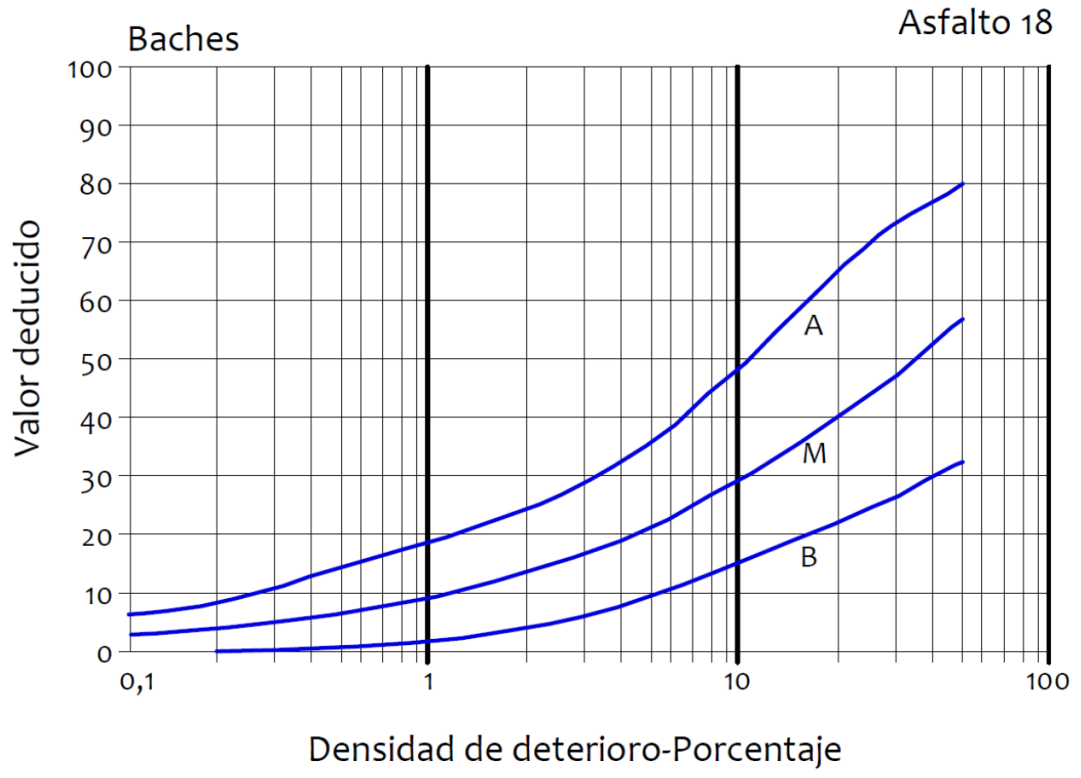
Asfalto 16

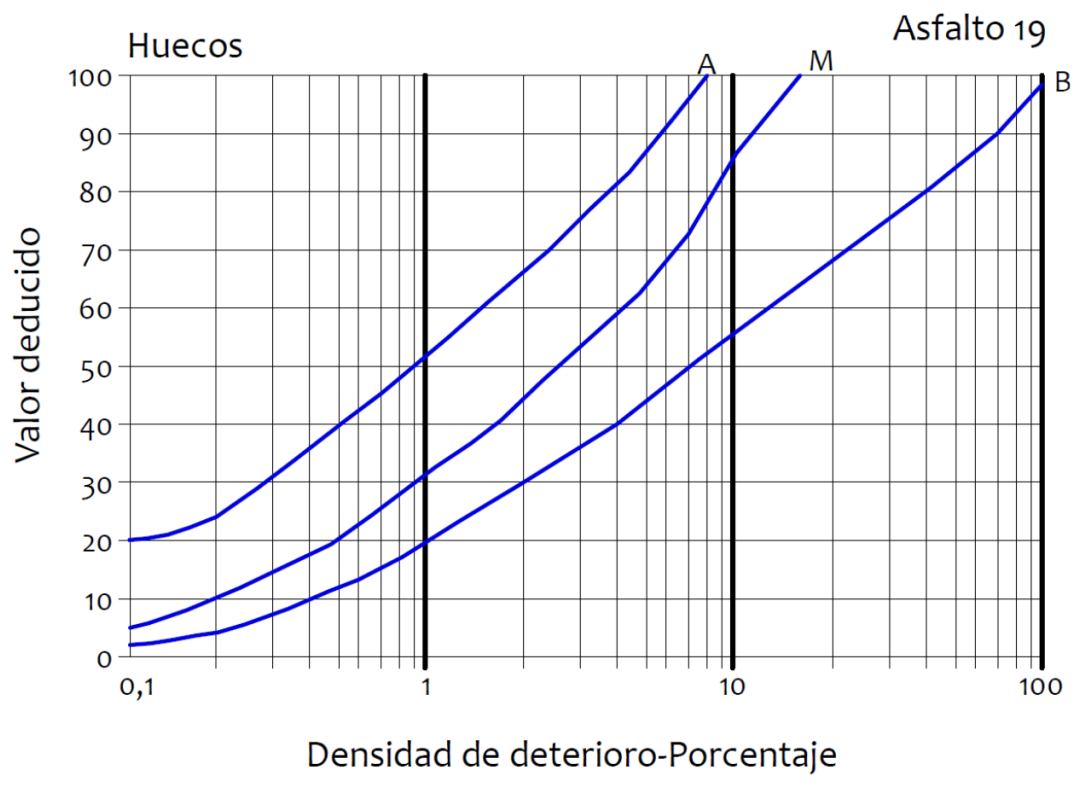


Escalonamiento de Calzada-Espaldón

Asfalto 17

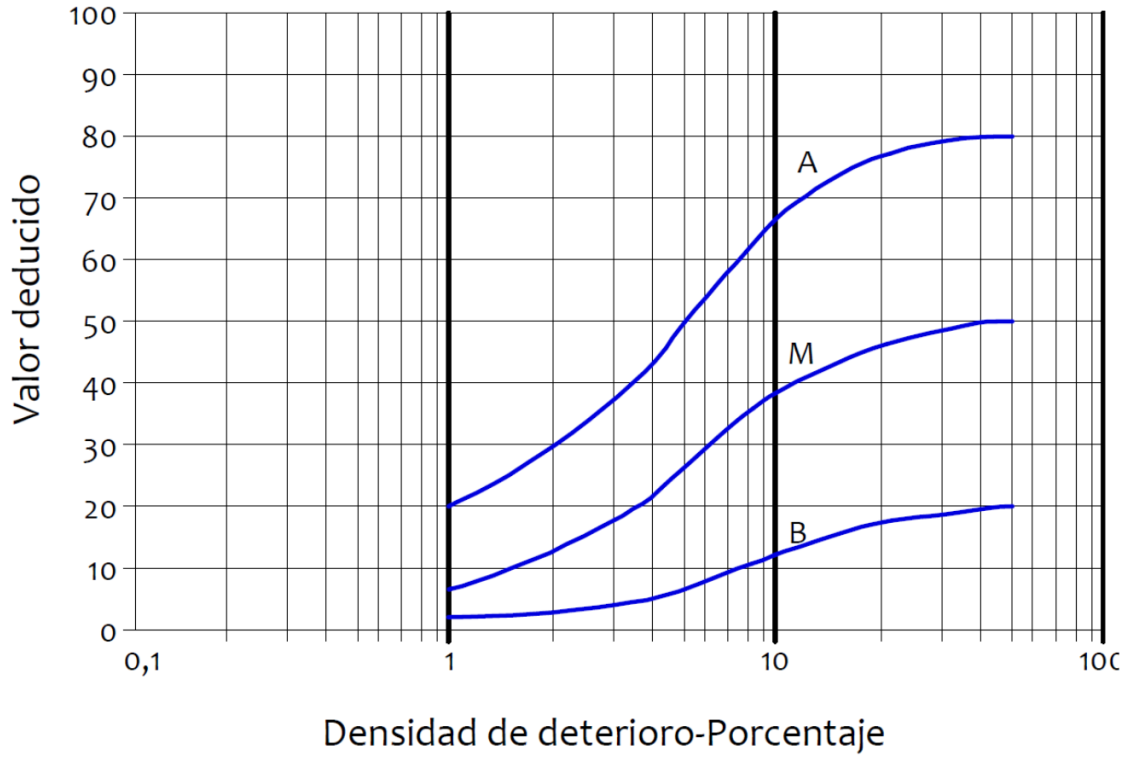


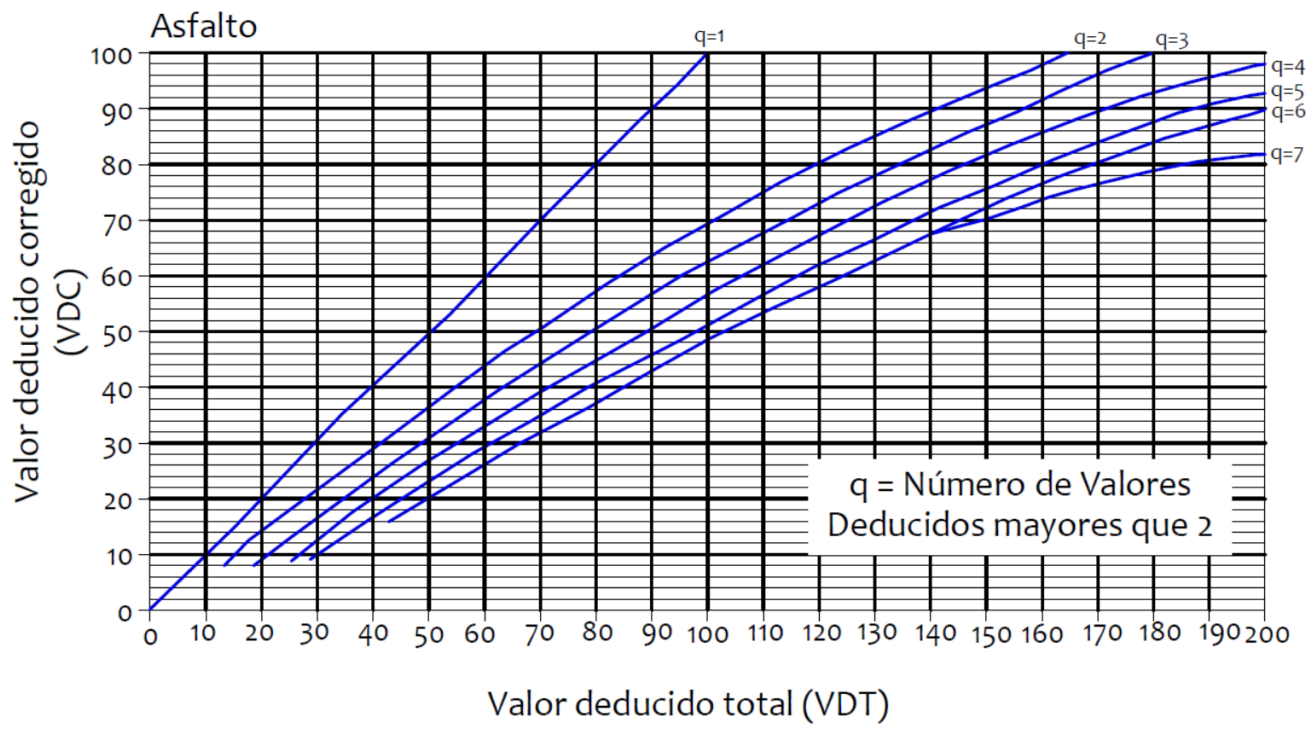




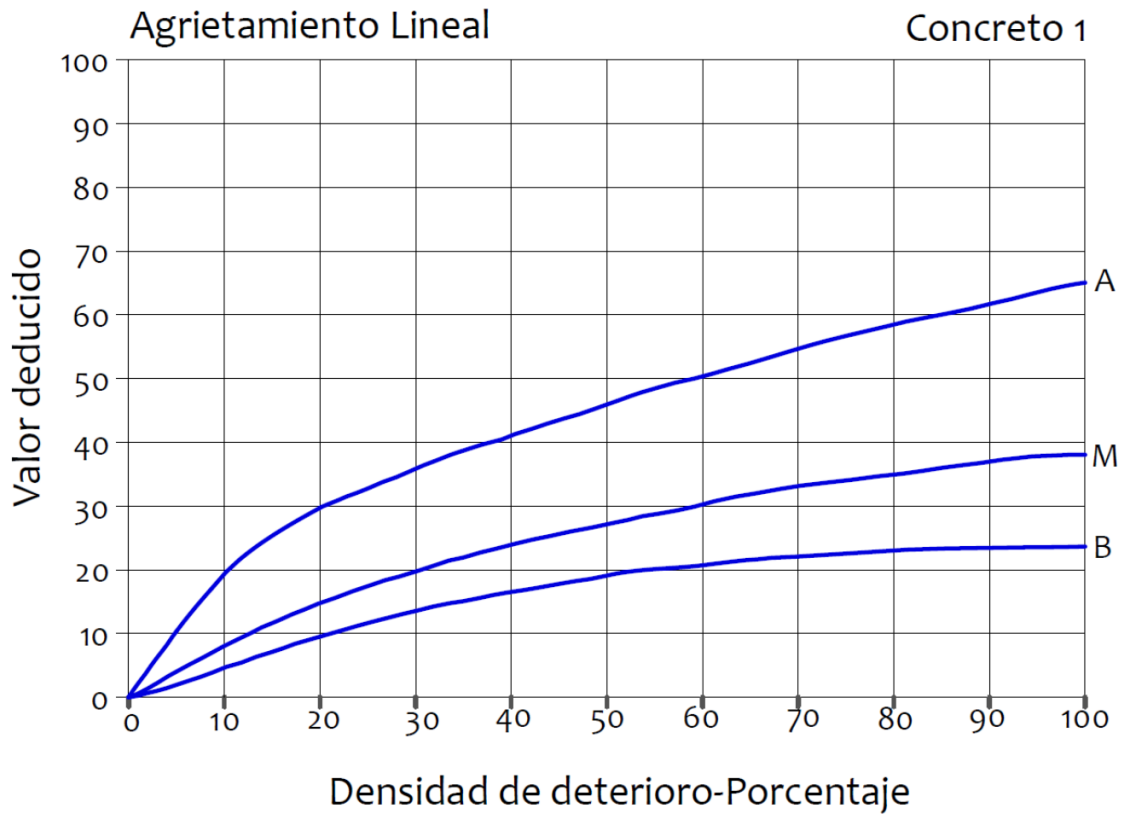
Cruce de línea férrea

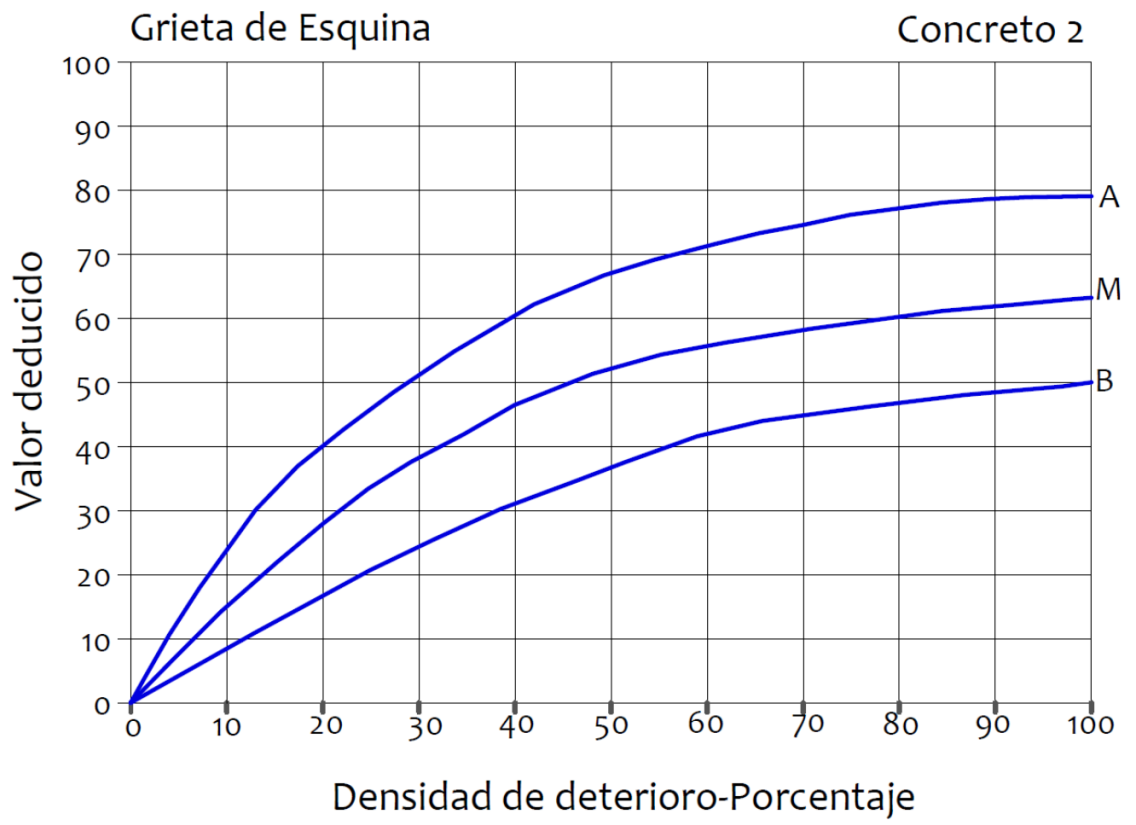
Asfalto 20

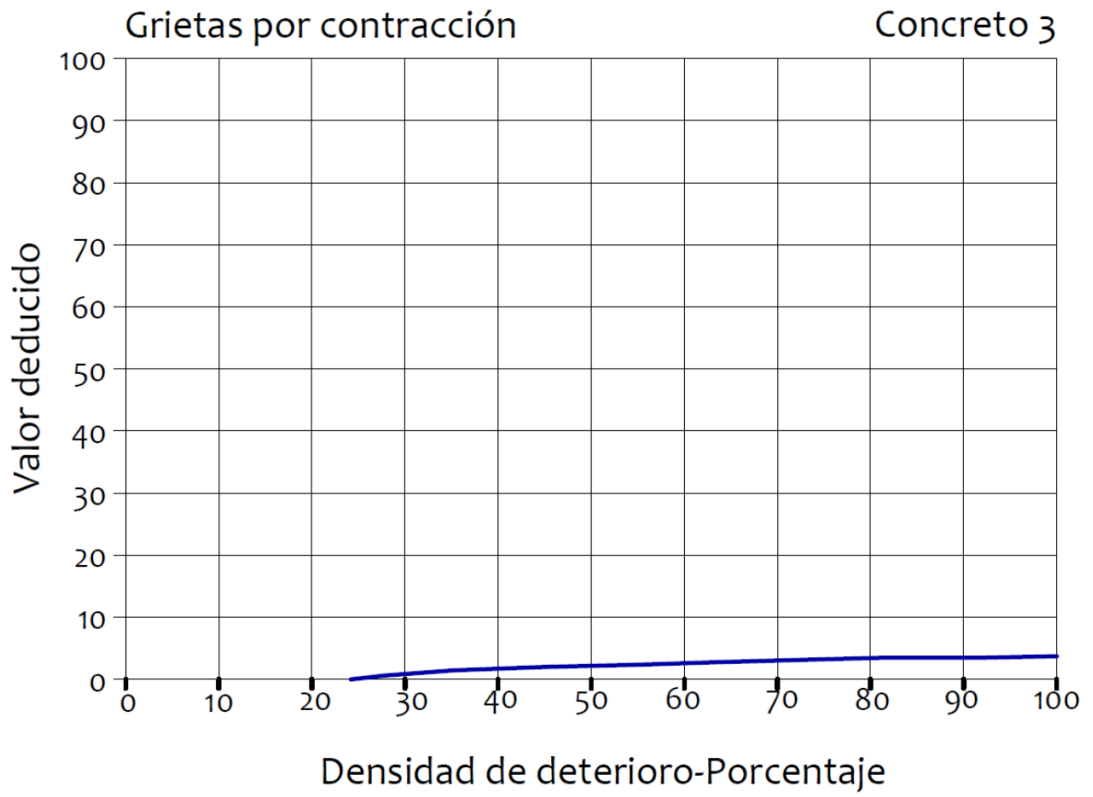


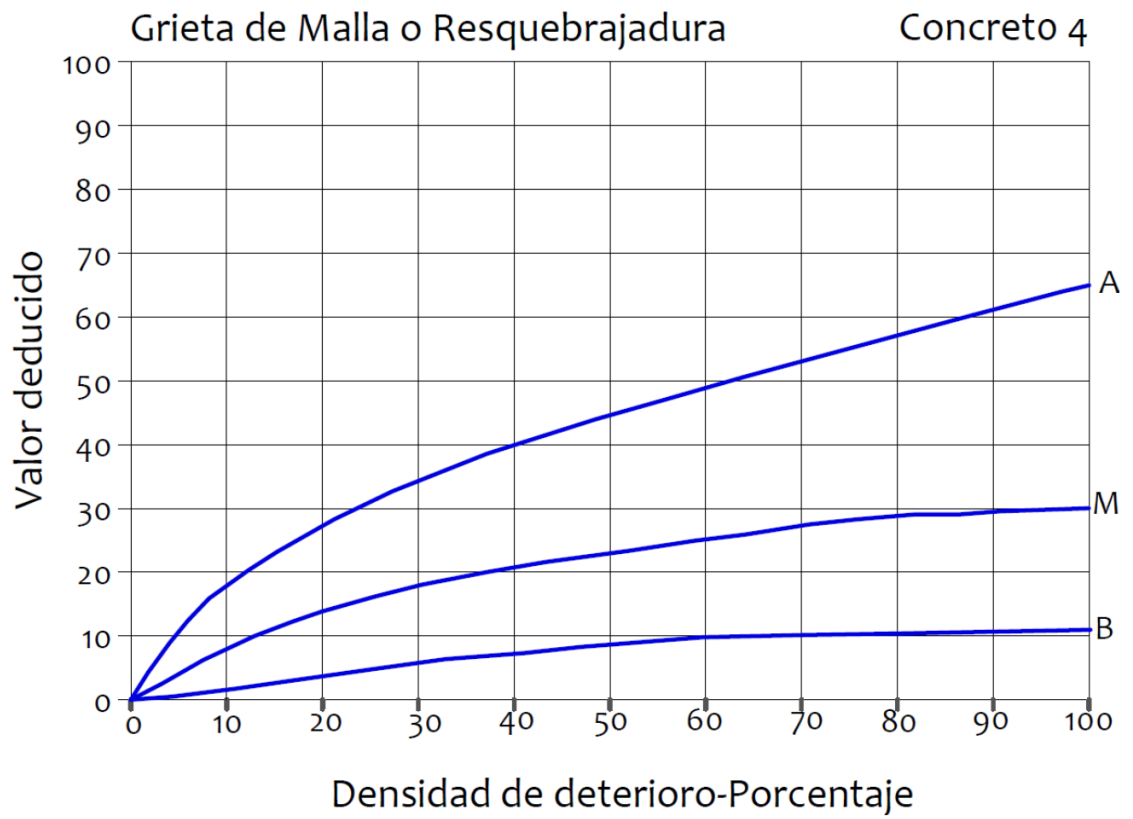


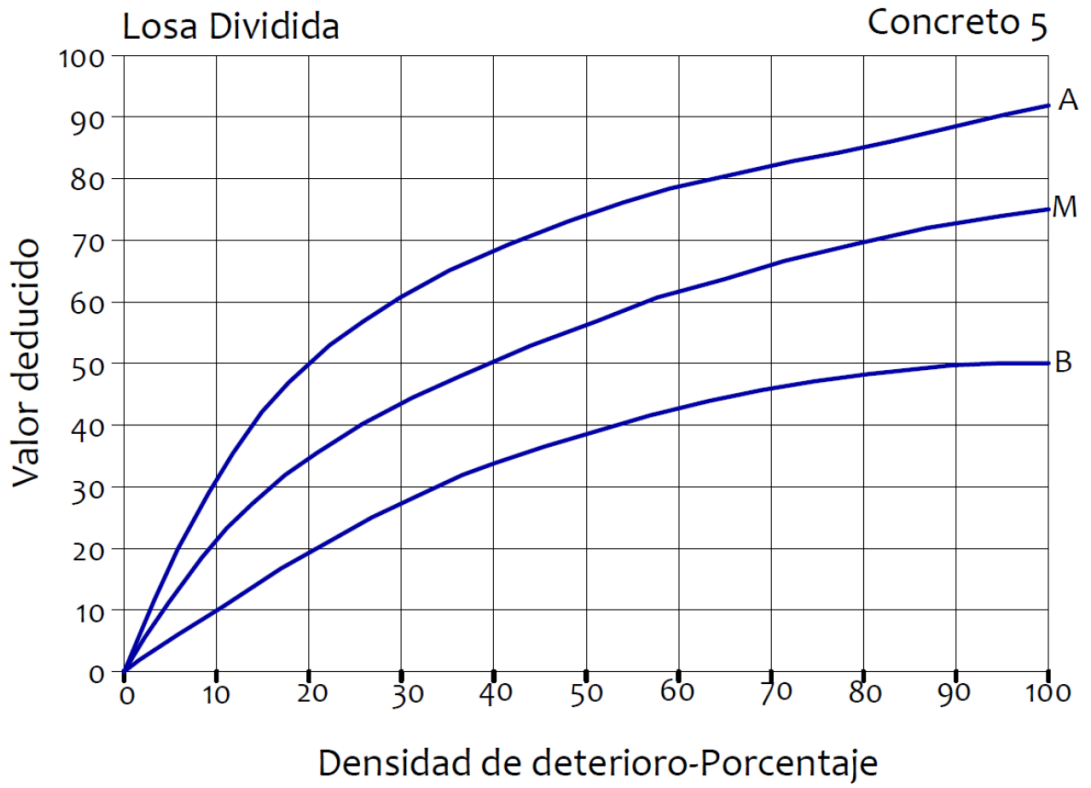
- Pavimentos Rígidos











El deterioro "Deficiencias del Sellado" no se mide como una densidad. La severidad se mide tomando en cuenta el estado general del sellante de la Unidad de Muestreo inspeccionada.

Los **Valores Deducidos** para los tres niveles de severidad son:

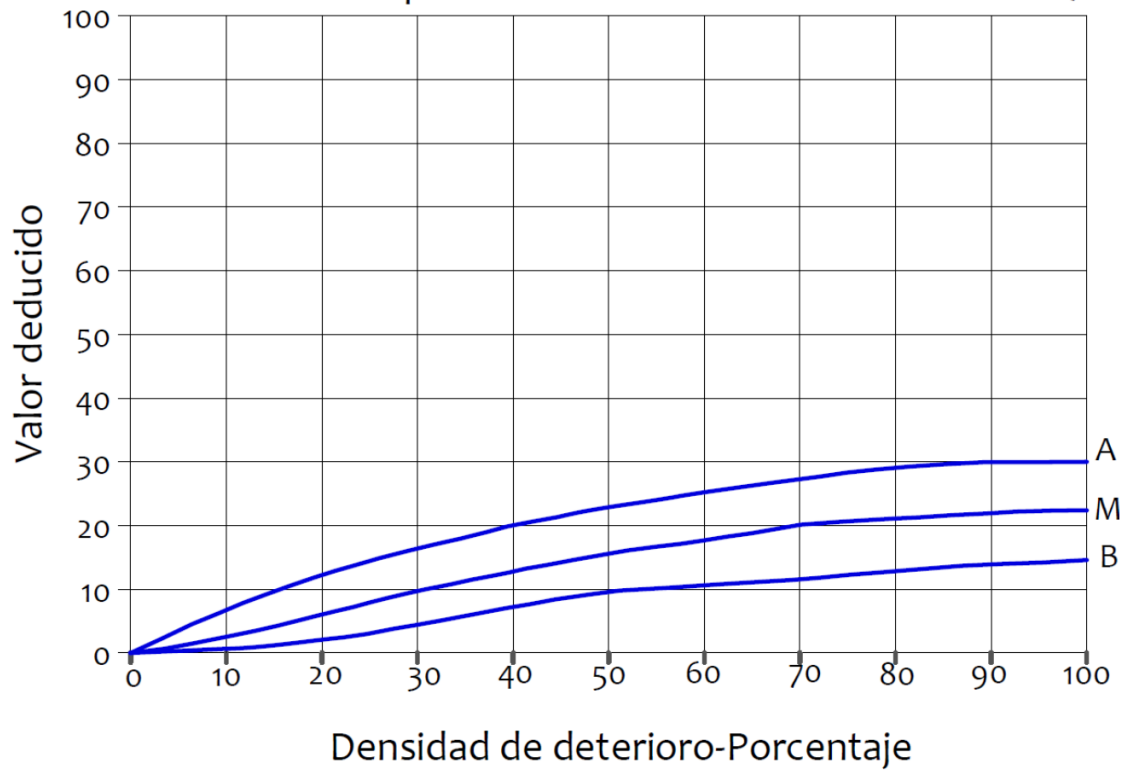
Bajo: 2

Medio: 4

Alto: 8

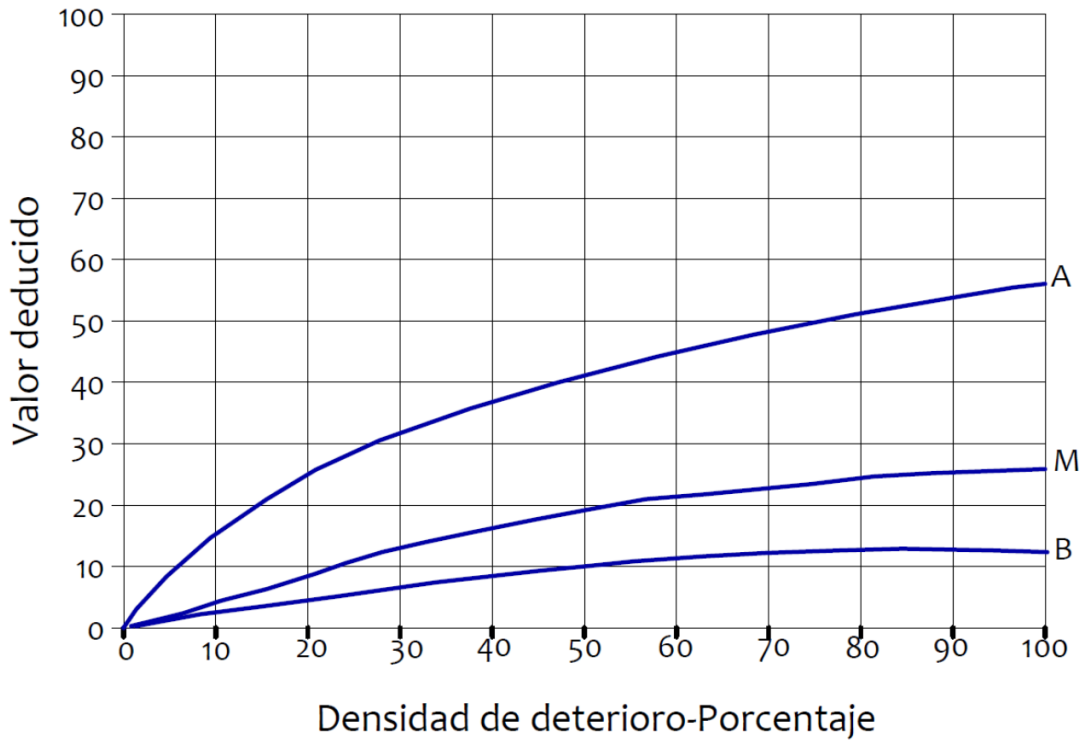
Fracturas de Esquina

Concreto 7



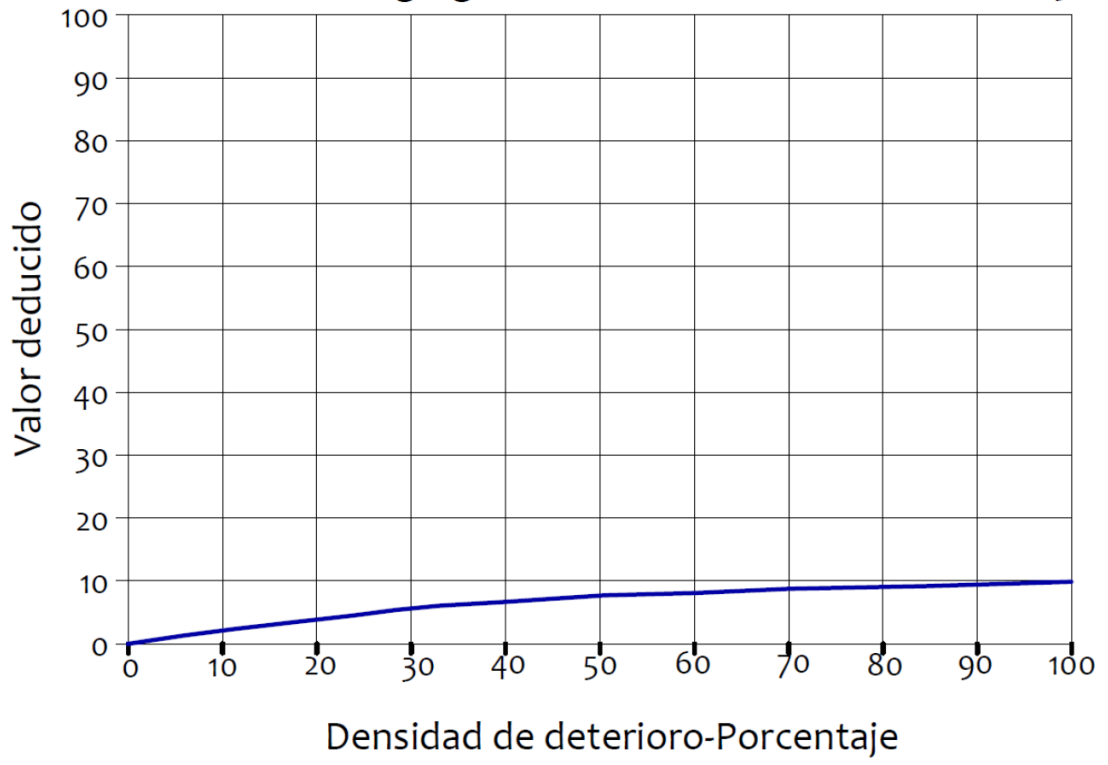
Fracturas de Junta

Concreto 8



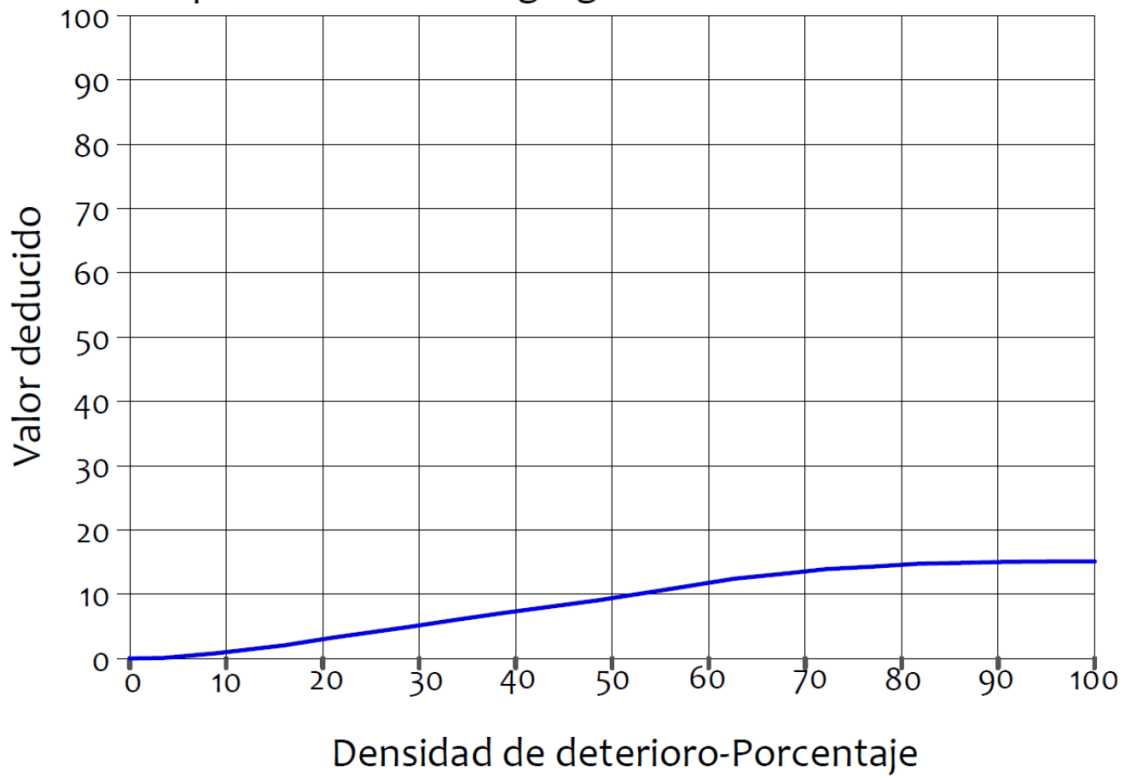
Pulimiento de Agregado

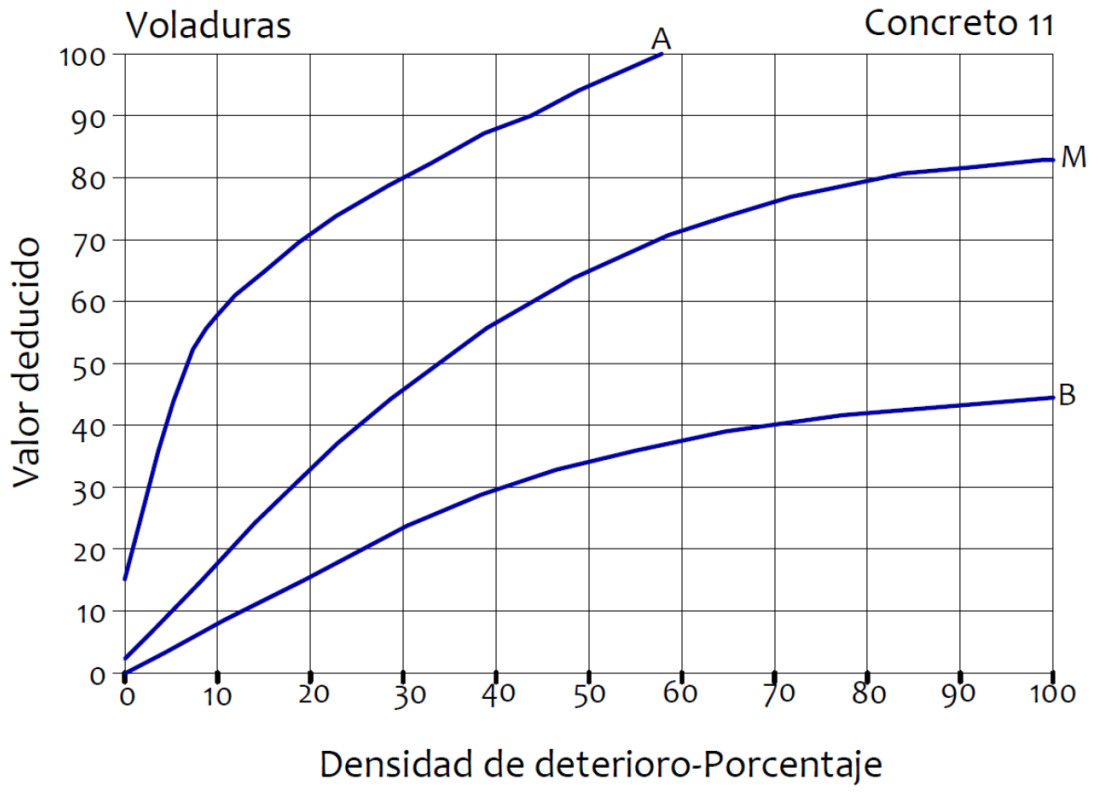
Concreto 9



Desprendimiento de Agregado

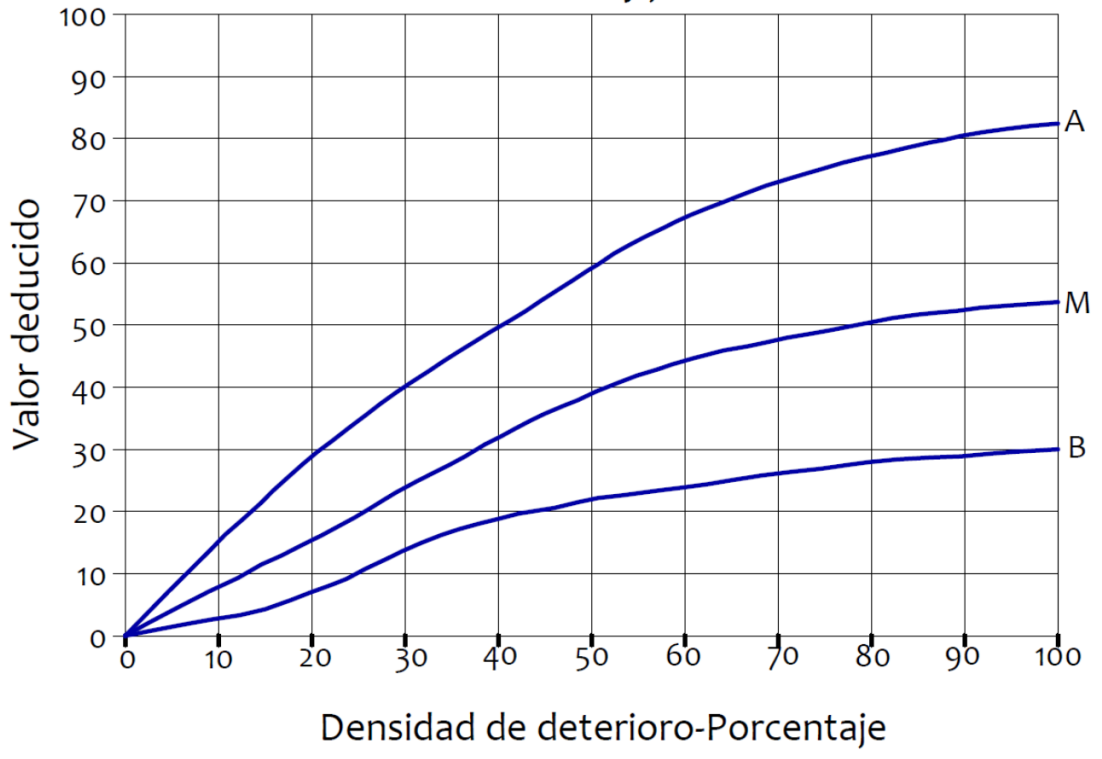
Concreto 10



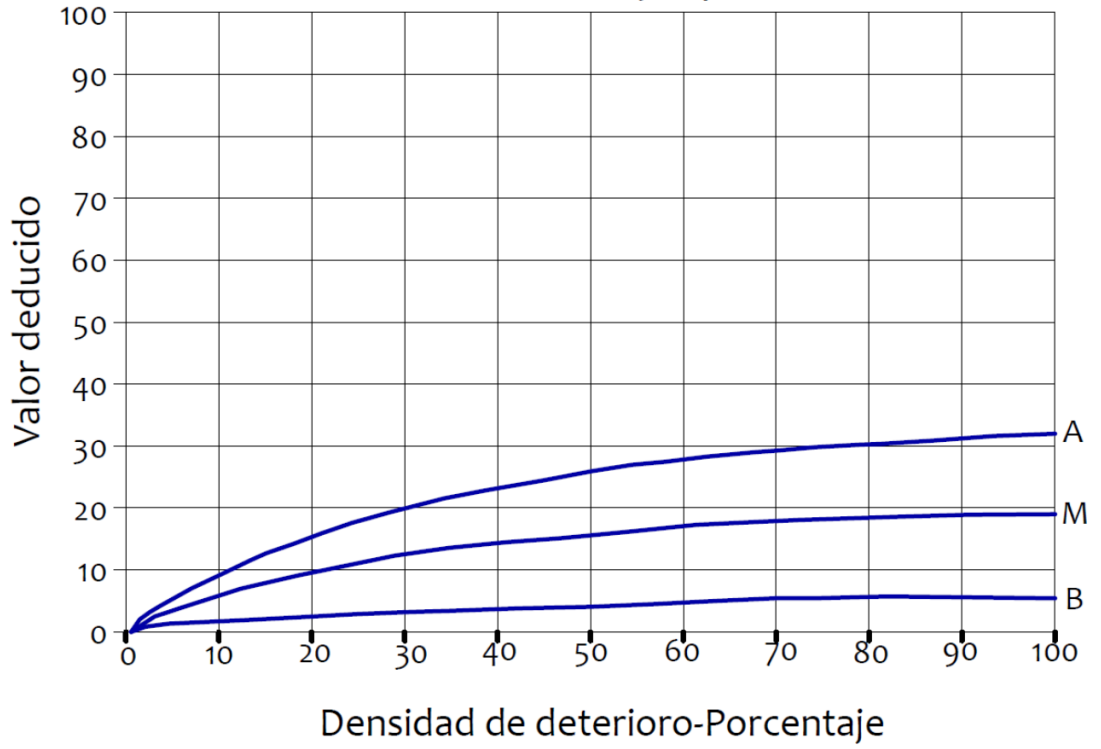


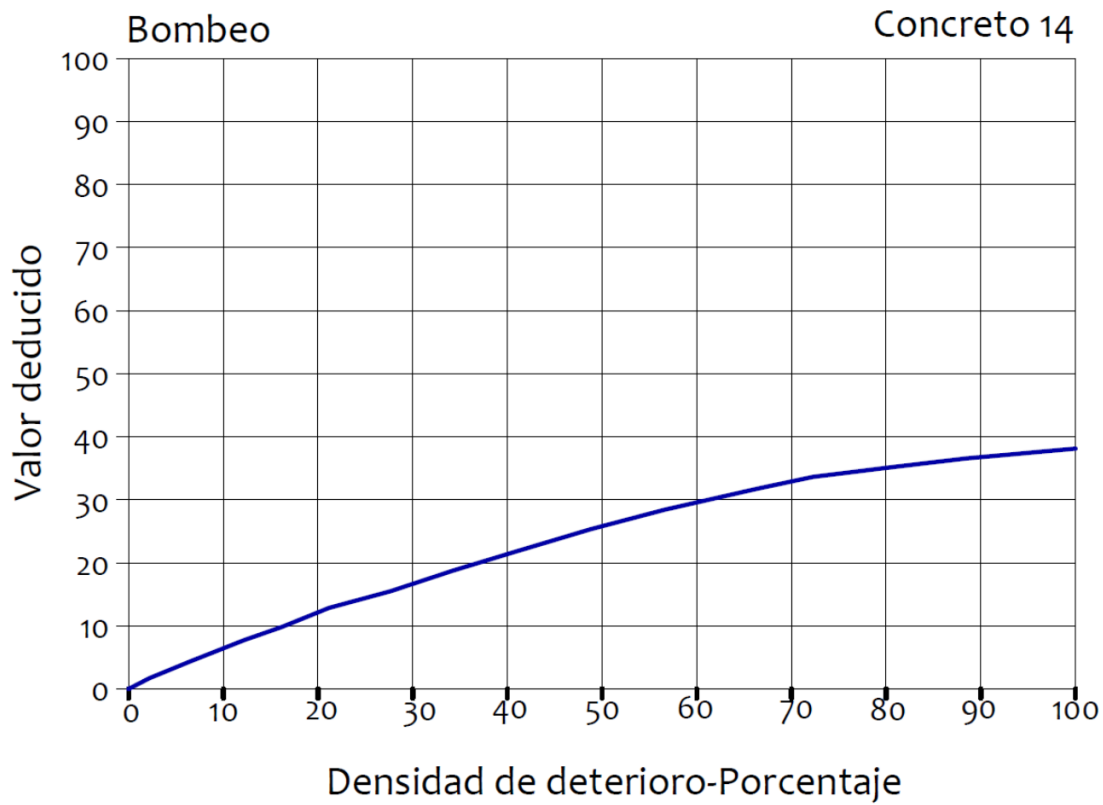
Escalonamiento entre calzada y juntas

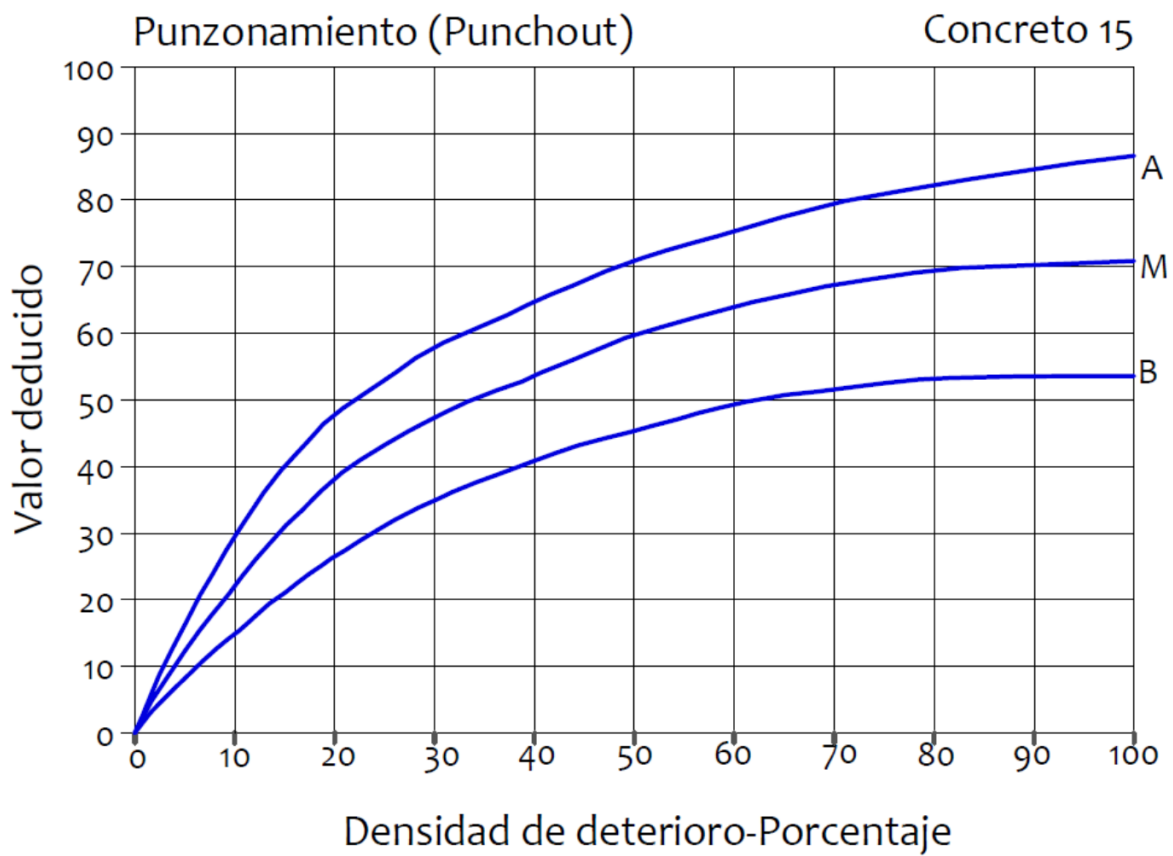
Concreto 12



Escalonamiento entre Calzada y Espaldón Concreto 13

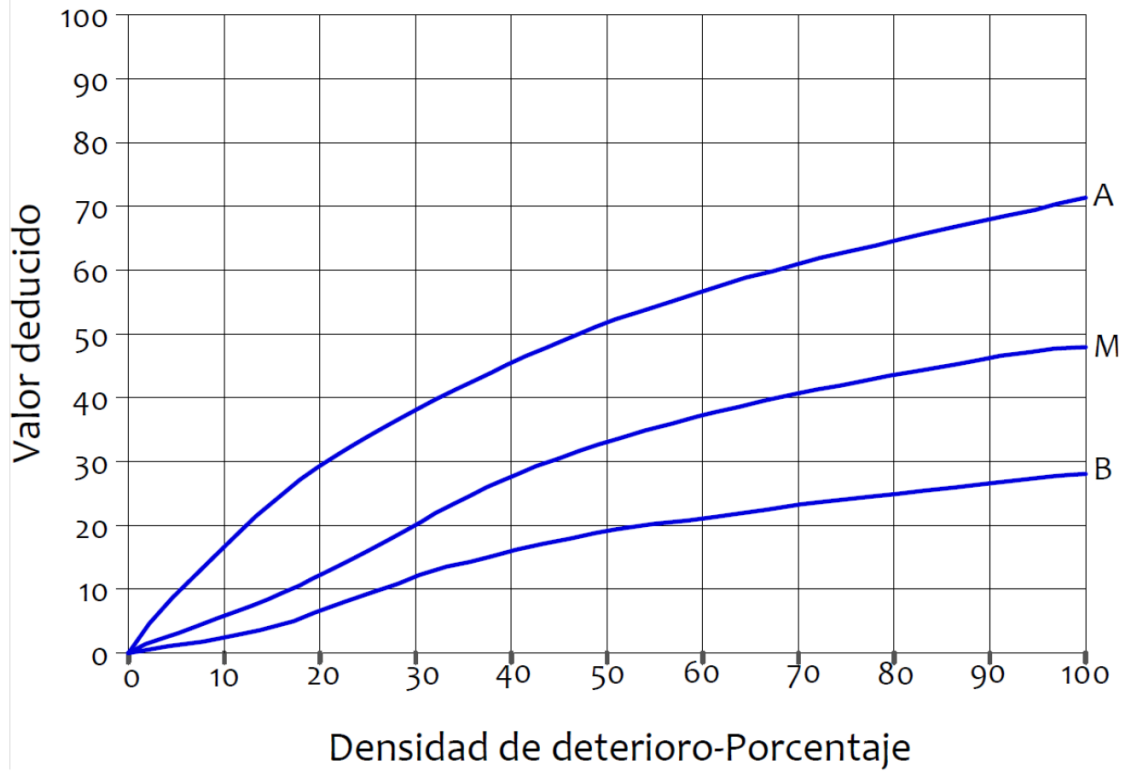






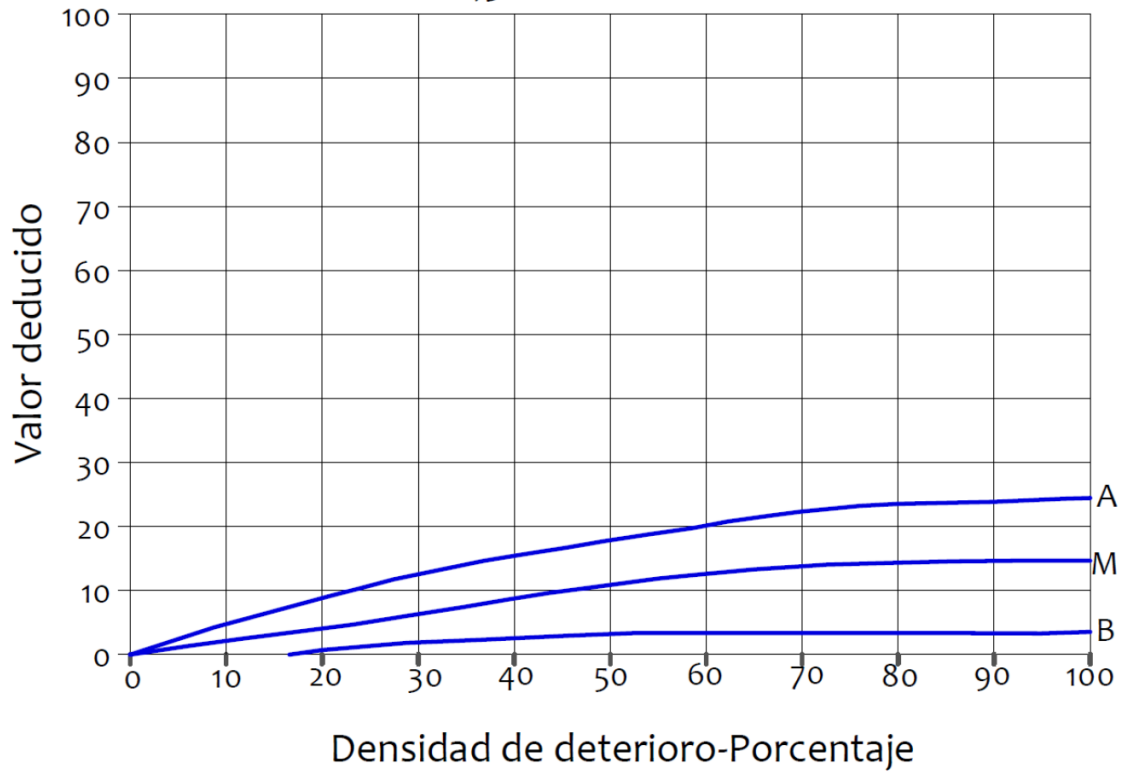
Baches mayores a 0,5 m²

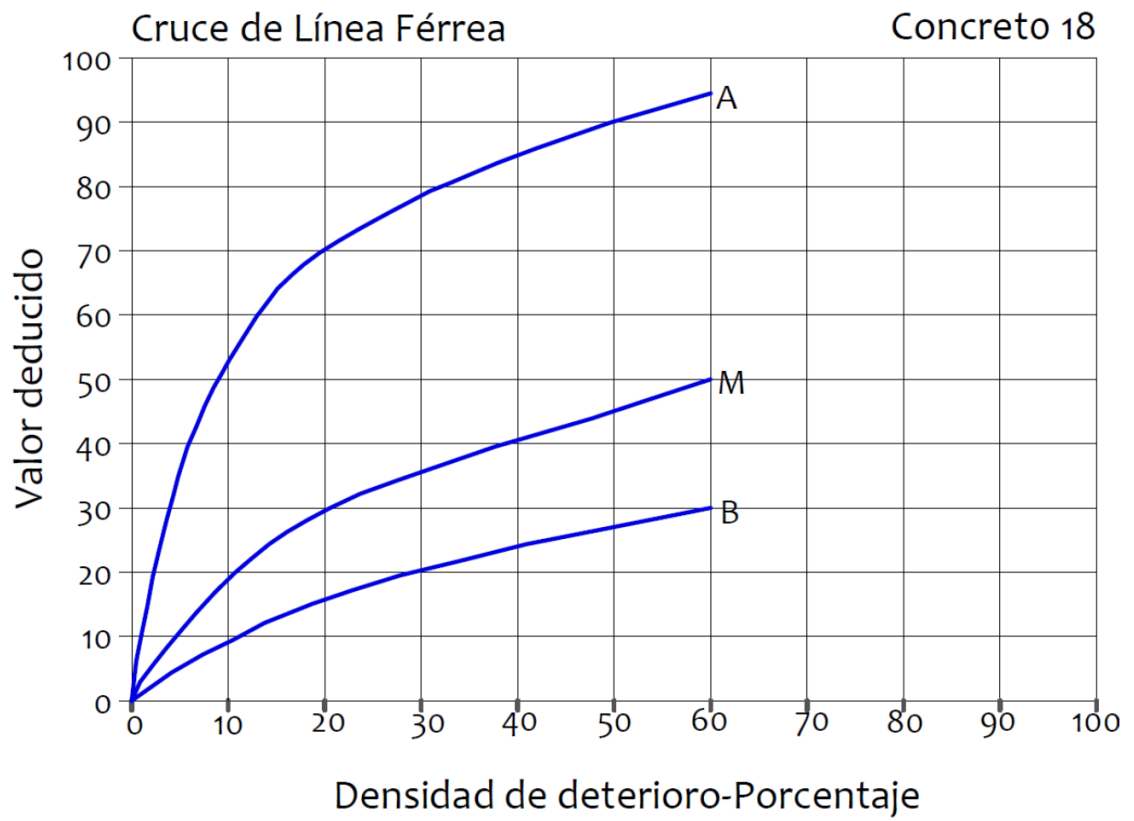
Concreto 16

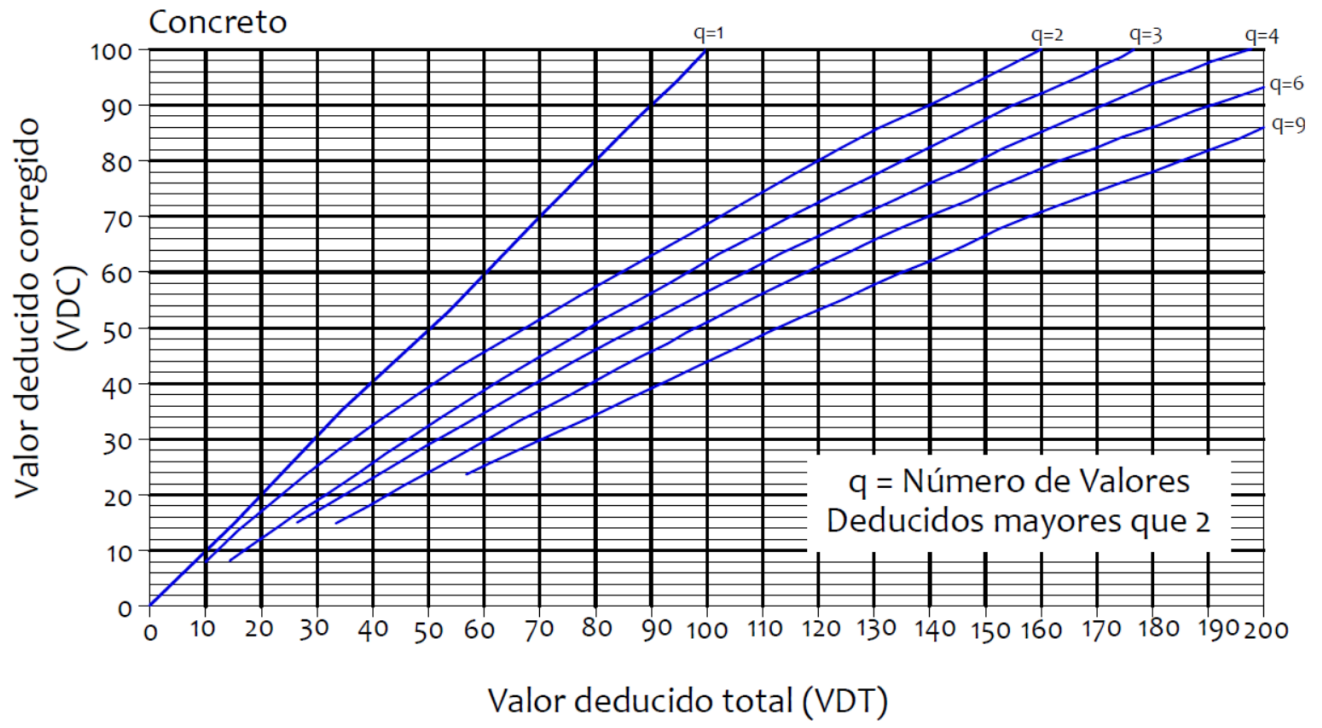


Baches menores a 0,5 m²

Concreto 17









Teléfono: 2523-2000
Web: www.mopt.go.cr

