

SECCIÓN 552 CONCRETO ESTRUCTURAL

552.01 Descripción

Este trabajo consiste en proveer, colocar, curar y dar acabado al concreto hidráulico utilizado en la construcción de estructuras mayores (puentes, alcantarillas, entre otros).

La clase de concreto hidráulico para este tipo de estructuras se designa en la Tabla 552-1 (a) y (b).

552.02 Materiales.

Estarán de acuerdo con las especificaciones siguientes:

Agregados finos para concreto hidráulico	703.01
Agregados gruesos para concreto hidráulico	703.02
Cementos hidráulicos	701.01
Agua	725.01
Aditivos químicos	711
Puzolanas	725.04
Aditivos inclusores de aire	711.02
Relleno minerales de hierro y escorias	725.05
Materiales para el curado	711.01
Almohadillas elastoméricas de soporte y sellos elastoméricos de juntas a compresión	717.10
Recubrimientos de color	725.24
Modificador de látex	711.04
Recubrimientos de protección para concreto hidráulico	725.14
Vapores de sílice (microsílice)	725.04

Requerimientos de Construcción

552.03 Composición (Diseño de mezclas de concreto hidráulico).

Las mezclas de concreto hidráulico serán diseñadas y producidas en conformidad con las resistencias indicadas en Tabla 552-1(a) para la clase de concreto hidráulico especificada para uso general.

La composición del concreto hidráulico a utilizar en estructuras para puentes deberá ser diseñada y producida de acuerdo con las resistencias indicadas en la Tabla 552-1(b).

El concreto hidráulico estructural deberá cumplir las siguientes especificaciones ACI u otra normativa aceptada:

- **ACI 211.1** Práctica estándar para la selección de proporciones para el concreto hidráulico normal, pesado y masivo.

- **ACI 211.2** Práctica estándar para la selección de proporciones para el concreto hidráulico estructural liviano

- **ACI 211.3** Práctica estándar para la selección de proporciones para el concreto hidráulico sin revenimiento.

Tabla 552-1(a)
Composición del concreto hidráulico estructural de uso general

Clase de concreto hidráulico	Descripción general de uso	Resistencia mínima a 28 días (MPa)	Contenido mínimo cemento (kg/m ³)	Razón máxima A/C	Revenimiento (mm) ⁽¹⁾	Tamaño máximo agregado grueso (mm)
A	Estructuras reforzadas expuestas o no al agua salada	25	420	0,52	50 a 100	25 ó 38
B	Estructuras reforzadas de sección muy delgada, se debe incluir aditivo que mejore trabajabilidad.	28	450	0,49	70 a 150 ⁽²⁾	12 ó 19
C	Estructuras masivas como concreto ciclópeo	14	250	0,65	50 a 100	50 ó 63
D	Colado de estructuras de concreto preesforzado	35	500	0,40	50 a 100	19 ó 25
X	Colado de estructuras ligeramente reforzadas tales como cajas de registro y cabezales de alcantarilla	18	325	0,58	50 a 100	50 ó 38
S	Construcción de estructuras sumergidas bajo agua	28	450	0,49	30 a 80	25 ó 38

Notas:

(1) El revenimiento máximo de un concreto hidráulico es de 200 mm si el diseño de mezclas incluye un reductor de agua.

(2) Medir el revenimiento 4 a 5 minutos después de que el concreto sea descargado de la mezcladora.

Tabla 552-1(b)
Composición del concreto hidráulico estructural para puentes

Clase de concreto hidráulico	Descripción general de uso	Contenido mínimo cemento (kg/m ³)	Razón máxima A/C	Revenimiento (mm) ⁽¹⁾	Tamaño máximo agregado grueso (mm)	Resistencia mínima a 28 días (MPa)
A	Generalmente se utiliza para todo los elementos estructurales, excepto cuando alguna otra clase sea más apropiada, específicamente para el concreto expuesto a agua salada.	360	0,49	50 a100	25 a 4,75	28
B	Es utilizado para cimentaciones, pedestales, pilotes masivos pre-excavados colados en sitio y muros de gravedad. Estructuras menores.	305	0,58	50 a100	50 a 75 ó 75 a 4,75	17
C	Es utilizado en secciones delgadas, como barandas reforzadas con un espesor menor a 100 mm, para relleno en pisos de rejilla de acero, etc.	388	0,49	70 a150 ⁽²⁾	12,5 a 4,75	28
P	Es utilizado cuando la resistencia se requiere que exceda los 28 MPa. Para el concreto presforzado, se debe considerar limitar el tamaño nominal para el agregado a 20 mm.	333	0,49	50 a100	25 a 4,75 ó 19 a 4,75	Según las especificaciones establecidas por la Administración
S	Es utilizado para concreto depositado debajo del agua en ataguías para evitar el paso del agua.	388	0,58	30-80	25 a 4,75	-
Concreto Liviano	Generalmente se utiliza únicamente en condiciones donde el peso es crítico.	333	Según las especificaciones establecidas por la Administración			

Notas:

(1) El revenimiento máximo de un concreto hidráulico es de 200 mm si el diseño de mezclas incluye un reductor de agua.

(2) Medir el revenimiento 4 a 5 minutos después de que el concreto sea descargado de la mezcladora.

El Contratista presentará por escrito el diseño de mezcla a la Administración para su verificación y aprobación, utilizando los mismos agregados, cemento y aditivos utilizados en los diseños. Los diseños se someterán para su revisión por lo menos 36 días antes de iniciar la producción.

Cada diseño de mezcla debe incluir lo siguiente:

- (a) Nombre del proyecto.
- (b) Nombre y dirección del Contratista y la planta de concreto hidráulico a utilizar.
- (c) Clase de concreto hidráulico y resistencia a los 28 días.
- (d) Tipo de cemento y tipo de sustituto de cemento si se usara.
- (e) Proporciones del agregado, cemento, agua y aditivos.
- (f) Nombre y lugar de las fuentes de los agregados, cemento, agua y aditivos.
- (g) Contenido de cemento en kilogramos por metro cúbico de concreto hidráulico.
- (h) Pesos de los agregados gruesos y finos por metro cúbico de concreto hidráulico.
- (i) Contenido de agua (incluyendo humedad libre en el agregado más agua en el tambor, excluyendo la humedad absorbida en el agregado) en kilogramos por metro cúbico de concreto hidráulico.
- (j) Relación agua/cemento.
- (k) Dosificación de los aditivos (No debe de mezclarse aditivos químicos de diferentes fabricantes).
- (l) Análisis granulométricos de los agregados finos y gruesos.
- (m) Absorción del agregado fino y grueso.
- (n) Gravedad específica bruta seca y saturada de los agregados finos y gruesos.
- (o) Pesos unitarios secos envarillados del agregado grueso, en kilogramos por metro cúbico.
- (p) Módulo de finura (MF) del agregado fino.
- (q) Certificados de calidad para el cemento, los aditivos y los agregados.
- (r) Valores del revenimiento del diseño con o sin aditivos reductores de agua.
- (s) Litros de agua por metro cúbico de concreto hidráulico para los agregados con superficie seca.
- (t) Peso unitario del concreto hidráulico.
- (u) Resistencia especificada para el diseño ($f'c$) y resistencia promedio requerida ($f'cr$) para la mezcla de concreto hidráulico a los 28 días, con base en la norma ACI 318. Hasta obtener la resistencia a los 28 días, un diseño de mezcla puede ser aprobado si los resultados de resistencia a la compresión a los 7 días son iguales o superiores al 85% de la resistencia promedio requerida ($f'cr$) a los 28 días.

Tabla 552-2

Resistencia promedio de diseño requerida

Resistencia de diseño (f'_c) (MPa)	Resistencia promedio requerida (f'_{cr}) (MPa)
Menor de 21	$f'_c + 7$
21-35	$f'_c + 8,5$
Mayor de 35	$1,10f'_c + 5$

- (v) El límite mínimo especificado es el mínimo esfuerzo a la compresión requerido a 28 días (f'_c) especificada en el contrato. Resultados de aceptación del concreto hidráulico deben basarse en 3 cilindros a los 28 días de acuerdo con la norma AASHTO T-22 (INTE 06-02-01). Cilindros adicionales pueden fallarse a diferentes edades cuando así lo determine la Administración.
- (w) Muestra de materiales si fuera necesario.
- (x) Valores de contenido de aire en el concreto. Incluir el rango de contenido de aire propuesto para el concreto a ser incorporado en el trabajo. Describir los métodos por los cuales el contenido del aire será monitoreado y controlado. Proveer documentos aceptables expresando que el revenimiento y el esfuerzo de compresión del concreto estarán dentro los límites específicos, a través del rango completo del contenido del aire propuesto.

No se debe iniciar la producción del concreto hidráulico hasta que el diseño de mezcla sea aprobado.

Si existe un cambio en la fuente de algún material o si el módulo de finura del agregado fino cambia en más de 0,20, se debe someter para aprobación un nuevo diseño de mezcla.

552.04 Manipulación y almacenamiento de materiales.

El agregado se debe almacenar y manipular de manera que se prevenga la segregación, contaminación, o cualquier otro efecto dañino. Se almacenarán y manipularán los agregados de manera que se asegure un contenido de humedad uniforme en el momento de dosificarlos. No se usará cemento o puzolana que presenten evidencias de haber adquirido humedad.

552.05 Medida de materiales.

El concreto hidráulico se dosificará de acuerdo con el diseño de mezcla aprobado y los pesos deben de cumplir con las siguientes tolerancias:

Tolerancias en la dosificación de la mezcla de concreto hidráulico

Materiales	Tolerancia (%)
Cemento	± 1%
Agua	± 1%
Agregado	± 2%
Aditivo	± 3%

Si se mantienen las tolerancias especificadas, puede usarse un sistema de medida por volumen.

552.06 Plantas de dosificación, mezcladoras y agitadores.

Las plantas de dosificación, mezcladoras y agitadoras deberán cumplir con AASHTO M157. El equipo de mezclado volumétrico continuo debe estar conforme a AASHTO M241.

552.07 Mezcla.

El concreto hidráulico se debe mezclar en una planta mezcladora central o en camiones mezcladores. Se deberá operar todo el equipo dentro de la capacidad recomendada por el fabricante. El concreto hidráulico se deberá producir con una consistencia uniforme.

- (a) Planta central de mezclado: Se deberá agregar los aditivos líquidos por medio de un medidor de fluidos. Se recomienda el uso de equipo de suficiente capacidad, para medir de una sola vez la cantidad completa de aditivo requerida para cada bache. Si se usa más de un aditivo, se debe dispensar cada uno con un equipo separado.

Se deberá cargar primero el agregado grueso, un tercio del agua y todo el aditivo dentro de la mezcladora, y luego se agregará el material restante.

Se debe mezclar por lo menos durante 50 segundos, contando el tiempo de mezclado después de que todo el cemento y el agregado estén en el tambor. Se agregará el agua restante durante el primer cuarto del tiempo de mezcla. El tiempo de transferencia de la mezcla entre los tambores de mezcladoras de tambor múltiple se incluye en el tiempo indicado de mezcla. El tiempo termina cuando se abre la compuerta de descarga.

Se removerá todo el contenido de una mezcladora individual antes de que el bache siguiente sea cargado en el tambor.

- (b) Mezcla en camión: No deben usarse mezcladoras que tengan alguna parte de las paletas con un desgaste mayor de 25 mm respecto a la altura original de fábrica. No se usarán mezcladoras y agitadores con concreto hidráulico endurecido o con mortero acumulado en el tambor de la mezcladora.

Se deben de cumplir los siguientes pasos:

- Agregar los aditivos al agua de la mezcla antes o durante el mezclado.
- Cargar el bache dentro del tambor de manera que una porción del agua de la mezcla entre antes que el cemento.
- Mezclar cada tanda de concreto hidráulico de acuerdo con la norma AASHTO M 157.

(c) Mezcla en batidora: Solo se aceptara para obras misceláneas tales como cunetas, cabezales pequeños, tomas, entre otros, que hayan sido previamente aprobados por la Administración y que cumpla con todos los requisitos de esta sección.

552.08 Entrega.

La producción y entrega del concreto hidráulico debe permitir una colocación continua que no alcance el fraguado inicial del concreto hidráulico restante, que será vaciado adyacente a él.

Se usarán métodos de entrega, manejo y colocación que minimicen la remezcla del concreto hidráulico, y prevengan cualquier daño durante el colado a la estructura.

No se colocará concreto hidráulico que haya desarrollado un fraguado inicial. Nunca se remezclará el concreto hidráulico agregándole agua.

Si es aprobado un aditivo a usarse en la mezcla de concreto hidráulico, a efecto de estabilizar la hidratación, debe agregarse al concreto hidráulico dentro del límite de tiempo aprobado en el diseño para la descarga. Se limita las pérdidas de revenimiento a no más de 50 mm durante el período de estabilización. Se puede utilizar un activador de hidratación aprobado y compatible en las descargas para asegurar colocación y prueba apropiada.

Para la entrega del concreto hidráulico se usará alguno de los siguientes medios:

(a) Camión mezclador/agitador: Se usará la velocidad de agitación para todo el tiempo de mezcla. Cuando un camión mezclador o agitador se use para transportar concreto hidráulico, que ya está completamente mezclado en una mezcladora central estacionaria, se seguirá agitando durante el transporte a la velocidad de agitación recomendada por el fabricante.

El concreto hidráulico sin aditivo debe ser descargado como máximo 1,50 horas después de haber sido producido.

El tiempo de descarga para el concreto hidráulico con aditivos dependerá del producto y las indicaciones o recomendaciones del fabricante, tiempo que deberá ser previamente aprobado por la Administración.

(b) Equipo sin agitación: Se podrá usar equipo sin agitación para transportar concreto hidráulico, si la descarga del concreto hidráulico se concluye en el transcurso de 20 minutos, desde el inicio de la adición del cemento al tambor de la mezcladora. Usar contenedores metálicos, herméticos que sean capaces de descargar el concreto hidráulico

a una velocidad controlada, sin segregación. Usar cobertores cuando se necesiten para su protección.

552.09 Control de calidad de la mezcla en planta

Suministrar y seguir un plan de control de calidad de acuerdo con la Sección 153.04 Plan de control de calidad según sea pertinente y considerando, además de lo que sigue:

(a) Mezcla: Se debe asignar un técnico en concreto hidráulico, experimentado y competente, para que permanezca en la planta mezcladora revisando las operaciones de la planta y que sea responsable del control de calidad, incluyendo:

- (1) Revisar el correcto almacenamiento y manejo de todos los componentes de la mezcla de concreto hidráulico.
- (2) Revisar que se dé un correcto mantenimiento y limpieza de planta, camiones y otros equipos.
- (3) Revisar la uniformidad de la graduación de agregados finos y gruesos.
- (4) Verificar el módulo de finura del agregado fino.
- (5) Revisar la medición del contenido de humedad de los agregados y ajuste por humedad de las proporciones del agregado de la mezcla requeridas, antes de la producción de cada día y durante el día si fuera necesario, para mantener la relación agua/cemento ajustada.
- (6) Revisar los pesos de los baches de las mezclas de concreto hidráulico con base a los diseños aprobados, para la producción de cada día y la revisión de la calibración de la planta, cuando fuera necesario.
- (7) Confección de los tiquetes de los despachos que incluyen la siguiente información:
 - (a) Suplidor del concreto hidráulico.
 - (b) Tiquete con el número de serie.
 - (c) Fecha y número de camión
 - (d) Nombre del Contratista.
 - (e) Estructura o sitio de la colocación.
 - (f) Diseño de mezcla y clase de concreto hidráulico.
 - (g) Agua total de la mezcla en planta.
 - (h) Tiempo de procesamiento y tiempo de finalización de la descarga.
 - (i) Si se utiliza un aditivo, se debe registrar el revenimiento en la planta después de agregar el mismo.

Se debe proporcionar el equipo necesario para las pruebas y controles antes mencionados.

(b) Entrega y muestreo: Se debe asignar por lo menos un técnico competente y con experiencia para que permanezca en el proyecto y se responsabilice de la entrega del concreto hidráulico, de las operaciones de descarga y del muestreo, incluyendo lo siguiente:

- (1) Verificación de que los ajustes de la mezcla, antes de la descarga cumplan con las especificaciones.

Suministrar todo el equipo y efectuar las mediciones de temperatura, peso unitario y contenido de aire cuando se solicite, revenimiento y otras pruebas que verifiquen el

cumplimiento de las especificaciones antes y durante cada operación de colocación se registran y presentan los resultados a la Administración.

- (2) Preparar los tiquetes de despachos, el registro de la proporción aparente de agua/cemento y el tiempo en que la descarga se completa. Proveer una copia de cada tiquete de despacho con el tiempo de colocación.

Si se utiliza aditivo, se debe determinar el revenimiento antes de la colocación. No se debe utilizar el concreto hidráulico con una pérdida de revenimiento de más de 50 mm con respecto al revenimiento registrado en la planta.

Se debe muestrear cada viaje después de descargar al menos un 10,0% del viaje. Cuando se utiliza el mezclado continuo, se muestrea aproximadamente cada 7,5 m³.

Se hace la prueba del contenido de aire de acuerdo con AASHTO T 152 o T 196.

Las pruebas de revenimiento, y temperatura deben estar en conformidad con las especificaciones solicitadas para el proyecto.

Se deben realizar pruebas de revenimiento y temperatura a todos los viajes y realizar pruebas de control de resistencia cada tres (3) viajes.

Se tomarán muestras de lotes especificados de acuerdo con la norma INTE 06-01-05. No se deben tomar muestras compuestas de varios viajes. El punto de muestreo es en la descarga en el punto de colocación. Se moldearán por lo menos 4 cilindros para ensayos a la compresión, a los que se le proporcionará el curado inicial apropiado y se transportarán cuidadosamente al sitio de curado preparado en el proyecto. Tres de los cuatro cilindros se usarán para los ensayos de compresión a los 28 días. El o los cilindros restantes se usarán para la verificación, resistencias proyectadas, u otros propósitos especificados. Se debe prestar asistencia en la ejecución de otras pruebas si fuera requerido.

552.10 Temperatura y condiciones ambientales.

Se mantendrá la temperatura de la mezcla de concreto hidráulico entre 10 °C y 32 °C, justo antes de la colocación, con excepción del concreto hidráulico para las losas de los puentes, que debe mantenerse entre 10 °C y 30 °C. El control de la temperatura se deberá realizar de acuerdo con INTE 06-02-06.

Si por las condiciones particulares del proyecto, por ejemplo en el caso de climas cálidos, la Administración decide elevar la temperatura de colocación, esta podrá elevarse hasta 35°C como máximo, de acuerdo a lo establecido en la norma ACI 305.

(a) Clima frío: El clima frío se define como el período en que, por más de 3 días consecutivos, existen las siguientes condiciones:

- (1) El promedio de las temperaturas más altas y más bajas que ocurren durante el período de mediodía a medianoche es menor que 5 °C
- (2) La temperatura del aire no es mayor que 10 °C para más de la mitad de cualquier período de 24 horas.

(b) Clima caliente: Se considera clima caliente, cuando en cualquier momento durante la colocación del concreto hidráulico, la temperatura ambiente en el sitio de trabajo esté sobre 35 °C.

En clima caliente se deben enfriar todas las superficies en contacto con la mezcla a menos de 35 °C. Se enfriará cubriendo con esteras mojadas o petates de algodón, rociando con agua, colocando cubiertas protectoras, o con cualquier otro método aprobado.

Durante la colocación se debe mantener la temperatura del concreto hidráulico usando cualquier combinación de lo siguiente:

- (1) Las áreas de almacenamiento de materiales o el equipo de producción deben estar bajo sombra.
- (2) Se enfriará el agregado rociándolo con agua.
- (3) El agregado y/o el agua se enfriarán por refrigeración o sustituyendo parte o toda el agua de mezcla con hielo fraccionado o triturado, hasta el punto en que el hielo se derrita completamente durante la mezcla del concreto hidráulico.

(c) Evaporación: Cuando se coloque concreto hidráulico en la losa de los puentes o en otras losas expuestas, se debe limitar la evaporación esperada a una razón menor de 0,5 kilogramos de agua por metro cuadrado por hora, como se especifica en la Figura 552-1. La velocidad del viento se podrá obtener de la información que brinda el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) o bien con cualquier dispositivo debidamente aprobado por la Administración.

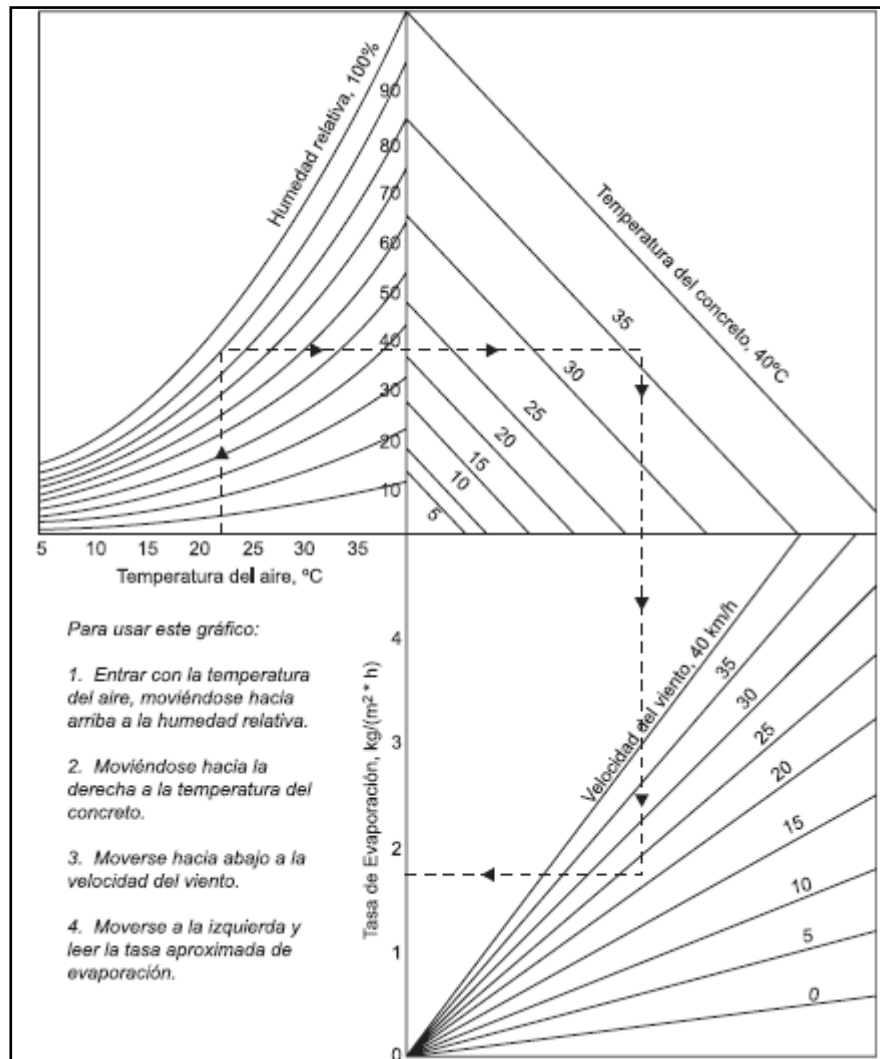


Figura 552-1. Razón de evaporación de humedad superficial

Cuando es necesario, se sigue una o más de las siguientes acciones:

- (1) Se construyen rompevientos, cortavientos o espacios cerrados para reducir eficazmente la velocidad del viento a través del área de colocación.
- (2) Durante la colocación se usan rociadores de neblina contra el viento para aumentar eficazmente la humedad relativa.
- (3) Se reduce la temperatura del concreto hidráulico según lo indicado anteriormente en (b).

(d) Lluvia: Siempre, durante e inmediatamente después de la colocación se debe proteger al concreto hidráulico de la lluvia.

552.11 Manejo y colocación del concreto hidráulico.

Antes de iniciar los trabajos de colocación, se efectuará el trabajo especificado en la Sección 208 Excavación y Relleno para Estructuras Mayores. Se prepararán el acero de refuerzo, el acero estructural, los dispositivos de apoyo, el material de juntas y los artículos misceláneos necesarios, de acuerdo con las Secciones correspondientes.

(a) General: Se debe diseñar y construir el andamiaje y los encofrados de acuerdo con la Sección 562 Obras Temporales. Se debe manipular, colocar y compactar el concreto hidráulico siguiendo métodos que no causen segregación y que produzcan concretos

hidráulicos densos y homogéneos, libres de vacíos y hormigueros. Los métodos de colocación no deben causar desplazamiento del acero de refuerzo o cualquier otro elemento que quedará empotrado en el concreto hidráulico. Se colocará y compactará el concreto hidráulico antes de la fragua inicial. No se debe remezclar el concreto hidráulico agregando agua a la mezcla.

No se colocará el concreto hidráulico hasta que los encofrados y todos los accesorios que quedan recubiertos, hayan sido inspeccionados.

Se removerá todo el mortero, escombros y materiales extraños de los encofrados y del acero de refuerzo antes de iniciar la colocación del concreto hidráulico. Se humedecerán los encofrados y el subsuelo antes de que el concreto hidráulico sea colocado. Las formaletas temporales se pueden dejar en el lugar hasta que no sean necesarias para el colado, después de lo cual serán removidas.

Se colocará el concreto hidráulico en forma continua -sin ninguna interrupción- en la etapa de construcción planeada o entre juntas de expansión. Los volúmenes de entrega, la secuencia de colocación y los métodos usados deben ser tales que el concreto hidráulico fresco sea siempre colocado y vibrado contra concreto hidráulico colocado anteriormente, antes que empiece el fraguado. No se permitirá que el tiempo entre la colocación de baches consecutivos exceda 30 minutos.

Durante y luego de la colocación de concreto hidráulico no se debe perturbar el concreto hidráulico colado anteriormente, o afectar la adherencia entre el concreto hidráulico y el acero de refuerzo. Se debe mantener a los trabajadores fuera de las zonas con concreto hidráulico fresco. No se deben apoyar plataformas o andamios ni equipo directamente sobre el acero de refuerzo. Una vez que el concreto hidráulico es colocado no se deben disturbar los encofrados, o el acero de refuerzo del concreto hidráulico que sobresale de éste, hasta que tenga suficiente resistencia para no sufrir daños.

(b) Secuencia de colocación.

- (1) Subestructuras: Ninguna carga deberá ser colocada sobre armaduras, pilares o estribos hasta que los resultados de los cilindros del mismo concreto hidráulico, curado bajo las mismas condiciones que el elemento de subestructura, indiquen que todo el concreto hidráulico tiene por lo menos 80% del esfuerzo a la compresión requerida a los 28 días.
- (2) Miembros verticales: Para miembros verticales de más de 5m de altura se debe dejar que el concreto hidráulico fragüe por lo menos 4 horas antes de vaciar concreto hidráulico para los miembros horizontales integrados. Para los miembros verticales de menos de 5 m de altura se debe dejar que el concreto hidráulico fragüe por lo menos 30 minutos. No se deben apoyar cargas de miembros horizontales hasta que los miembros verticales hayan alcanzado la resistencia requerida.
- (3) Superestructuras: No se debe colocar concreto hidráulico en la superestructura, hasta que los encofrados de subestructura hayan sido desmontados lo suficiente como para determinar la aceptabilidad del concreto hidráulico de la subestructura

de soporte. No se debe colocar concreto hidráulico en la superestructura hasta que ésta haya alcanzado la resistencia requerida.

El concreto hidráulico para vigas tipo T se colocará en operaciones separadas y se esperará por lo menos 5 días después de colada el alma de la viga para colar la losa superior de concreto hidráulico.

El concreto hidráulico para las vigas de cajón debe ser colocado en 2 ó 3 operaciones separadas, que consisten en la losa inferior, las almas de las vigas y la losa superior o como se indique en los planos. Sin embargo, se puede colar la losa inferior primero y no colar la losa superior hasta que las almas de la viga hayan sido colocadas y tengan por lo menos 5 días de fragua.

- (4) Arcos: Se colocará el concreto hidráulico en los anillos del arco de manera que el centro sea cargado uniforme y simétricamente.
- (5) Alcantarillas de cuadro: Se colará la losa de base de las alcantarillas de cuadro y se dejará que fragüe 24 horas antes de construir el resto de la alcantarilla. Para alturas de paredes de 1,5 m o menos, las paredes laterales y las losas superiores deben ser coladas en una operación continua. Para paredes de más 1,5 m de altura, pero de menos de 5 m de altura, se dejará fraguar el concreto hidráulico de las paredes laterales por lo menos 30 minutos antes de colar el concreto hidráulico en la losa superior. Para paredes de 5 m o más altas se dejará fraguar el concreto hidráulico de las paredes laterales por lo menos 12 horas, antes de colar concreto hidráulico en la losa superior.
- (6) Elementos prefabricados: Se colará y consolidará el concreto hidráulico de manera que no se produzcan contracciones y grietas en el miembro.

(c) Métodos de colocación: Usar equipos con capacidad suficiente, que hayan sido diseñados y operados previniendo segregación en la mezcla y pérdida de mortero. No se deben usar equipos que causen vibraciones y puedan dañar el concreto hidráulico fresco colocado. No se deben usar equipos con partes de aluminio que tengan contacto con el concreto hidráulico. Se deben remover los morteros secos o fraguados de las superficies internas del equipo de colocación.

Colocar el concreto hidráulico lo más cerca posible de su posición final. No se debe colocar concreto hidráulico en capas horizontales de más de 0,5 m de espesor. No se debe exceder la capacidad de vibración necesaria para consolidar y unir la capa nueva con la capa anterior. No se debe colocar el concreto hidráulico a una velocidad tal que cuando se corrija por temperatura, se exceda la carga de diseño de los encofrados.

No debe dejarse caer el concreto hidráulico sin confinamiento más de 2 m. El concreto hidráulico debe ser confinado usando un embudo con tubo ajustado o cualquier otro artefacto aprobado que prevenga la segregación de la mezcla y el esparcimiento del mortero. Esto no se aplica al vaciado de pilotes cuando la colocación de concreto hidráulico se completa antes que ocurra el fraguado inicial en el concreto hidráulico colocado anteriormente.

Se operarán las bombas de concreto hidráulico de manera tal que éste sea entregado en flujo continuo, sin bolsas de aire en el tubo de descarga. No se deben usar sistemas de banda transportadora de más de 170 m de largo, medidos de extremo a extremo en la totalidad del montaje de la banda. Se arreglará el montaje de la banda de tal manera que cada sección descargue en una tolva vertical, hasta la siguiente sección, sin que nada de mortero se adhiera a la banda. Se usará una tolva conducto y deflectores al final del sistema de la banda transportadora, para que el concreto hidráulico caiga verticalmente.

(d) Compactación: Se tendrán suficientes vibradores internos manuales que sean adecuados para las condiciones de la colocación del concreto hidráulico. Los vibradores deben cumplir con la Tabla 552-4. Se deberá tener vibradores con cubierta de hule cuando el acero de refuerzo tenga recubrimiento epóxico.

Tabla 552-4
Requisitos para vibradores manuales

Diámetro de corona (mm)	Frecuencia vibraciones / minuto	Radio de acción (mm)
19 a 38	10 000 a 15 000	75 a 125
32 a 64	9 000 a 13 500	125 a 225
50 a 89	8 000 a 12 000	175 a 350

Se deberá proveer un número suficiente de vibradores para consolidar cada bache a medida que vaya vaciándose. Se tendrá un vibrador de repuesto en el lugar, en caso de requerirse. Se usarán vibradores externos para encofrado solamente cuando éstos hayan sido diseñados para ser vibrados y cuando es imposible usar vibración interna.

Se consolidará todo el concreto hidráulico con vibración mecánica, inmediatamente después de su colocación. Se deberá operar los vibradores de manera que trabajen adecuadamente el concreto hidráulico alrededor del refuerzo, de accesorios empotrados, esquinas y ángulos en los moldes. No se debe provocar segregación. No se debe vibrar el concreto hidráulico colocado bajo agua. Se suplirán, si es necesario, acomodo y compactación adicionales del concreto hidráulico por medio de pala para asegurar una superficie lisa y densa a lo largo de los encofrados, en esquinas y en lugares que son imposibles de alcanzar con vibración.

El concreto hidráulico se vibrará en el punto de depósito y en puntos espaciados uniformemente, a no más de un 1,5 veces el radio sobre el cual la vibración es efectivamente visible. Se insertarán los vibradores de manera que las áreas vibradas se traslapen. No deben usarse vibradores para mover el concreto hidráulico. Los vibradores se insertarán verticalmente y lentamente. La vibración debe ser de duración e intensidad suficientes para consolidar completamente el concreto hidráulico sin causar segregación. No se debe realizar una vibración de duración larga en un punto que cause la formación de mortero en áreas localizadas. No se debe vibrar el acero de refuerzo.

(e) Colocación debajo del agua: La colocación de concreto hidráulico bajo el agua es permitida únicamente para el concreto hidráulico de sellos y en el relleno de pilotes excavados. Para propósitos ajenos al sello de concreto hidráulico se debe aumentar el contenido mínimo de cemento en un 10%. Se deberán usar embudos con tubo confinante, bombas de concreto hidráulico y otros métodos de colocación aprobados.

- (1) Embudos con tubería confinante: Usar embudos con tubería confinante impermeables con un diámetro de 250 mm o más. Ajustar superiormente con una tolva. Usar la cantidad de tubos necesaria. Los tubos confinantes deben bajar rápidamente para no retrasar o detener el flujo de concreto hidráulico.

Al iniciar la colocación de concreto hidráulico se debe sellar el final de la descarga y rellenar el tubo con concreto hidráulico. Mantener la tubería llena de concreto hidráulico hasta el fondo durante la colocación.

Si el agua entra por el tubo se retirará el embudo y se resellará el final de la descarga. Se mantendrá un flujo continuo de concreto hidráulico hasta que la colocación finalice.

- (2) Bombas de concreto hidráulico: Usar bombas con un dispositivo colocado al final del tubo de descarga que permita impedir el ingreso del agua exterior mientras el tubo está siendo llenado con concreto hidráulico. Cuando se inicie el flujo del concreto hidráulico se mantendrá el final del tubo de descarga lleno de este material y debajo de la superficie del concreto hidráulico ya depositado hasta que la colocación finalice.

El concreto hidráulico bajo el agua se colocará continuamente, desde el inicio hasta el final, en una masa densa. Colocar cada capa subsiguiente de concreto hidráulico antes de que en la capa anterior se inicie la fragua inicial. Usar más de un embudo o bomba si es necesario para garantizar el cumplimiento de los requisitos. Mantener la superficie de concreto hidráulico lo más horizontalmente posible. No se debe alterar el concreto hidráulico después de la colocación. Se mantendrá el agua en reposo en el punto de descarga.

Se deberá desaguar después que las pruebas de las muestras curadas bajo condiciones similares indiquen que el concreto hidráulico tiene suficiente resistencia para soportar las cargas esperadas. Se removerán los depósitos lechosos y todos los materiales insatisfactorios del concreto hidráulico expuesto.

(f) Barandas y parapetos de concreto hidráulico: Usar encofrados lisos, herméticos y rígidos. Las esquinas serán bien pulidas y perfiladas. Colocar el concreto hidráulico de las barandas y parapetos después de que los encofrados o andamiajes hayan sido removidos del tramo en cuestión. Remover los encofrados cuidando no dañar el concreto hidráulico.

Se deberá dar acabado a las esquinas cuidadosamente, dejándolas perfiladas, libres de grietas y astillas o de cualquier otro defecto.

Las partes precoladas de barandas deberán ser coladas en moldes herméticos para evitar el escape del mortero. Remover los encofrados tan pronto como el concreto hidráulico este suficientemente duro como para soportarse a sí mismo. Proteger los filos y esquinas contra quebraduras, grietas y cualquier otro daño. Curar de acuerdo con la subsección 552.15 (b) Curado del concreto hidráulico con agua. El período de curado se puede acortar usando vapor y / o agentes reductores de agua o cemento portland tipo III.

552.12 Juntas de construcción.

Se usarán juntas de construcción en los sitios señalados en los planos. Es requerida la aprobación escrita para cualquier junta de construcción adicional. En las juntas de construcción horizontales colocar tiras de calibración dentro de los moldes a lo largo de todas las caras expuestas, para lograr que las juntas queden en línea recta. Las juntas de construcción deben ser, limpiadas y saturadas antes de colar el concreto hidráulico fresco adyacente. Inmediatamente antes de colocar concreto hidráulico nuevo, los encofrados deberán ser fuertemente presionados contra el concreto hidráulico ya colocado inmediatamente antes de colar el concreto hidráulico en los encofrados adyacentes. Donde sea accesible la superficie vieja deberá ser cubierta completamente con una capa muy delgada de mortero de cemento. El acero de refuerzo debe pasar a través a las juntas de construcción.

552.13 Juntas de expansión y contracción.

- (a) Juntas abiertas: Se deberá construir juntas abiertas utilizando de madera, placas de metal u otro material aprobado. Se deberá retirar el molde sin astillar ni quebrar las esquinas del concreto hidráulico. El refuerzo no se deberá extender a través de una junta abierta.
- (b) Juntas rellenas: El relleno de juntas deberá ser cortado del mismo tamaño y forma de las superficies por unirse. Se fijará el relleno en una superficie de la junta, usando clavos galvanizados o cualquier otro método aceptado. Se empalmará de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Después de retirar los moldes, se deberá remover y cortar cuidadosamente cualquier concreto hidráulico o mortero que hubiese escurrido a través de las juntas. Se rellenarán todas las aberturas de las juntas de más de 3 mm de grosor con asfalto caliente o cualquier relleno que sea aprobado. Se colocarán los pasadores que fuesen necesarios, dispositivos de transferencia de carga y otros accesorios, según lo indiquen los planos o como se ordenase.
- (c) Juntas de acero: Se fabricarán placas, ángulos u otros perfiles estructurales, de acuerdo a la superficie del concreto hidráulico. Se establecerá la abertura de las juntas a la temperatura ambiente en el momento de la colocación del concreto hidráulico. Asegurar bien las juntas para mantenerlas en posición correcta. Mantener una abertura sin obstrucción en la junta durante la colocación de concreto hidráulico.
- (d) Juntas impermeabilizantes: Estas deberán ser colocadas de acuerdo con los requisitos de la Sección 567 Juntas Impermeabilizantes del Agua.
- (e) Sellos para juntas en compresión: Se usará un sello de compresión de una sola pieza para juntas transversales y para las juntas longitudinales el sello deberá ser lo más largo posible. Se deben limpiar y secar las juntas y remover el exceso de material e irregularidades. Aplicar un lubricante adhesivo como capa protectora en ambos extremos del sello justo antes de colocarlo. Se debe comprimir el sello y colocarlo en la junta según las recomendaciones del fabricante. Asegurar que el sello esté en contacto total con las paredes de las juntas en toda su longitud.

Se deben remover y descartar todos los sellos torcidos, ondeados, mellados o malformados.

Se deberá remover y reinstalar sellos en las juntas que se alarguen más de un 5 % de su longitud original, cuando estén comprimidos. Remover todo el exceso de lubricante-adhesivo antes de que se seque.

- (f) Sellos elastoméricos para juntas de expansión: Se instalarán los sellos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y en conformidad con los planos.

552.14 Acabado de concreto hidráulico plástico.

Se deberá dar acabado a las superficies de concreto hidráulico que no quedan en contacto con encofrados. Se deberá remover cualquier exceso de concreto hidráulico o mortero fino. Se deberá dar acabado cuidadosamente, con herramienta manual a todos los bordes no biselados. Dejar expuestos los bordes de las juntas rellenas. Se deberá proteger la superficie contra la lluvia.

Se deberá proveer al menos dos puentes de trabajo que no vibren o se balanceen y que sean capaces de soportar a los trabajadores y equipo durante la colocación, curado y acabado de las operaciones. Se deberá colocar los puentes de trabajo a una altura razonable tal que permita el correcto desempeño de los trabajos y que a la vez no represente un riesgo para la superficie de concreto fresco terminada.

(a) Acabado, nivelación y llaneteado: Para la cubierta de los puentes o las losas superiores de las estructuras que sirven como pavimentos finales, se debe usar una maquinaria aprobada de acabado, autopropulsada y con codal oscilante. Si así se aprueba se usarán métodos de terminación a mano para las áreas irregulares donde el uso de maquinaria no es práctico.

Se deberá nivelar (codalear y quitar el exceso de lechada) todas las superficies usando un equipo soportado y moviéndose sobre rieles. No colocar rieles dentro de los límites de colocación de concreto hidráulico, sin aprobación previa.

Se instalarán rieles en soportes que no cedan, de manera que el equipo de acabado opere sin problemas sobre toda la superficie que ya ha sido acabada. Extender los rieles más allá de ambos finales de la colocación de concreto hidráulicos establecidos, para permitir que la maquinaria termine de colar el concreto hidráulico. Colocar rieles en la longitud total de las vigas de acero de la superestructura.

Se ajustarán los rieles y el equipo de acabado al perfil requerido y a la sección transversal, tomando en consideración el asentamiento anticipado, la curvatura y la deflexión del andamiaje.

Antes de iniciar la entrega y colocación del concreto hidráulico se debe operar la maquinaria de acabado sobre el área completa de trabajo, para detectar posibles deflexiones de rieles, excesivo espesor de losa, recubrimiento del acero de refuerzo y para verificar la operación correcta del equipo. Se harán las correcciones necesarias antes de iniciar la colocación de concreto hidráulico.

Después de iniciada la colocación del concreto hidráulico, se operará la máquina de acabado sobre el concreto hidráulico según sea necesario para obtener el perfil y la sección

transversal requerida. Mantener un pequeño exceso de concreto hidráulico en frente del filo de corte del codal todo el tiempo hasta el final del vaciado o encofrado y luego remover y eliminar. Se ajustarán los rieles, según sea necesario, para corregir los asentamientos o deflexiones no previstas.

Se deberán remover los soportes de rieles embebidos en el concreto hidráulico a por lo menos 50 mm por debajo de la superficie terminada y acabada. Se llenará y acabará cualquier hueco en el concreto hidráulico fresco. Se acabará la superficie con una llana, rodillo u otro aparato aprobado, según sea necesario, para remover todas las irregularidades locales.

Se deberá remover todo el exceso de agua, lechada o material extraño que salga a la superficie, usando un rodillo o codal y pasándolo desde el centro de la losa hacia los lados. No se debe aplicar agua a la superficie del concreto hidráulico, durante las operaciones de acabado.

(b) Alineamiento: Se revisarán todos los niveles de losas y aceras y la superficie completa paralela a la línea del centro del puente, con un codal metálico de por lo menos 3 metros de largo. Se traslapará el paso del codal en por lo menos la mitad de la longitud previamente alineada. Se corregirán las desviaciones que excedan 3 mm del borde del codal.

Para las superficies de losas que van a recibir una sobre capa, corregir las desviaciones de más de 6 mm.

(c) Texturización: Se obtendrá una textura en la superficie que sea resistente, antideslizante y acanalada, en todas las áreas de operación vehicular. Se deberá usar uno de los siguientes acabados o una combinación de éstos, según se requiera:

- (1) Acabado estriado: Usar un rastrillo que tenga una sola fila de agujas o una máquina diseñada y aprobada especialmente para marcar canales en pavimentos de concreto hidráulico. Las líneas de las estrías en el concreto hidráulico deben estar espaciadas a 19 ó 25 mm centro a centro. Hacer los canales de 3 a 5 mm de ancho y de 3 a 5 mm de profundidad. Estriar perpendicularmente a la línea del centro sin rasgar la superficie de concreto hidráulico ni perder agregado.

Si las estrías son aserradas, cortar las estrías de aproximadamente 5 mm de ancho espaciándolas de 19 a 25 mm.

En la calzada de puentes, terminar la conformación de las estrías a 300 mm de la cara del bordillo y proveer un acabado con plancha longitudinal, en la superficie de las cunetas.

- (2) Acabado de aceras: Acabar la superficie usando un codal y luego una llana para su terminación. Usar una herramienta de acabado de orillas (redondeado) en los bordes y juntas de expansión. Barrer la superficie con un escobón de cerdas duras, barrer perpendicularmente a la línea del centro, de borde a borde, con pasadas adyacentes y levemente traslapadas.

Se deberán producir corrugados regulares que no tengan más de 3 mm de profundidad, sin rasgar el concreto hidráulico.

Cuando el concreto hidráulico está en condición plástica, se corregirán puntos porosos, irregularidades, depresiones, bolsas pequeñas y puntos rugosos. Se acanalarán las juntas de contracción a los intervalos requeridos usando una herramienta aprobada para acanalar.

- (3) Acabado cepillado: Se usará una llana de acero para producir una superficie lisa dejándola libre de agua de exudación. Se pasará un cepillo fino a la superficie, con pasadas paralelas.
- (4) Acabado con agregado expuesto: Se acabará la superficie usando un codal y luego una llana, para concluir el acabado. Se usará un ribeteador en todas las juntas transversales y longitudinales, que queden contra las formaletas o el pavimento existente (dejar los bordes redondeados). Si la chorrea es continua no se deberán ribetear las juntas transversales, tampoco se deberán ribetear las longitudinales si la chorrea cubre dos carriles.

Tan pronto como el concreto hidráulico se endurezca lo suficiente para prevenir que las partículas de grava sean desalojadas, se debe barrer o cepillar la superficie. Se usarán cepillos de cerda dura, previa aprobación del contratante. Se cuidará de prevenir que la superficie se descascare o agriete en los bordes de las juntas. Si se aprueba por el contratante, se aplicará un rociador liviano de retardador a la superficie sin acabar, para facilitar este trabajo.

Para comenzar se cepillará transversalmente a través del pavimento y luego se empujará el mortero suelto semiduro totalmente fuera del pavimento. Se deberá remover el mortero de todos los pavimentos adyacentes y luego se cepillará paralelamente a la línea de centro del pavimento. Continuar esta operación hasta que una cantidad suficiente de agregado quede expuesto. Otros métodos de acabado de agregado expuesto, como el de usar rociador de agua pegado en un cepillo especial para este propósito, se puede permitir siempre y cuando se demuestren resultados satisfactorios.

Después de curar de acuerdo a Subsección 552.15 Curado del concreto hidráulico, lavar la superficie con cepillo y agua para remover toda la lechada y cemento del agregado expuesto.

- (d) Superficie debajo de los apoyos: Se acabarán todas las superficies de apoyo dentro de 5 milímetros de la elevación de la planta. Cuando una placa de mampostería o un material de relleno se van a colocar directamente sobre el concreto hidráulico, de menos de 5 mm de espesor, se acabará la superficie con una llana, a una elevación ligeramente sobre la elevación de la planta. Después del fraguado del concreto hidráulico, se esmerilará o pulirá la superficie, según sea necesario, para obtener un soporte total y parejo.

Cuando se requiera colocar un apoyo acolchado elastomérico se debe usar mortero en proporción de una parte de cemento y 1,5 partes de arena limpia. Se mezclarán completamente la arena y el cemento antes de agregar el agua. Se mezclará solo el mortero necesario para un uso inmediato. Botar el mortero sin usar que tenga más de 45

minutos. Curar el mortero por lo menos durante 3 días y sin aplicar cargas, por lo menos durante 48 horas. La arena de mortero debe cumplir con la norma AASHTO M 45.

552.15 Curado del concreto hidráulico.

El curado se iniciará inmediatamente después de que el agua libre de la superficie se haya evaporado y el acabado esté listo. Si la superficie del concreto hidráulico empieza a secarse antes de comenzar el uso del método elegido de curado, se mantendrá húmeda la superficie de concreto hidráulico usando un rociador de neblina sin dañar la superficie.

Las superficies se mantendrán húmedas después de que los encofrados hayan sido removidos.

Las superficies superiores de las losas de los puentes se curarán usando el método de membrana líquida de cura combinado con el método de agua. Aplicar el compuesto de membrana líquida de cura inmediatamente después del acabado. La cura con agua se aplicará 4 horas después del acabado.

Se deberá curar todo el concreto hidráulico ininterrumpidamente durante por lo menos 7 días. Si se ha usado puzolana con exceso de 10% por peso de cemento, se debe curar sin interrupción por lo menos durante 10 días.

(a) Método de encofrado: En superficies con encofrados se dejarán estos en su sitio sin aflojarlos.

Mantener húmedas las superficies expuestas, o usar una membrana de cura aplicando un compuesto claro adecuado (Tipo 1 o tipo 1-D) durante el resto del período de cura.

(b) Método con agua: Se mantendrá la superficie de concreto hidráulico continuamente mojada, empozándola, rociándola o cubriéndola con algún material adecuado. Este material puede ser una tela de algodón, o algún otro que sea aprobado y que no destiña o dañe el concreto hidráulico.

Se deberá cubrir el material de cobertura con una lámina impermeable que prevenga la pérdida de humedad del concreto hidráulico. Se usarán las láminas más anchas que sean prácticas. Se traslaparán las láminas adyacentes en por lo menos 150 mm y se sellarán todas las juntas con cinta a presión, goma o cualquier otro método aprobado.

Se asegurará bien todo el material de manera que el viento no lo remueva. Se deben reparar las láminas que se quiebren o dañen inmediatamente.

(c) Método de la membrana líquida de cura: No debe usarse el método de la membrana líquida en las superficies que recibirán un acabado posterior. El uso en superficies de juntas de construcción es permitido solamente si el compuesto es removido por medio de un soplador de arena, antes de vaciar el concreto hidráulico contra la junta.

Se usará una membrana líquida Tipo 2 de pigmento blanco, solamente en las superficies superiores de las losas de los puentes o en las superficies no visibles en el trabajo terminado. Usar compuestos claros de curado, Tipo 1 o 1-D en el resto de las superficies.

Se deberá mezclar las soluciones de membrana líquida de cura que contengan pigmentos antes de usarlas. Se deberá continuar agitando durante la aplicación. Se usará un equipo capaz de producir un rociado fino. Aplicar el compuesto de curación en proporción mínima de 0,25 L/m² en una o dos aplicaciones uniformes. Si la solución se usa en 2 aplicaciones, la segunda aplicación se debe realizar dentro de los 30 minutos posteriores a la primera y aplicar en ángulo recto respecto a ella.

Si la membrana se daña por la lluvia o algún otro medio durante el periodo de curado, aplicar inmediatamente una capa nueva sobre las áreas dañadas.

552.16 Acabado de superficies encofradas.

Se deberá remover, recolocar y reparar, con la aprobación de la Administración todos los hormigueros en el concreto hidráulico.

Se dará el acabado a las superficies de concreto hidráulico encofradas como sigue:

- (a) Clase 1. Acabado ordinario: Aplicar a las siguientes superficies un acabado ordinario clase 1:
 - (1) Bajo superficies de tramos de losa, vigas de cajón, vigas doble T, bóvedas, arcos, y losas de calzada y entre vigas maestras de la superestructura.
 - (2) Dentro de superficies verticales o vigas T de superestructuras.
 - (3) En superficies que van enterradas y superficies de alcantarillas sobre el suelo acabado, que no son visibles desde un trillo o sendero.

Se deberá iniciar el acabado tan pronto como los encofrados han sido removidos. Remover escamas y otras irregularidades de la superficie que están expuestas o que van a ser impermeabilizadas. Remover salientes y desalineamientos con discos o piedras de carborundo. Remover las bolsas de piedras u hormigueros localizados en el concreto hidráulico y se repararán con concreto hidráulico o mortero, de una manera aprobada.

Se limpiarán los agujeros de los anclajes o separadores de los encofrados, huecos, esquinas y bordes quebrados, así como cualquier otro defecto y se saturará el área con agua. Acabar el área con mortero que tenga menos de 1 hora de fabricado. Después de que el mortero fragüe, dar el acabado si se requiere y se continuará el curado. Nivelar las superficies expuestas con el concreto hidráulico de su alrededor.

Se deberá remover, con una herramienta adecuada, el mortero suelto de los encofrados y las juntas de expansión.

Los sellos de junta que queden expuestos se deberán dejar con bordes limpios y parejos.

Acabar las superficies de apoyo en estribos y bastiones a la elevación e inclinación especificadas. Si el acabado final de la superficie no resulta uniforme y efectivo, se aplicará el inciso "b" que sigue:

- (b) Clase 2. Acabado afinado: Aplicar a las siguientes superficies un acabado liso clase 2.

- (1) Todas las superficies de superestructuras de puentes, excepto las superficies designadas para recibir un acabado clase 1 o algún otro acabado.
- (2) Todas las superficies de los estribos de los puentes, pilotes, columnas, linderos y muros de retención, sobre el terreno natural y al menos 300 mm debajo del terreno.
- (3) Todas las superficies abiertas en los arcos, columnas, y bastiones.
- (4) Todas las superficies de cruces peatonales, excepto pisos y superficies que se cubrirán con tierra.
- (5) Las superficies sobre el nivel del suelo de cabezales de alcantarillas, paredes finales, cuando son visibles desde la carretera o desde caminos peatonales.
- (6) En las superficies internas de las alcantarillas que sean visibles desde la carretera, que midan un metro o más de altura.
- (7) Todas las superficies de los barandales.

Se completará el trabajo con un acabado Clase 1 de acuerdo con el inciso "a", mencionado anteriormente. Se saturará la superficie de concreto hidráulico con agua y se afinará la superficie frotando una piedra de carborundo. La piedra de carborundo deberá ser cubierta con mortero en la cara que se utilizará para frotar. El mortero a utilizar deberá estar compuesto de una mezcla de cemento y arena fina en las mismas proporciones del concreto hidráulico al que se le está dando el acabado. Continuar el afinado hasta que las marcas de los encofrados, proyecciones y todas las irregularidades sean removidas y se obtenga una superficie uniforme. Dejar en su lugar la pasta producida por el afinado.

Cuando se concluya otro trabajo que pueda afectar la superficie, se afinará con una piedra fina de carborundo y agua, hasta que la superficie completa tenga una textura lisa y un color uniforme. Después de que la superficie se ha secado, restregar con un trapo o esponja para remover el polvo suelto. Se dejará libre de todos los remiendos, pasta, polvo y cualquier marca que sea objetable.

Clase 3. Acabado con herramientas: Se dejará que el concreto hidráulico fragüe por lo menos durante 14 días para evitar que partículas del agregado salgan a la superficie. Se usarán herramientas de aire como martellina, picos u otros. Se picará la superficie de mortero y se quebrarán las partículas del agregado para dejar expuestos grupos de partículas de agregado en la matriz del mortero.

- (c) Clase 4. Acabado con chorro de arena: Se dejará que el concreto hidráulico fragüe por lo menos durante 14 días. Se protegerán las superficies adyacentes, que recibirán este acabado. Se aplicará el chorro de arena, con arena dura y filosa para producir una superficie de grano fino en la cual el mortero es desprendido o barrido y deja el agregado expuesto.

- (e) Clase 5. Acabado rayado con cepillo de acero: Se iniciará tan pronto como los encofrados hayan sido removidos. Se raspará la superficie con cepillos de fibra o cerdas de acero usando una solución de ácido muriático.

Mezclar la solución en una proporción de 1 parte de ácido por 4 partes de agua. Se raspará hasta que la capa del cemento de la superficie sea removida completamente y las partículas del agregado queden expuestas.

Se dejará una textura pareja de piedrecillas que den la apariencia de granito fino a conglomerados gruesos, dependiendo del tamaño y graduación del agregado. Se lavará la superficie completamente con agua que contenga una cantidad pequeña de amoníaco.

(f) Clase 6. Acabado con color: Preparar suficientes tableros de 0,5 por 1,0 metros con muestras de concreto hidráulico de color, para obtener el color aceptado por la Administración. Se protegerá el tablero de color aprobado permanentemente durante el trabajo. Se dará el color de la muestra aprobada a todas las superficies designadas.

Se completará un acabado de Clase 1 de acuerdo el inciso "a", mencionado anteriormente. No se debe aplicar el acabado del color hasta que todo el concreto hidráulico de la estructura se haya colado. Se removerá todo el polvo, materia extraña, aceite, grasa y compuestos de curado con una solución de 5 % de fosfato trisódico y luego se enjuagará la superficie de concreto hidráulico con agua limpia.

Usar papel, tela o cualquier otro medio para proteger las superficies que no recibirán un acabado de color.

Se deberá aplicar el acabado a la superficie de concreto hidráulico seca cuando la temperatura de la superficie sea de 4 °C o mayor, y se prevea que la temperatura del aire en la sombra sea de 4°C o mayor durante las 24 horas siguientes a la aplicación.

Aplicar el acabado de color de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Rociar y aplicar con brocha o rodillo la primera capa de un sellador penetrante y la base del color. Se rociará y aplicará con brocha o con rodillo la capa final después de que la primera capa se haya secado completamente. Se aplicará un acabado para dar un color uniforme y permanente, libre de chorrearse o desparramarse sobre la superficie.

Limpiar las áreas de concreto hidráulico que no serán cubiertas con el acabado, usando un método aprobado.

552.17 Accesorios de anclaje.

Se deberá usar compuestos químicos, lechadas o dispositivos de anclaje para concreto hidráulico colado en sitio con el fin de fijar dispositivos o accesorios al concreto hidráulico.

Someter los siguientes renglones a aprobación del Ingeniero:

- Muestra de accesorios de anclaje al concreto hidráulico.
- Instrucciones del fabricante para su instalación.
- Certificaciones o información sobre el material.

Todas las partes metálicas de los dispositivos de anclaje serán hechas de acero inoxidable o de acero protegido con una capa metálica resistente a la corrosión que no reaccione químicamente con el concreto hidráulico. Se suplirán todos los dispositivos de anclaje completos con todos sus accesorios metálicos.

Para anclajes químicos o con lechadas, efectuar una prueba del sistema de anclaje que no quede incorporado en la obra. Efectuar una prueba de carga estática de acuerdo con ASTM E-488. Demostrar que los accesorios de anclaje cumplen con una prueba de carga de

tensión directa, no menor que los valores indicados en Tabla 552-5 por un período de por lo menos 48 horas con un movimiento que no exceda de 1 mm. También demostrar que cuando se carga hasta la ruptura, el accesorio de anclaje demuestra una falla dúctil del acero y no del compuesto químico o del mortero o el concreto hidráulico.

Instalar en el concreto hidráulico los dispositivos de anclaje recomendados por el fabricante, de manera que los elementos o el equipo fijado se mantengan firmes en el concreto hidráulico. Se aplicarán las tuercas con los valores de momento torsional especificados en la Tabla 552-5, a no ser que se den otras instrucciones específicas por el fabricante. Se colocarán los pernos de anclaje de los soportes, de acuerdo con los requisitos de la Sección 564 Accesorios de Apoyo.

Tabla 552-5
Valores del ensayo de carga sostenida

Accesorio de anclaje tamaño perno	Prueba de carga de tensión (kN)
M 20	24,0
M 12	18,3
M 12	12,7
M 8	7,1

En presencia de la Administración, realizar una prueba de carga a una muestra tomada al azar en, por lo menos 10% de los anclajes a un 90% del esfuerzo de fluencia del acero. Si alguno de los anclajes falla, se rehará el anclaje fallado y se volverá a probar la carga en el 100 % de los anclajes restantes. La prueba de carga puede ser efectuada aplicando un momento torsional contra una arandela indicadora de carga, aplicando una carga de tensión directa al anclaje o mediante cualquier otro método aprobado por la Administración.

Después de realizar pruebas de carga, se aflojará la carga en el anclaje y se ajustarán hasta alcanzar la carga especificada en la Tabla 552-6 o de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Tabla 552-6
Momento torsional para dispositivos de anclaje

Accesorio de anclaje tamaño perno	Momento-torsional (N-m)
M 20	180
M 16	130
M 12	80
M 8	30

552.18 Cargas en estructuras nuevas de concreto hidráulico.

No se debe aplicar ninguna carga en pilares o bastiones hasta que las pruebas en concreto hidráulico en cilindros vaciados del mismo concreto hidráulico y curado bajo las mismas condiciones de los elementos de subestructura, indiquen que el concreto hidráulico ha alcanzado por lo menos el 80% del esfuerzo mínimo a la compresión especificada a los 28 días. Esta restricción no se aplica a la colocación de los elementos superiores de subestructuras coladas por etapas.

No se permitirá circular vehículos o equipo de construcción en ningún tramo hasta que el concreto hidráulico de la superestructura completa haya alcanzado su esfuerzo a la compresión de diseño y haya estado colado por lo menos por 21 días.

Para estructuras de concreto hidráulico post-tensado no se permitirán vehículos de más de 2000 kilogramos en ningún tramo hasta que el acero de preesfuerzo para ese tramo haya sido tensado, inyectado de mortero y curado. El mortero debe haber obtenido un esfuerzo de 21 MPa y los tirantes deben estar bien ajustados.

Vehículos que pesen menos de 2000 kg pueden transitar en los tramos en que el diseño de andamiaje haya previsto ese peso.

552.19 Aceptación.

El concreto hidráulico será evaluado conforme a lo establecido en las Subsecciones 107.02 Inspección visual y 107.03 Certificación (Ver Tabla 552-1 (a) y (b) para las resistencias). Debe proveerse un certificado de producción para el cemento.

El revenimiento de la mezcla de concreto hidráulico, el contenido de aire, el peso unitario y la temperatura deben ser evaluadas conforme a lo establecido en las Subsecciones 107.02 Inspección visual y 107.04 Conformidad determinada o ensayada.

El esfuerzo de compresión del concreto hidráulico será evaluado conforme a lo establecido en la Subsección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo). El resultado de una prueba de esfuerzo a la compresión, es el promedio de tres cilindros moldeados con una muestra de una misma batida y fallados a los 28 días o según disponga la Administración.

Se removerá y reemplazará el concreto hidráulico cuyos cilindros de falla registren menos del 90% del esfuerzo a la compresión mínima requerida a los 28 días (f_c') y provengan de una ubicación tal que cause un efecto perjudicial e intolerable en la estructura y que será determinada por el profesional competente, mediante un análisis de esfuerzos y deformaciones que permita identificar los puntos críticos.

La construcción (incluyendo bache, colocación, acabado y curado) de las estructuras de concreto hidráulico será evaluada conforme a lo establecido en las Subsecciones 107.02 Inspección Visual y 107.04 Conformidad determinada o ensayada.

Los andamios y formaletas serán evaluados conforme a lo establecido en la Sección 562 Obras Temporales.

552.20 Medición.

Se deberá medir el concreto hidráulico estructural y sellos de concreto hidráulico por metro cúbico (m³) en la estructura.

552.21 Pago.

Las cantidades aceptadas y medidas como se indica anteriormente, serán pagadas al precio de contrato por metro cúbico, para los renglones de pago descritos más adelante, indicados en la licitación, excepto que el precio del concreto hidráulico estructural, será ajustado de acuerdo con la Subsección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago.

El pago será una compensación total del trabajo descrito en esta Sección. (Ver Subsección 110.05 Alcance del pago).

El pago del concreto hidráulico estructural será determinado por el precio unitario por metro cúbico establecido en el Contrato multiplicado por el factor de pago que resulte del esfuerzo a la compresión calculado de acuerdo a la subsección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago.

Renglón de pago	Unidad de medida
CR.552.01 Concreto hidráulico estructural clase A (25 MPa)	Metro cúbico (m ³)
CR.552.02 Concreto hidráulico estructural clase B (28MPa)	Metro cúbico (m ³)
CR.552.03 Concreto hidráulico estructural clase C (14 MPa)	Metro cúbico (m ³)
CR.552.04 Concreto hidráulico estructural clase D (35 MPa)	Metro cúbico (m ³)
CR.552.05 Concreto hidráulico estructural clase X (18 MPa) MPa	Metro cúbico (m ³)
CR.552.06 Concreto hidráulico estructural clase S (28 MPa)	Metro cúbico (m ³)
CR.552.07 Concreto hidráulico estructural para clase C (14 MPa)	Metro cúbico (m ³)
CR.552.08 Concreto hidráulico estructural para puentes clase A (28 MPa)	Metro cúbico (m ³)
CR.552.09 Concreto hidráulico estructural para puentes clase B (17 MPa)	Metro cúbico (m ³)
CR.552.10 Concreto hidráulico estructural para puentes clase C (28 MPa)	Metro cúbico (m ³)
CR.552.11 Concreto hidráulico estructural para puentes clase P (___ MPa)	Metro cúbico (m ³)

Renglón de pago	Unidad de medida
CR.552.12 Concreto hidráulico estructural para puentes clase S	Metro cúbico (m ³)
CR.552.13 Concreto hidráulico estructural liviano para puentes (___ MPa)	Metro cúbico (m ³)

552.22 Requisitos mínimos para muestreo y ensayo

A continuación se presenta las Tablas 552-7, 552-8 y 552-9, que representan los requisitos mínimos para aceptación, sin embargo el Contratista debe presentar un plan de control de calidad que se ajuste a su programa de trabajo y a las condiciones propias del proyecto, queda a criterio de la Administración solicitar el incremento de esa frecuencia y los ensayos para efectos de aprobación del plan. Este Plan de autocontrol de calidad del Contratista, debe contar con el aval de la Administración de cada proyecto.

Para efectos del Plan de Verificación, la Administración establecerá el tipo de ensayos y las frecuencias de las Tablas 552-7, 552-8 y 552-9, que permitan aplicar las Subsecciones 107.02 Inspección visual, 107.04 Conformidad determinada o ensayada o 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo) según corresponda, para determinar el pago del trabajo en función de la calidad.

Tabla 552-7

Requisitos de muestreo y ensayo del agregado fino para el concreto hidráulico

Material o producto	Tipo de aceptación (Subsección)	Propiedades o Características	Categoría	Especificaciones de los métodos de ensayo	Frecuencias de ensayos	Punto de muestreo	Tiempo de reporte
Agregados finos para concreto hidráulico	INTE 06-01-02 Estadística (107.05)	Graduación		INTE 06-02-09	1 Ensayo cada 100 m ³ mínimo 5 muestras por mes	En apilamiento en el quebrador o en la planta	16 Horas
		9,5 mm	I				
		4,75 mm	I				
		2,36 mm	I				
		1,18 mm	I				
		600 µm	I				
		300 µm	I				
		150 µm	I				
		Otros tamices especificados	II				
		Material pasando malla de 75 µm	I	INTE 06-02-12			
	INTE 06-01-02 Medición y ensayo de aprobación (107.4)	Módulo de finura	-	2,3 a 3,1	1 ensayo cada 15 días	En apilamiento en el quebrador o en la planta	16 Horas
		Sanidad	-	INTE-06-02-24 10% máximo de pérdida en SO ₄ Na ₂			9 días
		Equivalente de arena	-	AASHTO T-176 75% mínimo			30 horas
		Impurezas orgánicas	-	INTE-06-02-22 más claro que el color patrón. Si no cumple usar INTE 06-02-23			
		Terrones de arcilla y partículas	-	INTE-06-02-28 3% máximo			
		Carbón y lignito 1% máximo	-	INTE 06-02-26 1% máximo			

Tabla 552-8

Requisitos de muestreo y ensayo del agregado grueso para el concreto hidráulico

Material o producto	Tipo de aceptación (Subsección)	Propiedades o Características	Categoría	Especificaciones de los métodos de ensayo	Frecuencias de ensayos	Punto de muestreo	Tiempo de reporte
Agregados gruesos para concreto hidráulico	INTE 06-01-02 Estadística (107.05)	Graduación		INTE 06-02-09	1 Ensayo cada 100 m ³ mínimo 5 muestras por mes	En apilamiento en el quebrador o en la planta	16 Horas
		38 mm	I				
		25 mm	I				
		19 mm	I				
		12,5 mm	I				
		9,5 mm	I				
		4,75 mm	I				
		2,36 mm	I				
		Otros tamices especificados	II				
	Material pasando malla de 75 µm	I	INTE 06-02-12 1% máximo sino tiene arcilla aumentar a 1,5	1 ensayo cada 15 días	En apilamiento en el quebrador o en la planta	16 Horas	
	Módulo de finura	-	2,3 a 3,1			2 días	
	Abrasión	-	INTE 06-02-27 40% máximo			9 días	
	Sanidad	-	INTE-06-02-24 12% máximo de pérdida en SO ₄ Na ₂			30 horas	
	Terrones de arcilla y partículas	-	INTE-06-02-28 3% en losas de puente y pavimentos 5% en otros concreto hidráulicos			3 días	
	Carbón y lignito 1% máximo	-	INTE 06-02-26 3% máximo				
	INTE 06-01-02 Medición y ensayo de aprobación (107.4)						

Tabla 552-9

Requisitos de muestreo y ensayo para el concreto hidráulico

Material o producto	Tipo de aceptación (Subsección)	Propiedades o Características	Categoría	Especificaciones de los métodos de ensayo	Frecuencias de ensayos	Punto de muestreo	Tiempo de reporte
Concreto hidráulico	INTE 06-01-01 Estadística (107.04)	Revenimiento	-	INTE 06-02-03	1 Ensayo por carga	Descarga en sitio de colocación	10 minutos
		Contenido de aire	-	INTE 06-02-04 INTE 06-02-38	1 Ensayo por carga		2 Horas
		Peso Unitario	-	INTE 06-02-37	1 Ensayo por carga cuando se solicite		2 Horas
		Temperatura	-	INTE 06-02-06	1 batida		5 minutos
	INTE 06-01-01 Estadística (107.05)	Fabricar y falla especímenes para ensayo a la compresión	I	INTE 06-01-07 INTE 06-02-01	1 por cada 20 m ³ pero no menos de 1 ensayo por día por resistencia		28 días

