

ESPECIFICACIONES PARA EL CEMENTO EN LOS ESTADOS UNIDOS

Paul D. Tennis y John M Melander*

La ASTM y la AASHTO hacen cambios para promover la consistencia y acrecentar la sustentabilidad

La ASTM C150/AASHTO M85, la ASTM C595/AASHTO M240, y la ASTM C1157 recientemente han experimentado revisiones importantes. Estas especificaciones fueron actualizadas para hacer consistentes las disposiciones en ASTM C150 y AASHTO M85, las especificaciones más ampliamente usadas en los Estados Unidos para el cemento portland y para desarrollar normas para el cemento que mejoren la capacidad de la industria para proveer concreto sustentable y durable.

ESPECIFICACION PARA EL CEMENTO PORTLAND

En los Estados Unidos se hace referencia a las normas de la ASTM en los Reglamentos de construcción y son aplicables a la mayoría de las construcciones comerciales. También se hace referencia a las normas de la ASTM para los proyectos de construcción de sistemas de transportación en algunos estados, pero las normas producidas por la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes (AASHTO) son más comúnmente usadas. Las especificaciones de estas organizaciones para el cemento portland, la ASTM C150, y AASHTO M85, ambas llevan el título de "Especificación Estándar para Cemento Portland." Aunque han existido

como normas paralelas con disposiciones similares durante décadas, para el año 2003, habían desarrollado varias diferencias técnicas importantes.

Al tener dos normas para el cemento portland con diferentes requisitos se creaban problemas en la producción, almacenamiento y logística para los fabricantes e importadores de cemento, los productores de concreto premezclado y prefabricado, y otros fabricantes de productos de concreto. Los productores que necesitaban satisfacer los requisitos de los clientes en diferentes estados, o para aplicaciones diferentes, fueron particularmente afectados, ya que podían requerirse silos separados o inclusive diferentes fuentes de cemento. La divergencia de requisitos en la especificación del cemento también crea una carga para los propietarios y especificadores. Las disposiciones para el aseguramiento de la calidad a veces se hacían más complejas y las provisiones disponibles podían estar limitadas. Con requisitos consistentes se eliminan estos problemas potenciales y se simplifican la producción la transportación, el almacenamiento, y las actividades de control de calidad, así como también se obtienen cementos más uniformes.

Reconociendo los beneficios potenciales para los propietarios, especificadores y fabricantes de cemento y concreto, se formó el Grupo de Tarea

*Paul D. Tennis, Miembro del ACI y Gerente de Tecnología del Cemento, Portland Cement Association, del Comité ACI 522, Concreto Permeable y Presidente del ASTM C01.10, Cementos Hidráulicos para la Construcción General con Concreto.

John M. Melander, Miembro del ACI y Director de Productos Estándar y Tecnología, Portland Cement Association, del Comité ACI 524 Revestimientos, del comité ACI C601-C, Técnico en Pruebas de Mampostería I y del Comité conjunto 530 ACI – ASCE-TMS, Normas de Mampostería. Miembro Honorario y Presidente de la Sociedad de Mampostería y recibió el Premio al Mérito de la ASTM y del Comité C01 Bryan Mather de la ASTM.

Publicado en ACI Concrete International, January 2010.

Conjunta para la Armonización, AASHTO-ASTM en el otoño de 2003, incluyendo a representantes de los comités que establecen las normas para el cemento: el Comité C01 Cemento de ASTM, y el Subcomité AASHTO sobre materiales. El grupo de tarea se propuso examinar las diferencias importantes entre las normas, evaluar los problemas técnicos, y trabajar conjuntamente para desarrollar disposiciones consistentes que satisficieran las necesidades colectivas de los fabricantes de cemento, productores de concreto, especificadores y propietarios.

La primera serie de cambios que recomendó el grupo de tarea fue adoptada en las ediciones 2007 de la ASTM C150 y AASHTO M85. Las normas revisadas incorporaron disposiciones consistentes para la finura, el contenido de C₃S para el cemento Tipo II, criterios del calor de hidratación (el así llamado "índice de calor") y el uso de piedra caliza (no calcinada) como un ingrediente en el cemento portland.

Con la publicación de las ediciones 2009 de las normas en julio de 2009, se resolvieron las diferencias técnicas restantes entre las normas. El uso de adiciones de procesamiento inorgánico fue limitado a un máximo de 5% por masa, con base en la información publicada en NCHRP Report 607.1. Según las nuevas disposiciones, se requieren pruebas de calificación para adiciones de procesamiento que exceden 1%. Además, se revisaron los procedimientos de cálculo de la fase potencial (Bogue) para tomar en cuenta el uso de adiciones de procesamiento y piedra caliza en el cemento.

El grupo de tareas conjuntas también clarificó la Nota D al pie de la Tabla 1 de ASTM C 150 y

de AASHTO M35, relacionados con el contenido de sulfatos, aun cuando las disposiciones eran similares. La nueva nota clarifica los requisitos de reportes de la ASTM C1038 para cemento con límites más altos de sulfatos que los límites que no aparecen en la Tabla.

Las nuevas versiones de ASTM C150 y AASHTO M85 definen un nuevo tipo de cemento – Tipo II (MH) – que está designado para tener características moderadas de calor de hidratación (de allí el sufijo "MH") así como también la resistencia moderada a sulfatos de los cementos tradicionales Tipo II. Este nuevo tipo facilitará más a los productores obtener lo que necesiten, cuando requieran cementos con resistencia moderada a sulfatos, pero sin calor de hidratación moderada.

Los límites de finura en ambas especificaciones se han simplificado a valores solos únicos:

- Máximo de 430 m²/kg (Blaine) para Tipos II(MH), II(MH)A, y IV; y
- Mínimo de 260 m²/kg (Blaine) para todos los tipos, excepto Tipos III y IIIA.

Estos cambios mejorarán la comunicación entre los productores, especificadores, y clientes del cemento y colocan límites de finura apropiados en los cementos cuando se quiera que tengan calores de hidratación más bajos.

Todos los cambios desarrollados a través del esfuerzo de armonización se resumen en la Tabla 1.

Debe señalarse que estos cambios son consistentes con los amplios objetivos de la industria de mejorar la sustentabilidad del concreto. El uso de piedra caliza en los cementos portland ha sido apoyado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados

Tabla 1. Resumen de cambios a la AASHTO M85 y ASTM C150 de 2004 a 2009

Disposición	AASHTO M85-04	ASTM C150-04a	AASHTO M 85-09 ASTM C150-09
Finura máxima (Blaine) Una muestra de un promedio de 5	400 [I,II,IV,V] 420[I,II,IV,V]	Sin límite Sin límite	430[II(MH)*, [V] Ninguno
Tipo II máximo C ₃ S	58	Sin límite	Tipo II(MH) 4.75C ₃ A + C ₃ S ≤ 100
Máximo de adiciones en el procesamiento	1%	No hay límite prescrito	Orgánico ≤ 1% Inorgánico ≤ 5%
Uso de piedra caliza	No permitido	Hasta 5%	Hasta 5%, con nuevo nombre y Sección 5 reorganizada para mayor claridad
Tipo II mínimo SiO ₃	20%	Sin límite	Sin límite
Nota D de la Tabla 1	Ambiguo	Ambiguo	Mejorado para mayor claridad

* Exento para cementos Tipo II (MH) con bajo índice de calor, del límite de finura cuando 4.75 C₃A + C₃S ≤ 90

Tabla 2. Aplicaciones para cementos hidráulicos para construcción general con concreto*

Especificación del cemento	Propósito general	Calor de hidratación moderado	Alta resistencia temprana	Bajo calor de hidratación	Resistencia moderada a sulfatos	Alta resistencia a sulfatos
ASTM C150 Cementos portland	I	II(MH)	III	IV	II, II(MH)	V
ASTM C595 Cementos hidráulicos combinados	IS(<70) IP IT(P<S<70) IT(P≥S)	IS(<70)(MH) IP(MH) IT(P<70)(MH) IT(P≥S)(MH)	----	IP(LH) IT(P≥S)(LH)	IS(<70) (MS) IP(MS) IT(P<S<70)(MS) IT(P≥S)(MS)	IS(<70)(HS) IP(HS) IT(P<S<70)(HS) IT(P≥S)(HS)
ASTM C1157 Cementos hidráulicos	GU	MH	HE	LH	MS	HS

* Verifique la disponibilidad local de los cementos específicos, ya que no todos los tipos de cementos están disponibles en todas partes

Unidos como un medio de reducir la huella de carbón de la fabricación de cemento y, a su vez, la producción del concreto. Las revisiones que se ocupan explícitamente del uso de adiciones de procesamiento inorgánico también apoyan y apuntan hacia este objetivo. Por supuesto, el desempeño del mantenimiento es una consideración crítica. Si la durabilidad del concreto o las características de resistencia se reducen, podrían perderse una característica de sustentabilidad inherente del concreto. Por lo tanto, una parte clave de esta iniciativa fue mantener los atributos de desempeño para los cementos portland al mismo tiempo que mejorar sus características de sustentabilidad.

ESPECIFICACION PARA CEMENTO COMBINADO

Los cambios recientes en ASTM C595 y AASHTO M240, ambos titulados "Especificación Estándar para Cementos Combinados," han sido desarrollados para alentar el uso de estos cementos a través de nomenclatura simplificada, clara y transparente. Los cementos combinados han sido simplificados a dos tipos – Tipo IS (cemento portland-escoria) y Tipo IP (cemento portland-puzolana). Los Tipos I(SM) e I (PM) fueron eliminados como designaciones para los cementos combinados, pero todavía podrían producirse cementos que satisfacen esos requisitos, ya que la cantidad nominal de materiales cementantes suplementarios (SCM) en los cementos combinados fueron agregados como parte de la nomenclatura. Por ejemplo, el Tipo IP (15) es cemento que contiene 15%

de puzolana. Del mismo modo IS (25) se refiere al cemento que contiene 25% de cemento de escoria.

Este cambio logra algunos objetivos claves. Primero, los cementos pueden ahora ser producidos cerca de los límites previos de SCM que con razón llegaron a conocerse como regiones en "tierra de nadie". El viejo cemento Tipo I (PM), por ejemplo, tenía límites sobre el contenido de SCM entre 0 y 15%, mientras que el antiguo Tipo IP tenía límites de puzolana entre 15 y 40%. Si un productor de cemento tenía materiales que optimizaban algunos aspectos de desempeño a 15%, simplemente debido a la variación normal del producto, algunas veces un cemento sería clasificado como uno de Tipo I (PM) y en algún momento podría ser un Tipo IP. El nuevo enfoque elimina este problema potencial.

Esta revisión también ayuda a los productores de concreto y a los especificadores a estar más atentos sobre el contenido SCM de los cementos combinados. Esto es irrelevante en muchas situaciones, pero para los propósitos de cumplir con los límites del ACI 318 sobre el contenido de SCM de concreto expuesto a químicos descongelantes, esta información permite que los diseños de mezcla sean calificados y optimizados, incluyendo a través del uso de SCMs adicionales, a condición de que se cumplan las disposiciones de durabilidad.

Las revisiones recientes a la ASTM C 595 para incluir una designación para cementos combinados ternarios fueron aprobadas en 2009 (y actualmente están bajo consideración para su inclusión en AASHTO M240). Previamente había una opción para producir

cementos combinados ternarios para los cementos Tipo IP, pero no estaba claro. Se desarrolló una nueva designación para el Tipo IP para identificar explícitamente los cementos combinados ternarios. El concepto para el Tipo IP es que los cementos combinados ternarios deben satisfacer los mismos requisitos químicos y físicos que los cementos combinados binarios con el SCM que está presente en la cantidad más grande. Por ejemplo, si el cemento de escoria está presente en la cantidad más alta, se aplican las disposiciones del Tipo IS, y si una puzolana está presente en la cantidad más alta, se aplican los requisitos del Tipo IP.

Además, la designación para el cemento ternario claramente identifica las cantidades de SCMs, similarmente al enfoque usado para cementos combinados binarios. El formato general para la nomenclatura es:

Tipo IT (AX) BY)

Donde A y B se refieren al tipo de SCM (ya sea "S" para cemento de escoria y "P" para puzolana) X y Y son las cantidades de esos SCMs (porcentajes en masa). Por ejemplo, un Tipo IT (S25) (P15) contendría 25% de cemento de escoria y 15% de puzolana, y se aplicarían los requisitos de Tipo IS (25).

Una vez más, el interés de la industria por proveer opciones para mejorar la sustentabilidad de la fabricación del concreto y el cemento fue una consideración importante en las revisiones de ASTM C595. Aunque no se modificaron ninguno de los requisitos de desempeño en el ASTM C595, la opción para nuevas composiciones cementantes ternarias puede permitir que se usen cantidades más altas de SCMs más eficientemente en las combinaciones ternarias.

ESPECIFICACION DE DESEMPEÑO PARA CEMENTO HIDRAULICO

Se adoptó en 2007 un examen minucioso de la ASTM C1157, "Especificación Estándar de Desempeño para el Cemento Hidráulico." Se había notado que la ASTM C1157 rara vez se usaba, inclusive en situaciones en donde podría aplicarse. Una razón probable para que se pasara por alto la norma es su complejidad. Los cambios que fueron adoptados fueron desarrollados con tres propósitos principales en mente:

- Mejorar la lectura y la comprensión (hacerlo más amigable al usuario);
- Mejorar la flexibilidad para los fabricantes (amigable al productor); y
- Mejorar el aseguramiento de la calidad (amigable al consumidor).

En resumen, los cambios incluyeron simplificar la terminología, eliminaron las Secciones 4 y 5 sobre nomenclatura y adiciones, reemplazando el enfoque opcional del rango de la resistencia con un reporte

opcional sobre la uniformidad de la resistencia, quitando los requisitos para analizar los ingredientes, y agregando varios otros cambios menores para mejorar la claridad. También se incluyó un requisito de resistencia a 28 días de 28 MPa para el Tipo GU para hacer el ASTM C1157 más consistente con ASTM C595, y el reporte opcional de ASTM C596 resultan en contracción por secado. Un cambio separado pero relacionado hizo que los requisitos de resistencia mínimos para los cementos ASTM C1157 fueran consistentes con aquellos para cementos similarmente clasificados en ASTM C595.

En 2009, los cambios a la ASTM C1157 fueron más modestos. Los requisitos de resistencia mínima del Tipo HE a un día y a 3 días fueron revisados para igualarlos con aquellos del cemento Tipo III de la ASTM C 150 -ambos requieren ahora que tengan resistencia de 12 MPa a un día y 20 MPa a 3 días. El objetivo era poner cementos equivalentes en igualdad de condiciones con respecto al desempeño de la resistencia.

Debido a su enfoque en las características de desempeño tales como resistencia, tiempo de fraguado y durabilidad, la ASTM C1157 proporciona otra herramienta útil para mejorar la sustentabilidad de la construcción con concreto. Los materiales localmente disponibles pueden ser optimizados para producir cementos que, como el ASTM C595, pueden tener bajos factores de clinker y huellas de CO₂ asociadas y energía implícita.

RESUMEN

La Tabla 2 proporciona un resumen de la aplicación para ASTM C 150, C595, y C1157. Aunque que la industria ahora tiene requisitos consistentes para cementos portland en ASTM C150 y AASHTO M85, y aunque también ha hecho mejoras significativas en las disposiciones de estas y otras especificaciones para el cemento, para la construcción general con concreto, las actividades de desarrollo de normas del cemento todavía no están completas. En el proceso de hacer los cambios anotados, se han identificado varias oportunidades para mejorar más las capacidades de la industria del cemento y del concreto para proveer concreto durable y sustentable. El trabajo para realizar estas mejorías continua.

Referencias

1. Taylor, P., "Specification and Protocol for Acceptance Test on Processing Additions in Cement Manufacturing," NCHRP Report 609, Transportation Research Board, Washington, D.C, 2008 96 pp.

Las ediciones más recientes de las especificaciones anotadas pueden obtenerse en los siguientes sitios de la Red.:

ASTM International: www.astm.org/Standard/Index/shtml

AASHTO: <https://bookstore.transportation.org>