



imcyc[®]



**Manual del Técnico para Pruebas
al Concreto en Obra.
Grado I**



**Análisis y guía de estudio para las
pruebas básicas al concreto en estado
fresco**

Análisis y guía de estudio para las pruebas básicas al concreto en estado fresco

Gerente de Enseñanza, Promoción y Difusión: Arq. José Antonio del Rosal García

Integrantes del Comité de Enseñanza:

Ing. Mario Alberto Hernández Hernández

Ing. César Anselmo Morales Guevara

Ing. Elizabeth Amarilis Dávila Flores

Ing. Roberto Uribe Afif

Diseño:

A.V. Axel Laurent Obscura Sarzotti

Producción editorial:

Arq. José Antonio del Rosal García

En esta publicación se respetan escrupulosamente las ideas, puntos de vista y especificaciones originales. Por lo tanto, el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. no asume responsabilidad alguna (incluyendo, pero no limitando, la que se derive de riesgos, calidad de materiales, métodos, etc.) por la aplicación de los principios o procedimientos de este volumen.

Todos los derechos reservados, incluyendo los de reproducción y uso de cualquier forma o medio, así como el fotocopiado, proceso fotográfico por medio de dispositivo mecánico o electrónico, de impresión, escrito u oral, grabación para reproducir en audio o visualmente, o para el uso en sistema o dispositivo de almacenamiento y recuperación de información, a menos que exista permiso escrito obtenido de los propietarios de los derechos.

*La presentación y disposición en conjunto de **ANÁLISIS Y GUÍA DE ESTUDIO PARA LAS PRUEBAS BÁSICAS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**, son propiedad del IMCYC. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida, por algún sistema o método electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado, la grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información), sin consentimiento por escrito del Instituto.*

Derechos reservados:

© 2018, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C.

Av. Insurgentes Sur 1846, Col. Florida, Ciudad de México, C.P. 01030

PREFACIO

El auge de la solicitud en certificaciones ha generado que el IMCYC cree y mantenga un programa de certificación, dando una mejor precisión y confiabilidad en las pruebas de concreto recién mezclado en campo.

El propósito del programa es certificar al personal involucrado en el tema del concreto una vez demostrado el conocimiento y habilidad de las pruebas involucradas para el concreto recién mezclado bajo las normas descritas en este manual.

Además, los técnicos que mejoran sus habilidades incrementan sus propias oportunidades aportando al avance en la industria de la construcción. El objetivo de esta guía es ofrecer la información necesaria para prepararse para el examen teórico y examen de desempeño y obtener un conocimiento necesario para lograr la certificación.

PROLOGO

En 1959, el 23 de septiembre, se conforma el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., **IMCYC**, como una institución dedicada, entre otros temas, a la enseñanza, difusión y promoción de las técnicas para la utilización adecuada del cemento y del concreto, como apoyo a la industria de la construcción y por lo tanto, a la mejora de las soluciones de los problemas y necesidades que tiene la sociedad.

El **IMCYC**, ha elaborado este manual como el objetivo de que se convierta en un importante medio que conduzca a elevar la calidad de las personas que han elegido ser parte del grupo de control de calidad de las obras de concreto de cemento Portland, adquiriendo el conocimiento correcto de cómo realizar los ensayos físicos básicos a las mezclas de concreto fresco en la obra y a la vez, con este conocimiento comprobado, también adquiere un reconocimiento oficial de carácter internacional de este conocimiento y de su competencia, mediante la certificación.

Este manual que el **IMCYC** pone a disposición de los integrantes del equipo que intervienen en las obras, es el resultado del estudio comparativo de estos procedimientos aprobados en México y en los Estados Unidos de América que muestra las similitudes o diferencias entre ellos y lograr acuerdos mediante un lenguaje común para llegar a un consenso más rápidamente. Los procedimientos que contiene resume la experiencia de los profesionales relacionados con esta actividad y de la institución sobre los problemas que debe enfrentar un técnico de la construcción.

El proporcionar este manual a los integrantes de la industria de la construcción seguramente contribuirá a elevar la calidad y productividad haciendo más competitivas a las empresas para el prestigio de México.

INDICE

I. Prefacio.....	4
II. Prologo.....	5
III. Importancia de la certificación ACI.....	8
IV. Glosario.....	9
Generalidades.....	11
Introducción Especificaciones y métodos de ensayo del concreto hidráulico / NMX-C-155-ONNCCE 2014.....	15
Capítulo 1	
1.1 Método de ensayo estándar para el muestreo de concreto recién mezclado (NMX-C-161-ONNCCE-2013/ASTM-C-172-14)....	33
Capítulo 2	
2.1 Método de ensayo estándar para la medición de temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado (NMX-C-435-ONNCCE-2010/ASTM-C-1064-.....	45
Capítulo 3	
3.1 Método de ensayo estándar para la determinación del revenimiento en el concreto a base de cemento hidráulico (NMX-C-156-ONNCCE-2010/ASTM-C-143-12).....	55
Capítulo 4	
4.1 Método de ensayo estándar para la determinación por el método gravimétrico el peso unitario, volumen producido y contenido de aire del concreto. (NMX-C-162- ONNCCE-2014/ASTM-C-138-14).....	68
Capítulo 5	
5.1 Método de ensayo estándar para determinación por el método de presión en contenido de aire del concreto recién mezclado (NMX-C-157-ONNCCE-2006/ASTM -C-231-14).	87
Capítulo 6	
6.1 Método de ensayo estándar para determinar por el método volumétrico el contenido de aire del concreto recién mezclado (NMX-C-158-ONNCCE-2006/ASTM-C-173-14)....	113

Capítulo 7

“Método de ensayo estándar para la preparación y curado de Especímenes de Ensayo de concreto” (NMX-C-159-ONNCCE-2015/ASTM-C-31-12)... 131

Conclusión..... 155

Apéndice

Apéndice A: Respuesta a las preguntas de estudio.....157

Apéndice B: Resumen de la ASTM C 94(C 94 M -09 a)...... 158

IMPORTANCIA DE LA CERTIFICACIÓN

La ejecución apropiada de las pruebas mejora la confiabilidad de los resultados de la misma, ayudando al control de calidad del concreto.

La certificación proporcionará al evaluado un reconocimiento internacional en el concreto. Este reconocimiento puede mejorar su potencial para ascensos y mayor oportunidad laboral, asegurando pruebas al concreto actualizadas y de calidad.

GLOSARIO

ONNCCE – Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación

NMX – Normas Mexicanas

ACI – Instituto Americano del Concreto, por sus siglas en ingles.

ASTM – Asociación Americana de Pruebas de Materiales, por sus siglas en ingles

PCA – Asociación de Cemento Portland, por sus siglas en ingles

GENERALIDADES

El concreto de uso común, o convencional, es producido mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente denominado “aditivo”.

Cemento + Agua + Aditivo → Pasta de cemento

Pasta de cemento + Agregado fino → Mortero

Mortero + Agregado grueso → Concreto

Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como una revoltura de concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante: el aire.

Si en la mezcla no se agrega aditivo que lo fomente, el aire se presenta en forma de burbujas macróscopicas dispersas erráticamente en la masa, que corresponden al aire cuya proporción no excede normalmente a 2% del volumen del concreto, es ordinario e indispensable. Cuando en el concreto se provoca la formación de aire mediante un aditivo, se dice que contiene aire incluido intencionalmente con el propósito de inducir propiedades deseables. El aire adopta forma de pequeñas burbujas que se distribuyen uniformemente en la masa y representan una porción que suele fluctuar entre 3 y 8 % del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado.

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con facilidad, pero gradualmente pierde esta característica hasta que se torna rígida y comienza a adquirir aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse en un material resistente que se denomina concreto endurecido.

La presentación del concreto convencional en estado fresco, lo identifica como un conjunto de fragmentos de roca, definidos como agregados, dispersos en una matriz constituida por una pasta de cemento y con una consistencia plástica.

El comportamiento mecánico del concreto y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos:

1. Característica, composición y propiedades de la pasta de cemento, o de la matriz cementante, endurecida.
2. Calidad de los agregados
3. La afinidad de la matriz cementante con los agregados y su capacidad de trabajar en conjunto

En el primer aspecto se debe contemplar la elección de un cementante apropiado, empleo de una relación agua / cemento convenientes y el uso de un aditivo necesario, con lo cual resulta una buena calidad de la matriz cementante.

Es importante adecuar las funciones de los agregados de acuerdo a su calidad para el desempeño en la estructura, ya que influyen en el comportamiento del concreto y en su capacidad de resistencia y durabilidad, de acuerdo a las condiciones de exposición y el servicio al que el concreto sea sometido.

La compatibilidad y el buen desempeño de la matriz cementante junto con los agregados, depende de diversos factores como son las características físicas y químicas del cementante, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados, su forma, tamaño máximo y la textura superficial de los mismos. Existen diversos aspectos sobre el comportamiento del concreto en estado fresco o endurecido, que pueden ser modificados mediante el uso de un cemento apropiado, para adecuar los requerimientos específicos dados por las condiciones de obra. Las características principales y las propiedades del concreto que pueden ser influidas y modificadas por los diferentes tipos y clases de cemento, son las siguientes:

Concreto fresco:

Cohesión y manejabilidad, pérdida del revenimiento, asentamiento, sangrado y tiempo de fraguado

Concreto endurecido:

Adquisición de resistencia mecánica, generación de calor, resistencia al ataque de sulfatos, estabilidad dimensional y estabilidad química.

Aspectos en el concreto fresco

- Cohesión y manejabilidad

La cohesión y manejabilidad de las mezclas de concreto son características que contribuyen a evitar la segregación y facilita el manejo previo y durante la colocación de la cimbra.

La finura es la característica del cemento que puede aportar beneficio a la cohesión y la manejabilidad de las mezclas de concreto, por lo que los cementos que tengan una menor finura como el cemento Portland tipo III o los cementos Portland Puzolánicos, serían recomendables en este aspecto.

Existen otros factores decisivos para que las mezclas de concreto no segregen durante su manejo y colocación. Entre estos factores puede mencionarse a la composición granulométrica y el tamaño máximo del agregado, consumo unitario de cementante, aditivos inclusores de aire y el diseño de mezcla del concreto.

- Pérdida de revenimiento

Este término se utiliza para describir la consistencia o aumento de la rigidez, que una mezcla de concreto experimenta desde que sale de la mezcladora hasta que es colocado y compactado en la estructura. Lo ideal sería que la mezcla conservara sus consistencia original durante todo el proceso.

Usualmente ocurre una pérdida gradual cuya evolución puede ser alterada por varios factores extrínsecos, entre los que pueden destacar la temperatura ambiente, exposición al sol, viento y la manera en que el concreto es transportado hacia el lugar de colado, todos estos aspectos configuran las condiciones de trabajo en obra.

La pérdida de revenimiento también es influenciada por factores intrínsecos de la mezcla de concreto, como la consistencia o fluidez inicial, la humedad de los agregados, uso de aditivos y las características del contenido unitario de cemento.

Factores a considerar:

1. Las mezclas de consistencia más fluida tienen a perder revenimiento con mayor rapidez, debido a la evaporación del exceso de agua que contienen.
2. El uso de agregados porosos en condición seca reducen la consistencia inicial, por efecto de su alta capacidad de absorción del agua.
3. El uso de aditivos reductores de agua y superfluidificantes acelera la pérdida de revenimiento, como consecuencia de acciones indeseables con algún tipo de cementos.
4. El uso de cementos portland puzolánicos que son de naturaleza porosa, y son finamente dividido, pueden acelerar la pérdida de revenimiento del concreto recién mezclado al producirse un resecamiento prematuro provocado por la avidez de agua de la puzolana.

Es conveniente verificar que existe una compatibilidad entre el aditivo y el cemento utilizado, en el caso del cemento portland puzolánico, se tienen que realizar pruebas comparativas sobre la pérdida de revenimiento con un cemento ordinario de uso alternativo.

- Asentamiento y sangrado

Después de que el concreto queda en reposo, después de ser colocado y compactado dentro del cimbrado, inicia el proceso natural mediante el cual los componentes más pesados (cementos y agregados) tienen a descender conforme el agua (que es el componente más denso) sube.

Este fenómeno, si es presentado en exceso es considerado indeseable porque provoca cierta estratificación en la masa de concreto, según la cual forma en la superficie superior una capa menos resistente y durable por contener mayor concentración de agua.

Los principales factores que influyen en el asentamiento y sangrado del concreto son de orden intrínseco y se manifiesta con un exceso de fluidez en la mezcla, con una deficiencia en la forma, textura superficial y granulometría en los agregados (falta de finos en la arena), y reducido consumo unitario y/o baja finura en el cementante. Consecuentemente, las medidas aplicables para moderar el asentamiento y el sangrado son pertinentes:

1. Emplear mezclas de concreto con una consistencia menos fluida para que pueda colocarse satisfactoriamente en la estructura, y que posea el menor contenido unitario de agua que sea posible, incluso se pueden utilizar aditivos reductores de agua si es necesario.
2. Utilizar agregados con buena forma y textura superficial y con una adecuada composición granulométrica
3. Ensayar el uso de un aditivo inclusor de aire, cuando no sea factible cumplir con la medida anterior.
4. Incrementar el consumo unitario de cemento y/o utilizar un cemento de mayor finura, como un cemento portland tipo III o cemento Portland Puzolánico.
 - Tiempo de fraguado

A partir del concreto en que el concreto es elaborado, se dan las reacciones químicas entre el cemento y el agua, lo que conducen a la pérdida de fluidez y rigidez de la mezcla después a su endurecimiento y la adquisición de una resistencia mecánica.

La evolución del cambio en el aspecto y las propiedades es caracterizado por un periodo inicial, llamado “durmiente”, durante el cual la mezcla de concreto permanece sin presentar grandes cambios en sus consistencia o fluidez inicial; el segundo periodo es cuando la mezcla comienza a perder fluidez hasta convertirse en una masa rígida y quebradiza, la cual ya no es moldeable al cual se le denomina “periodo de fraguado”. Finalmente en este punto inicia un tercer periodo que puede durar varios años, manifestado por el endurecimiento o presencia de una resistencia mecánica del concreto.

La duración del tiempo de fraguado del concreto depende de diversos factores extrínsecos dados por las condiciones de trabajo en obra, entre los que destaca por sus efectos la temperatura. En cuestiones de temperatura fija, el tiempo de fraguado puede experimentar variaciones de menor cuatía derivadas del contenido unitario, clase y finura del cemento.

Bibliografía

Manual de tecnología del concreto, **Sección 1**, *Comisión federal de electricidad*, 1994 .

Introducción

NMX-C-155-ONNCCE-2014

CONCRETO HIDRÁULICO- ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO

El presente análisis tomó como referencia la norma mexicana editada por el ONNCCE
NMX-C-155-ONNCCE-2014
www.onncce.org.mx

1. Objetivo

El objetivo de la norma es establecer especificaciones en la elaboración del concreto hidráulico y los métodos de ensayo para el control del mismo en estado fresco y endurecido, así lineamientos para su comercialización.

2. Definiciones por el ONNCCE:

2.1 Acidez de Baumann-Gully

Es una medida del contenido de iones de hidrógeno intercambiable, que el componente humus del suelo libera.

2.2 Agregados

Material natural, procesado o artificial, que se mezcla con el cemento y agua para producir morteros o concretos.

2.3 Aditivos para concreto

Materiales diferentes al agua, diferente a los agregados y al cemento, se pueden empelar como componente del concreto y se agrega antes o durante el mezclado, interactuando con el sistema hidratante, mediante acción física, química, o fisicoquímica, modificando una o más de las propiedades del concreto en estado fresco, fraguando, endureciéndose y endurecido.

2.4 Adiciones para el concreto

Materiales que contienen propiedades cementantes, como fibras, utilizadas como refuerzo a los pigmentos.

2.5 Pie de obra

Lugar donde se descarga el concreto inmediatamente al sitio de su colocación y punto de verificación de sus características en estado fresco.

2.6 Cemento hidráulico

Material inorgánico finamente pulverizado, que al agregar agua, mezclado o con arena y grava y algunos otros materiales, tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación, que desarrolla resistencia y conserva su estabilidad.

2.7 Concreto hidráulico

Mezcla de agregados, cementante y agua, a la que además se le pueden agregar aditivo y adiciones.

2.8 Concreto hidráulico en estado fresco

Etapla inicial del proceso de fraguado del concreto durante la cual se presenta una consistencia que permite realizar operaciones de transporte, colocación, compactación y acabado.

2.9 Concreto hidráulico en estado endurecido

Condición en la que el concreto hidráulico es capaz de resistir las acciones a las cuales fue especificado.

2.10 Concreto hidráulico estructural de masa normal en estado fresco
Concreto con masa unitaria comprendida entre 1 900 Kg/m³ a 2 400 Kg/m³

2.11 Concreto para uso estructural
Concreto hidráulico elaborado , fuera del sitio o en el sitio de utilización dosificado por masa y mezclado por medios mecánicos, con resistencia, rigidez y durabilidad adecuadas para un desempeño satisfactorio de las estructuras antes acciones externas.

2.12 Concreto con aire incluido
Concreto que tiene un contenido de aire adicionado a propósito por medio de aditivo

2.13 Curado
Procedo mediante el cual se propicia un ambiente de humedad y temperatura adecuadas por un periodo determinado, favoreciendo la hidratación del cemento hidráulico y los materiales cementantes en la mezcla.

2.14 Diseño de las proporciones del concreto
Cálculo de las cantidades de materiales por m³ que se requieren para fabricar un concreto que tenga las características especificadas

2.15 Director responsable de obra (perito de obra)
Persona física que acredita su conocimiento de las leyes y disposiciones reglamentarias relativas de la construcción, que cuenta con cédula profesional y que ante las autoridades correspondientes y el propietario de obra se hace responsable de la calidad del proyecto, de la supervisión y /o ejecución de la obra con el objetivo de cumplir con las normas, reglamentos de construcción y especificaciones del proyecto a fin de realizar una obra de calidad definida.

2.16 Durabilidad
Capacidad del concreto hidráulico para resistir satisfactoriamente durante la vida útil de la estructura las cargas de diseño, acción ambiental, ataque químico o abrasión y proteger al acero de refuerzo y demás elementos metálicos embebidos de la corrosión o cualquier otro proceso de deterioro, con el objeto de que el concreto mantenga su forma original, servicio y propiedades mecánicas.

2.17 Dosificación
Operación mediante la cual los líquidos se pesan o se miden en volumen y se pesan los sólidos, de acuerdo al diseño de la mezcla para fabricar concreto.

2.18 Estructura
Conjunto de elementos de una construcción cuya función es brindar estabilidad estructural a la edificación y resistir las cargas y/o acciones para que fue diseñada, incluyendo ataques del medio ambiente al que esté sometida.

2.19 Estructurista o diseñador
Persona física o moral , responsable del diseño estructural y de establecer las especificaciones de los concreto, que se utilizarán en las estructuras conforme a los reglamentos de construcción vigentes en la región, incluyendo los requisitos de durabilidad de acuerdo con el uso previsto y considerando al medio a que estén expuestas las estructuras , y bajo qué condiciones de servicio.

2.20 Especificación para obra

Requisitos basados en normas y reglamentos para un proyecto en específico de carácter particular que fija el diseñador, estructurista, proyectista y director responsable de obra para que el constructor y supervisor se pague a lo indicado.

2.21 Junta fría

Discontinuidad resultante de la demora de colocación del concreto por un tiempo prolongado que impide la unión eficaz de dos capas o porciones sucesivas de material.

2.22 Intemperismo

Efecto de la acción del medio ambiente sobre el concreto en una estructura, tal como congelación y deshielo, saturación y secado, variaciones de temperatura extremas y contaminación por sustancias en el ambiente que ataquen el concreto.

2.23 Mezclado

Acción de revolver los componentes del concreto o mortero con el fin de formar una masa homogénea

2.24 Masa unitaria

Masa por unidad de volumen

2.25 Muestra

Porción representativa de un material

2.26 Relación que existe entre el esfuerzo y la deformación para determinar la resistencia a la tensión del concreto por el ensaye a la flexión de una viga.

2.27 Módulo de ruptura

Valor obtenido mediante el procedimiento de determinación de resistencia a la tensión del concreto por ensaye a flexión de una viga

2.28 Productor

Contratista, subcontratista, proveedor o productor especializado, responsable de la producción, suministro y calidad de los concretos a pie de obra, conforme a las especificaciones establecidas para el proyecto.

2.29 Sitio de elaboración

Lugar donde se encuentra el equipo y se efectúa el mezclado de los materiales que constituyen el concreto

2.30 Segregación del concreto

Fenómeno por el cual se separa el agregado grueso del resto de la masa del concreto afectando su homogeneidad.

2.31 Sitio de colocación

Es el lugar o elemento de la estructura donde se vacía el concreto para tomar su forma definitiva.

2.32 Recubrimiento

Es la protección que le da un espesor de concreto al acero de refuerzo. Es la distancia medida desde la superficie del concreto a la parte más cercana del acero de refuerzo (incluyendo a los zunchos, anillos y estribos).

2.32 Relación agua /cementante

Es la relación en masa de la cantidad de agua, excluyendo la absorbida por los agregados, a la cantidad de cemento más la adiciones cementantes empleadas en la mezcla.

2.33 Resistencia a la compresión

Es la capacidad de carga por unidad de área del concreto hidráulico, medida en ensayos de especímenes elaborados, curados y ensayados en las condiciones estándar especificadas, generalmente expresadas en MPa (Kgf/cm²).

2.34 Resistencia especificada a la compresión (f'_c).

Resistencia especificada en el diseño estructural

2.35 Revenimiento

Medida de la consistencia del concreto fresco.

2.36 Tamaño máximo nominal de agregado

Es la dimensión de la criba de menor abertura por la que pasa el material de la muestra con un retenido máximo del 10% en dicha criba.

2.37 Tamaño máximo del agregado

Dimensión de la criba de menor abertura por la que pasa el total del material de la muestra

2.38 Unidad mezcladora

Equipo mecánico utilizado para el mezclado de los componentes del concreto (mezcladora fija, camión revolvente, trompo mezclador).

2.39 Usuario

Es el constructor, propietario de la obra o sus representantes, responsables de mantener la calidad del concreto entregado al pie de obra.

3. Especificaciones del concreto

3.1 Materiales componentes del concreto

- **Cemento hidráulico:** Material empleado en la elaboración de concreto hidráulico para el uso de la construcción, debe cumplir con características y con especificaciones que se describe en la norma NMX-C-414-ONNCCE.

- Agregados: Los agregados deben cumplir con las especificaciones descritas en la norma mexicana NMX-C-111-ONNCCE.
- Agua de mezclado: Debe cumplir con las especificaciones descritas en las normas mexicanas NMX-C-122 ONNCCE Y NMX-C-283.

El agua de dudosa calidad, se acepta si cumple con los criterios de la tabla 1.

El agua para lavar el interior de las revolvedoras montadas en camión puede utilizarse como agua de mezclado si cumple con los requisitos físicos que se indican en la tabla 2.

Tabla 1. Criterios de aceptación para aguas de dudosa calidad

Concepto	Límites	Método de ensayo
Resistencia a la compresión Con respecto a la mezcla de control a 7 días. Agua de control puede ser agua destilada o agua de la red municipal	90%, mínimo	NMX-061-ONNCCE
Tiempo de Fraguado Desviación respecto al tiempo de fraguado, de la mezcla de control	No más de 1 hora del inicial No más de 1 h 30 min en el final	NMX-059-ONNCCE

Tabla consultada en la norma NMX-C-155 ONNCCE-2014

Tabla 2. Límites químicos opcionales para el agua de lavado

Concepto	Límites	Método de ensayo
Cloruros como Cl Concreto reforzado en ambiente húmedo o que haya elementos ahogados de aluminio o de metales disímiles o que estén en contacto con cimbras de metal galvanizado. Para el caso del concreto presforzado.	1 000 500	NMX-C-283
Sulfatos como SO ₄	3 000	NMX-C-283
Álcalis totales	600	NMX-C-283
Sólidos totales	50 000	NMX-C-283

Tabla consultada en la norma NMX-C-155 ONNCCE-2014

Nota: El agua de lavado del interior de las mezcladoras, debe ser verificada semanalmente por un periodo de un mes, posteriormente el intervalo de muestreo puede ser ampliado gradualmente, Durante este periodo inicial de 1 mes, no se deben exceder los límites señalados de ninguna muestra.

- Aditivos

Se permite utilizar aditivos en el concreto para satisfacer los requisitos especificados para concreto fresco y endurecido.

Para concretos de más de 10 cm de revenimiento nominal, se deben usar aditivos reductores de agua o superfluidizantes en lugar de agua, para alcanzar el revenimiento especificado.

Para la selección y uso de aditivos para concretos se debe consultar la NMX-C-255-ONNCCE y deben cumplirse los requisitos especificados en la norma. Se debe solicitar al fabricante o distribuidor del aditivo información técnica e instrucciones para el almacenamiento, uso y evidencias de su calidad satisfactoria para aprobar su empleo e informar al productor de concreto para su consentimiento.

- Complementos cementantes

Los adicionantes que tienen características cementantes, puzolana, ceniza volantes, escoria o humo de sílice, que se utilicen en el concreto deben cumplir lo que se establece en la norma NMX-C-146-ONNCCE.

Estos adicionantes deben incorporarse a la mezcla de concreto mediante el uso de cementos que contengan las adiciones integradas uniformes al proceso de fabricación de dichos cementos clasificados en la NMX-C-414-ONNCCE, para garantizar la uniformidad y calidad del concreto.

3.2 Requisitos del concreto en estado fresco

- Tamaño máximo nominal del agregado

El concreto de la muestra obtenida, como se indica en la NMX-C-161m debe pasar por las cribas correspondientes.

No debe retenerse más del 5% en masa de concreto en la criba establecida como el tamaño máximo nominal del agregado.

- Revenimiento

El contenido máximo de agua debe limitarse de manera que el revenimiento nominal del concreto no sea superior a 10 cm. Si se requiere aumentar el revenimiento, el incremento debe obtenerse mediante el uso de aditivos.

Si el revenimiento es inferior al límite especificado, el concreto puede adaptarse si no se presentan dificultades para su colocación.

Para que el concreto cumpla con los requisitos del revenimiento, este valor debe concordar con lo que se especifica en la tabla 3.

Tabla 3. Valor nominal de revenimiento y tolerancias.

Revenimiento nominal (cm)	Tolerancia (cm)
Menor de 5	± 1.5
De 5 a 10	± 2.5
Mayor de 10	± 3.5

Tabla consultada en la norma NMX-C-155 ONNCCE-2014

En los casos en que se proceda a calentar los materiales si tiene que compensar las temperaturas bajas del ambiente, la temperatura máxima del concreto hidráulico en el momento de la entrega no debe exceder 32°C.

En climas cálidos, la temperatura del concreto en el momento de la entrega debe ser la más baja posible, y se debe tener un acuerdo con el comprador.

La temperatura no debe exceder 38°C.

Nota: Para mitigar el efecto de temperaturas altas, el productos debe determinar el adecuado tiempo para enfriar los materiales y posiblemente el agua, sin que la temperatura del concreto fresco disminuya a menos de 10°C.

- Volumen

La base de medición del volumen debe ser en m³ de concreto en estado fresco, tal como es descargado en el sitio de entrega.

El volumen de una carga establecida de concreto recién mezclado, debe ser determinado a partir de la masa total de los materiales de la mezcla, esto dividió entre la masa unitaria del concreto.

La masa total de la mezcla puede calcularse sumando la masa de todos los materiales, incluso el agua de toda la mezcla o como la masa neta, tal cual es entregada.

El volumen que es suministrado, determinado como se indicó en el párrafo anterior, puede ser aceptado con una tolerancia de $\pm 2 \%$ con relación al volumen solicitado.

Nota: Se debe entender que el volumen del concreto endurecido puede aparentar ser menor que el que es suministrado debido a el desperdicio, como lo es el mortero adherido al mezclador del camión y en la tubería de la bomba, derrames, ensanchamiento, etc.

- Aire incluido

El contenido de aire total en el concreto se fija por el estructurista, de acuerdo con las condiciones de cada obra y en función a la precisión del ensayo. Se deben realizar ensayos para determinar el contenido de aire, preliminar y de rutina, con el propósito de verificarlo durante la construcción, al menos en muestras donde se obtengan especímenes de concreto para el ensayo de compresión.

Para proporcionar al concreto la resistencia de congelamiento y deshielo, según el tamaño máximo nominal de agregado, son recomendados los porcentajes de contenido de aire que se presentan en la tabla 4..

Si el contenido de aire es menos que el especificado en la tabla 5 son insuficientes para darle al concreto la resistencia al congelamiento y deshielo.

Si se tienen contenidos superiores este puede reducir significativamente la resistencia mecánica y sin lograr protección adicional.

Tabla 4. Cantidad de aire recomendado según el grado de exposición al congelamiento y deshielo

Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Cantidad de aire recomendado, Total en %		
	Ligera	Moderada	Severa
75	1.5	3.5	4.5
50	2.0	4.0	5.0
40	2.5	4.5	5.5
25	3.0	4.5	6.0
20	3.5	5.0	6.0
13	4.0	5.5	7.0
10	4.5	6.0	7.5

Tabla consultada en la norma NMX-C-155 ONNCCE-2014

En el momento de la entrega, la aceptación o el rechazo de concreto se realizan conforme a los ensayos de contenido de aire. Si se tienen valores de contenido de aire fuera de los límites que se especifican con la tolerancia de $\pm 1\%$, el concreto debe ser rechazado.

Si no es confiable el valor obtenido, puede solicitarse un segundo ensayo, que se deberá realizar dentro de los 5 minutos posteriores, utilizando otra porción de la misma muestra de entrega, la cual es definitiva para la aceptación o el rechazo del concreto por parte de usuario.

3.3 Resistencia a la compresión

Debe ser determinada utilizando especímenes cilíndricos de 150 mm x 300 mm o de 100 mm x 200 mm, o especímenes cúbicos de 150 mm o de 100 mm de lado. Los resultados que se obtienen se multiplican por los factores de correlación para obtener su equivalencia como especímenes cilíndricos de 150 x 300 mm.

El concreto debe de alcanzar la resistencia especificada a la compresión (f'_c), a una edad de 28 días o alguna otra que sea conveniente.

El valor de desviación estándar para cualquier planta de concreto debe calcularse utilizando una sola clase y nivel de resistencia de concreto, con 100 o más valores de los ensayos de resistencia de muestras tomadas al azar, en un mismo laboratorio. En una obra específica se deben tener al menos 30 valores de ensayos de resistencia.

Si no se cuenta con información acerca de la desviación estándar para cualquier planta, se debe considerar una desviación estándar de 7.5 MPa o el 20% de la resistencia especificada, lo que sea mayor.

En el caso del diseño de mezclas de concreto, se utiliza la resistencia obtenida con las expresiones que se presentan en la tabla 5 para el nivel de resistencia correspondientes.

Tabla 5. Resistencia a compresión promedio (f'_{CR}) para el diseño de mezclas de concreto

Resistencia especificada a la compresión , MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c \leq 35$	Usar el mayor valor obtenido de las dos ecuaciones siguientes: $f'_{CR} = f'_c + 1.34 \sigma$ $f'_{CR} = f'_c + 2.33 \sigma - 3.5$
$f'_c > 35$	Usar el mayor valor obtenido de las dos ecuaciones siguientes: $f'_{CR} = f'_c + 1.34 \sigma$ $f'_{CR} = 0.9 f'_c + 2.33 \sigma$

Tabla consultada en la norma NMX-C-155 ONNCCE-2014

- Criterio de aceptación de la resistencia

Se acepta que no más del 10% de los ensayos de resistencia a compresión tenga valores inferiores a la resistencia que se especifica ($f'_{c,c}$). Para cumplir con un nivel de confianza de 99%, los resultados de los ensayos deben cumplir con las condiciones señaladas para cada nivel de resistencia especificada.

Si se tiene una resistencia especificada, f'_c menor o igual a 35 MPa:

- El promedio de todos los conjuntos de tres muestras consecutivas debe ser igual o mayor que f'_c .
- Ninguna resistencia individual debe ser menor que $f'_c - 3.5$ MPa.

Si se tiene una resistencia especificada, f'_c mayor que 35 MPa:

- El promedio de todos los conjuntos de tres muestras consecutivas debe ser igual o mayor que f'_c
- Ninguna resistencia individual debe ser menor que $0.9 f'_c$.

Nota: Cuando se tienen únicamente 2 muestras, el promedio de estas debe ser mayor o igual a $f'_c - 1.27 \text{ MPa}$.

- Módulo de elasticidad

El estructurista deberá considerar en el diseño el módulo de elasticidad que se puede obtener con los materiales de la zona donde se pretende construir. Los ensayos deben realizarse conforme a la NMX-C-128-ONNCCE.

El productor de concreto debe tener la información necesaria para el módulo de elasticidad, que se obtiene de los materiales que se empleen en la obra, misma que el estructurista da a conocer, con una solicitud previa. Si no se tiene información específica se puede estimar con la siguiente expresión:

$$W_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c}$$

Dónde:

W_c : Es la masa volumétrica

f'_c : Es la resistencia a la compresión de diseño del concreto en MPa.

El módulo de elasticidad de diseño corresponde al característico. A falta de información confiable, está, se debe obtener mediante ensayos preliminares que se realicen al concreto. El banco de agregados que se emplee para el concreto de los ensayos preliminares debe ser el mismo utilizado durante la construcción.

Cuando se pretenda modificar la fuente de agregados, se debe demostrar el cumplimiento del módulo de elasticidad indicado en el proyecto y revisado por el director responsable de la obra. Si el director responsable establece como criterio la determinación del módulo elástico este se debe realizar utilizando 3 muestras, cada una como lo indica la NMX-C-128-ONNCCE.

El módulo de elasticidad que se utiliza en el diseño estructural, debe ser el característico correspondiente al percentil 10. Para verificar que se cumpla este requisito del módulo de elasticidad promedio de tres muestras consecutivas, cualesquiera debe ser igual o mayor al módulo de elasticidad de diseño especificado. Si no se tiene información confiable, la desviación estándar de los valores del módulo de elasticidad se puede tomar igual a $470 \sqrt{f'_c}$, en MPa ($1\,500 \sqrt{f'_c}$, en Kg/cm²), lo que elimina la necesidad de realizar ensayos.

- Determinación de la resistencia del concreto mediante el ensaye de núcleos

En caso de que se tenga duda de la calidad del concreto en la estructura, porque el resultado del ensaye de los especímenes estándar indique que no se alcanzó la resistencia esperada (responsabilidad del productor), o porque existan evidencias de incumplimiento sobre el procedimiento de colocación, acomodo o curado del concreto.

Se puede comprobar la calidad mediando un ensaye de núcleos cilíndricos de concreto (corazones extraídos) de la parte de la estructura que se colocó el concreto cuya calidad es cuestionable. Por cada incumplimiento de la calidad se debe ensayar al menos una muestra formada de 3 núcleos extraídos de concreto sin daños, que son tomados en la zona en duda, como se indica en la NMX-C-169-ONNCCE.

Nota: Las resistencias que se obtengan en los núcleos son consideradas satisfactorias si cumplen con el criterio de que el promedio de las resistencias de todos los núcleos extraídos de la estructura en duda alcanza al menos un 85 % de f'_c y ningún núcleo individual presente una resistencia menor que el 75% de la f'_c .

En la norma NMX-C-155-ONNCE-2014 se pueden consultar las frecuencias mínimas de muestreo para control de producción verificación de obra por el usuario.

3.4 Durabilidad del concreto

Para obtener elementos y estructuras de concreto durables se deben considerar en las especificaciones del proyecto acciones contra mecanismos específicos de deterioro que puedan presentarse según el tipo de exposición en que dichos elementos y estructuras estarán en condiciones de servicios.

Las principales acciones de deterioro que afectan la durabilidad de las estructuras del concreto son:

Físicas y mecánicas, generalmente asociadas a congelamiento, y deshielo, erosión, fenómenos geológicos, hundimiento diferencial y cambios de volumen por gradiente térmicos o de humedad.

Ataques químicos por exposición a ácidos, gases o aguas y suelos que contengan sustancias químicas agresivas incluyendo sulfatos y microorganismos biológicos.

Reacción química de agregados con los álcalis del cemento.

Mecanismos que ocasionan corrosión del acero de refuerzo o de embebidos metálicos en el concreto propiciado principalmente por carbonatación y la presencia de iones de cloro.

- Clasificación de exposición a acciones de deterioro del concreto

Las diferentes clases de exposición a acciones de deterioro a las que se pueden someter las estructuras de concreto y que deben ser consideradas por el estructurista, para establecer las especificaciones y requisitos de durabilidad se describen en la tabla 9 la norma NMX-C-155-2014.

- Requisitos y especificaciones de durabilidad

La tabla 10 de la NMX-C-155-2014 establece los requisitos de durabilidad que deben cumplir, según las clases de exposición a acciones de deterioro a que estarán sujetos los elementos y estructuras de concreto durante su vida útil.

4. Dosificación y mezclado del concreto

4.1 Precisión de la dosificación

- Cemento

La masa de cemento debe determinarse en una tolva báscula. Cuando la cantidad de cemento de una revoltura de concreto sea igual o exceda el 30% de la capacidad total de la tolva báscula, la tolerancia máxima debe ser de $\pm 1\%$ de la masa requerida. Para revolturas menores de al menos 1 m^3 donde la cantidad de cemento es menor del 30% de la capacidad total de la tolva báscula, la cantidad de cemento cuya masa se determinó no debe ser menor que la requerida, ni mayor que el 4%.

- Agregados

Cuando los agregados se dosifiquen en forma acumulada y su masa sea del 30% o más de la capacidad de la tolva báscula, la tolerancia máxima debe ser de $\pm 2\%$ de la masa requerida, y si la masa es menor del 30% la tolerancia máxima debe ser de $\pm 0.3\%$ de la capacidad total de la báscula o de $\pm 3\%$ de la masa acumulada requerida, aceptando el valor que sea menor.

- Agua de mezclado

Se considera como agua de mezclado, al agua agregada a la revoltura, el hielo agregado si aplica, el agua libre de los agregados y aditivos.

- Adiciones y aditivos

Los aditivos líquidos pueden dosificarse, por masa o por volumen, ambos con una tolerancia de $\pm 3\%$ de la cantidad requerida. Los aditivos y adicionados en polvo deben dosificarse por masa y cumplir con la misma tolerancia que los aditivos líquidos.

- Requisitos para el equipo de dosificación

Depósitos y tolvas

Las plantas dosificadoras deben ser provistas de depósitos con compartimentos separados, adecuados para el agregado fino y para cada uno de los tamaños de agregado grueso utilizados.

Cada compartimento debe ser diseñado y operado de forma que la descarga de la tolva báscula sea sin obstáculos, eficiente y con una segregación mínima.

Tiene que tener instrumentos de control, que interrumpan la descarga del material en el momento que la tolva báscula contenga la cantidad deseada.

Básculas

El error máximo permitido o error lineal en el rango de uso, es de $\pm 0.4\%$ de su capacidad total. Para la verificación y calibración de las básculas, se requiere de equipo calibrado.

Deben estar equipadas con un indicador suficientemente sensible para mostrar movimientos, cada una masa igual al 0.1 % de la capacidad nominal de la báscula se coloque sobre ella a partir del 10% de la capacidad de la báscula.

Medidores de agua

El equipo de medición del aditivo debe proporcionar a la revoltura la cantidad requerida con la tolerancia establecidas en la NMX-C-15-2014 en la sección 7.1.3, deben arreglarse de tal forma que las mediciones no sean afectadas por variaciones de presión en la tubería de abastecimiento del agua y los tanques de medición deben estar equipados con vertederos y válvulas para su calibración.

Medidores de aditivos

El equipo de medición del aditivo debe proporcionar a la revoltura la cantidad requerida con la tolerancia establecida y debe contar con válvulas y vertederos para su calibración, a menos que se proporcionen otros medios para determinar con exactitud y rápidamente la cantidad de aditivo.

Mezcladoras y revolvedoras

Pueden ser estacionarias o camiones mezcladores

Mezcladoras estacionarias

Es recomendable que tengan una o más placas metálicas en las cuales esté marcada la velocidad de mezclado de la olla, y la capacidad máxima en términos de volumen de concreto mezclado cuando es utilizada para mezclar totalmente el concreto. Deben equiparse con dispositivos que permitan controlar el tiempo de mezclado.

Camión mezclador o agitador

Es recomendable que una o más placas de metal sean colocadas en un lugar visible del camión mezclador o agitador, en las cuales estén claramente identificadas las capacidades de la unidad en términos del volumen, como mezcladores y como agitador y velocidad mínima de rotación de la olla, aspás o paletas. Cuando el concreto es parcialmente mezclado en una mezcladora estacionaria y es agitado en la unidad durante su traslado a la obra, el volumen del concreto no debe exceder de 80% del volumen total de la unidad. Cuando el concreto es totalmente mezclado en la mezcladora estacionaria y únicamente es agitado en la unidad durante su traslado a la obra, el volumen del concreto no debe exceder de 80% del volumen total de la unidad.

- Requisitos de mezclado

El concreto debe ser mezclado por medio de una de las combinaciones de operación y debe verificarse la eficiencia de mezclado del concreto de acuerdo con los requisitos de uniformidad que se indican en la tabla 12 de la norma NMX-C-155-ONNCCE.

Concreto mezclado en planta

Las mezcladoras deben ser operadas dentro de los límites de capacidad y velocidad designados por el productor del equipo.

El tiempo de mezclado debe ser medido desde el momento en que estén todos los materiales en el interior de la mezcladora, incluyendo agua.

Cuando no se realizan ensayos de uniformidad de mezclado, el tiempo aceptable para revolvedoras que tengan una capacidad de 1 m³ o menos y su revenimiento del concreto sea mayor de 5 cm, no debe ser menor de 1 minuto. Para mezcladoras de mayor capacidad, el tiempo mínimo indicado debe ser aumentando en 15 segundos por cada m³ o fracción de capacidad adicional.

Concreto mezclado parcialmente en la planta

En esta operación se inicia el mezclado del concreto en una revolvedora estacionaria y se completa en el camión mezclador.

El tiempo de mezclado en la envoltura estacionaria puede ser exclusivamente el requerido para entremezclar los ingredientes y después de cargar el camión mezclador es recomendable un mezclado adicional a la velocidad de mezclado recomendada por el productor, para que el concreto alcance los requisitos que se indican en la tabla 12 de la norma NMX-C-155-ONNCCE.

Concreto mezclado en camión

Cuando el concreto es mezclado en el tambor totalmente, se requieren de 70 revoluciones a 100 revoluciones a la velocidad de mezclado indicada por el fabricante del equipo, antes de tomar la muestra.

5. Transporte y entrega del concreto

La descarga total del concreto debe hacerse dentro de la hora y media posterior a la introducción inicial del agua de mezclado, siempre y cuando no se empleen aditivos modificadores del tiempo de fraguado. El tiempo se puede modificar por un acuerdo entre el productor y el usuario en función de condiciones ambientales, lugar y tipo de obra, características del concreto y aditivo empleados. El responsable de la calidad del concreto en estado fresco antes de la llegada a la obra es el productor, una vez que es aceptado, la responsabilidad corresponde al usuario.

Cuando un camión mezclador o agitadores utiliza para transportar concreto mezclado o completamente el revolvedoras estacionarias, durante el transporte la olla debe girar a una velocidad de agitación de 2 rev/min a 6 rev/min.

6. Bases de contratación

6.1 Clasificación

La contratación del concreto industrializado/ premezclado se clasifican en tres grupo, según la forma de cómo se deslindan las responsabilidades del diseño entre el productor y usuario.

Los tres grupos en los que se clasifica la contratación del concreto hidráulico industrializado son:

Grupo 1: El usuario asume la responsabilidad del diseño y especifica:

- a) Las fuentes de abastecimiento de los componentes del concreto
- b) El contenido de cemento en Kg / m³, de concreto fresco
- c) El contenido de agua, el litro / m³ de concreto con agregados en condición de saturados y superficialmente secos.
- d) Dosificación de grava y arena
- e) Cuando es requerido el empleo de un aditivo, debe especificarse el tipo, nombre y dosificación del mismo.

El responsable de seleccionar las cantidades de los materiales que intervienen en el concreto, deben considerarse requisitos de trabajabilidad, colocación, durabilidad y masa unitaria en adicción a aquellos de diseño estructural.

La información proporcionada por el usuario y aceptada por el productor, deberá archivar en planta, asignándole una clave, la cual se incluye en la remisión de entrega.

Grupo 2: El productor asume la responsabilidad del diseño

El usuario debe especificar los requisitos del concreto solicitado.

Grupo 3: El productor asume la responsabilidad del diseño y el usuario fija el contenido mínimo de cemento.

El usuario debe especificar, además de lo que aplica en el punto 9.2 de la NMX-C-155-ONNCCE-2014, el contenido mínimo de cemento, en Kg / m³ de concreto en estado fresco.

6.2 Datos del pedido

Los datos del pedido de concreto deben ser los siguientes y deben aparecer en la notas de remisión de las entregas:

Nombre del solicitante, lugar de entrega, número de la norma, cantidad de m³ de concreto fresco, resistencia especificada a compresión en MPa (Kg /cm²), tamaño máximo nominal del agregado grueso, revenimiento solicitado en el lugar de entrega, información sobre la durabilidad, etc.

6.3 Aceptación y entrega

6.3.1 Aceptación

En caso de que la resistencia a la compresión sea la base de aceptación y cuando los resultados de ensayos de resistencia obtenidos por laboratorios autorizado por las partes que intervienen durante la obra, en muestras obtenidas de la unidad de transporte, en el punto de entrega y realizadas siguiendo las normas correspondientes, no cumplan con la especificaciones en el punto 5.3 de la norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2014.

6.3.2 Entrega

En caso de que el usuario no esté listo para recibir el concreto, el productor no tiene responsabilidad por las limitaciones de revenimiento mínimo y contenido de aire después de un periodo total de espera de 30 minutos a la velocidad de agitación y de aquí en adelante, el usuario debe asumir la responsabilidad sobre las condiciones del concreto.

6.3.3 Responsabilidades

El responsable de la calidad del producto a pie de obra conforme a las especificaciones solicitadas por el usuario, es el productor del mismo.

El responsable de mantener la calidad del concreto entregado a pie de obra, del transporte dentro de en la obra, de su colocación, acomodo, consolidación, curado, es el usuario.

El propietario de la obra puede delegar la responsabilidad del cumplimiento de los requisitos especificados en la norma. NMX-C-155-ONNCCE-2014.

Capítulo 1

NMX- C- 161- ONNCCE- 2013 / ASTM- C-172-14

“Método de ensayo estándar para el muestreo de concreto recién mezclado”

El presente análisis tomó como referencia la norma mexicana editada por el ONNCCE NMX-C-161-2013 y la norma internacional ASTM-C-172-201-14
Para obtener las normas completas consultar: www.astm.org
www.onncce.org.mx

NMX- C- 161- ONNCCE- 2013 / ASTM- C- 172-14

“Método de ensayo estándar para el muestreo de concreto recién mezclado”

PREÁMBULO

La norma **ASTM-C-172** describe el procedimiento para obtener y preparar la muestra de concreto que se probará en campo proveniente de diferentes tipos de equipos de mezclado y/o agitación.

Es común que en la práctica se realicen malos procedimientos para obtener la muestra de concreto cuando es descargado en la obra para evaluar las características del concreto fresco. Por lo que es evidente la necesidad de que una muestra sea representativa.

Para asegurar precisión en los ensayos para la evaluación de la muestra de concreto verdaderamente representativa, es importante tomar todas las precauciones y medidas necesarias para muestrear y preparar el concreto recién mezclado. Por lo tanto, esta norma describe la forma correcta de muestrear y resguardar el concreto que será evaluado posteriormente para su cumplimiento en las especificaciones técnicas.

ASTM-C-172-14

Método de ensaye estándar para el muestreo de concreto recién mezclado

Alcance

Esta norma indica los procedimientos para obtener muestras de concreto fresco entregado en la obra proveniente de los diferentes tipos de suministros, obteniendo una muestra representativa del concreto fresco entregado en campo para poder determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad de las especificaciones bajo las cuales el concreto será suministrado.

Los suministros de concreto para la obtención de la muestra son: mezcladoras estacionarias, de pavimentadoras, camiones mezcladores, y de equipo agitador o no agitador utilizados para transportar concreto mezclado en planta central.

Obtención de la muestra:

Para la obtención de la muestra el tiempo máximo debe ser de 15 minutos entre la primera y la última porción de la muestra compuesta.

Este procedimiento requiere de muestras compuestas y es recomendable el muestreo al azar.

Transportar las porciones individuales al lugar donde se ejecutaran los ensayos o en donde los especímenes serán moldeados. Estas deberán combinarse y re mezclarse con un cucharón o una pala hasta asegurar la uniformidad de la muestra compuesta.

Inicie las pruebas de revenimiento, temperatura y contenido de aire dentro de los primeros 5 minutos después de haber obtenido la porción final de la muestra compuesta. Iniciar la elaboración de cilindros para ensayo de resistencia dentro de los 15 minutos después de haber obtenido la porción final de la muestra compuesta.

La muestra debe protegerse del sol, viento y otros factores de evaporación así como de evitar la contaminación de la mezcla. El procedimiento para cada uno de los diferentes suministros de concreto es el siguiente:

I. Tamaño de la muestra

Para ensayos de resistencia las muestras deben ser como mínimo de 28L (1ft³). Para ensayos de rutina como el contenido de aire, temperatura y revenimiento, las muestras pueden ser de un tamaño menor.

Los procedimientos utilizados en el muestreo deberán incluir todas las precauciones las cuales ayudan a obtener muestras realmente representativas del concreto.

II. Muestreo en Pavimentadoras

Obtenga la muestra de concreto hasta que la revoltura se haya descargado al 100%, posteriormente obtenga muestras simples de al menos 5 diferentes porciones de la pila y combínelas para formar la muestra compuesta.

Evitar contaminación con material de la capa de apoyo o el contacto prolongado con subrasantes absorbentes antes del muestreo. Para evitar esta situación colocar 3 recipientes sobre la capa de apoyo y descargar el concreto sobre los recipientes de forma cruzada, a continuación combinar las muestras y homogenizar para obtener una muestra compuesta para los ensayos correspondientes.

III. Muestreo en Mezcladoras Estacionarias, Excepto de Pavimentadoras

La muestra de concreto se obtiene tomando dos o más porciones a intervalos regularmente espaciados en la parte media de la descarga y combinarlos para formar una muestra compuesta.

Para obtener la muestra de concreto, debe pasar un recipiente completamente a través del flujo de la descarga en dos o más intervalos, si no es así desviar el flujo completo de la descarga hacia un recipiente o contenedor suficientemente grande para vaciar la revoltura, cuidando de no restringir el flujo del concreto para evitar segregación. Ninguna muestra deberá ser tomada antes de que se haya descargado el 10% de la mezcla o después del 90%.

IV. Muestreo de Camiones Mezcladores de Tambor Giratorio o Agitadores

Obtenga la muestra del concreto tomando dos o más porciones a intervalos regularmente espaciados en la parte media de la descarga o desviando el flujo de la descarga a un contenedor o carretilla o pasando un recipiente en dos o más intervalos regularmente espaciados. La velocidad de descarga del concreto se regula con la velocidad de las revoluciones de la olla revolvedora.

Nota: En cualquier caso, no se deberá tomar muestras hasta que toda el agua y todos los aditivos hayan sido agregados al camión mezclador o agitador.

V. Muestreo de mezcladoras continuas

Obtener la muestra después de que la revoltura tenga el color y la consistencia uniforme, tomando dos o más porciones a intervalos regularmente espaciados durante la descarga del concreto dentro del tiempo especificado de 15 minutos y posteriormente combinarlos para formar la muestra compuesta, las porciones se recolectaran desviando el flujo de la descarga a un contenedor o carretilla o pasando un recipiente para interceptar el flujo del concreto.

VI. Muestreo de Camiones Mezcladores Abiertos, Agitadores, Equipo no Agitador u otro tipo de Contenedores Abiertos

Obtener la muestra por cualquiera de los procedimientos antes descritos, eligiendo el método que más se adapte a las condiciones de suministro.

Cuando el concreto tiene agregado de tamaño máximo mayor al requerido para el tamaño de moldes, el procedimiento es el siguiente:

Equipo:

- **Malla** - Conforme a la norma ASTM E11
Recipiente de tamaño adecuado y material no reactivo y no absorbente.
- **Agitador mecánico para cribado en húmedo del concreto fresco** - Tamaño adecuado para las cribas utilizadas y que pueda agitar eficientemente con un movimiento horizontal.
- **Herramientas** - Palas, cucharas de mano, llana plana y guantes de hule".

Procedimiento

1. Seleccionar la malla para eliminar el agregado de tamaño mayor al máximo especificado.
2. Colocar sobre la malla una capa de concreto de espesor igual al tamaño de la partícula mayor del agregado.
3. Cribar la mezcla sobre un recipiente ya sea en forma mecánica o manual. El agregado retenido en la malla se retira sin eliminar el mortero adherido a la superficie de las partículas. Una vez cribada toda la muestra se recupera el mortero adherido a la malla y se incorpora a la muestra cribada la cual se remezcla con el cucharón para restituir la homogeneidad de la muestra y realizar los ensayos correspondientes.

Bibliografía

- ASTM E 11 Specification for wire-cloth and sieves for testing purpose.
- ASTM C-685/C685M Specification for Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous Mixing.

NMX-C-161-ONNCCE-2013

“Industria de la Construcción – Concreto Fresco – Muestreo”

Objetivo y Alcance

Esta norma describe los procedimientos para obtener muestras que sean representativas del concreto fresco entregado en campo, para realizar las pruebas correspondientes y determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad.

Esta norma señala los procedimientos para la obtención de la muestra de concreto como se entrega en la obra, en planta o procedente de mezcladoras estacionarias, de pavimentadoras y de camiones mezcladores, agitadores o de volteo u otros contenedores.

Para realizar estos procedimientos, se requiere del siguiente equipo:

- **Recipiente** - Con capacidad mínima de 15 L; impermeable, limpio y no absorbente ni reactivo con los componentes del concreto y en el que se pueda re mezclar el concreto. Puede ser una charola o carretilla preferentemente de acero.
- **Cucharón** – De material impermeable y limpio, con capacidad y forma adecuada que evite la pérdida de material por sus costados.

Obtención de la muestra

El muestreo se realiza en las condiciones ambientales que prevalezcan en el lugar:

1. Tomar la muestra hasta que el concreto tenga todos los ingredientes y la mezcla sea homogénea. El tiempo para la obtención de la muestra desde la primera hasta la última porción no debe ser mayor a 15 min.

El tamaño de la muestra debe ser el suficiente para elaborar los ensayos programados. La

muestra se debe proteger contra el sol, viento, evaporación rápida y contaminación.

2. Transportar sin pérdida de material hacia el lugar donde se llevaran a cabo las pruebas correspondientes, antes de la ejecución de cada una se debe homogenizar la muestra.

Muestreo de Mezcladoras estacionarias (fija y basculantes)

Obtener interceptando el flujo completo de la descarga de la mezcladora con un recipiente aproximadamente a la mitad de la descarga o desviando el flujo de la descarga a un recipiente sin segregar el concreto.

Muestreo de Pavimentadoras

Tomar la muestra después de que el concreto se haya descargado totalmente, tomar porciones simples en por lo menos 5 puntos diferentes, combinarlas y re mezclar para

formar una muestra compuesta antes de iniciar con los ensayos correspondientes.
Tener cuidado de evitar pérdida de agua y la contaminación con la capa de apoyo.

Muestreo de la olla de camión mezclador o agitador Muestreo en planta

premezcladora:

Esperar 7 minutos a la velocidad de mezclado de una olla revolvente, despuntar un volumen mínimo de 10 litros y tomar la muestra con el recipiente interceptando el flujo completo del canalón.

Muestreo en obra

Para verificar el cumplimiento del revenimiento para aceptar o rechazar el concreto tomar una muestra al inicio de la descarga previo despunte de un volumen de 10 litros, tomar la muestra con el recipiente interceptando el flujo completo del canalón.

Aceptada la revolutura, la muestra para los restantes ensayos se toma entre el 15% y el 85% de la descarga interceptando con el recipiente el flujo completo de la descarga o desviando el flujo de la descarga a un contenedor o recipiente cuidando que no se presente segregación, la velocidad de la descarga se controla por medio de las revoluciones del camión y no por la abertura de la compuerta.

Muestreo de camión caja, con o sin agitadores, de volteo u otros tipos de contenedores Las muestras se deben obtener por cualquiera de los métodos anteriores, dependiendo de cuál sea más aplicable de acuerdo a las condiciones dadas.

Muestreo

Preguntas de Estudio Método de ensayo estándar para el muestreo de concreto recién mezclado (ASTM C 172).

Bibliografía

- ASTM-C-172-14 “Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete”
- NOM-008-SCFI-2002 “Sistema General de Unidades de Medida”
- NMX-C-251-1997-ONNCCE “Industria de la Construcción – Concreto – Terminología
- * ASTM C172/172M-14 Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete
- ** NMX-C-161-ONNCCE-2013 Industria de la Construcción-Concreto Fresco-

Preguntas de Estudio

Práctica normalizada para muestreo de concreto recién mezclado (ASTM C 172)

- 1.- La norma menciona los procedimientos de obtención de muestras de concreto fresco de los siguientes suministros:
 - a) Camiones revolvedores, mezcladores industriales y carretillas
 - b) Mezcladoras estacionarias, pavimentadoras y camiones mezcladores, equipo agitador o no, para transportar concreto mezclado
 - c) Mezcladores en movimiento y equipo de pavimentos especiales
 - d) Unidades de transporte como camiones revolvedores y mezcladores de laboratorio

- 2.- Para la obtención de la muestra el tiempo máximo entre la primera y última porción de la muestra compuesta es de:
 - a) 15 min
 - b) 12 min
 - c) 10 min
 - d) 5 min

- 3.- Las pruebas de revenimiento, temperatura, contenido de aire se realizan dentro de los primeros _____ después de haber obtenido la porción final de la muestra compuesta.
 - a) 2 min
 - b) 3 min
 - c) 5 min
 - d) 7 min

- 4.- La muestra obtenida deberá ser protegida de:
 - a) Agua y el ataque de sulfatos
 - b) Agua y luz del sol
 - c) Sol, viento y otros factores de evaporación así como de evitar la contaminación de la mezcla
 - d) Cambios de temperatura constantes

- 5.- Si se utiliza la muestra de concreto para elaborar especímenes para ensayos de resistencia éstos deberán ser de al menos:
 - a) 20 Litros
 - b) 22 Litros
 - c) 25 Litros
 - d) 28 Litros

- 6.- Para el caso de muestreo en mezcladoras estacionarias la muestra de concreto de obtiene tomando al menos 2 o más porciones de la descarga a intervalos espaciados en la parte media de la descarga, ¿verdadero o falso?
 - a) Verdadero
 - b) Falso

7.- En el caso de muestreo en pavimentadoras, se toma la muestra a la mitad de la descarga, y en 2 o más porciones.

- a) Verdadero
- b) Falso

NMX-C-161-ONNCCE-2013

1. La muestra debe tomarse cuando:

- a) Se incorporen los ingredientes a excepción de los aditivos
- b) Todos los ingredientes hayan sido incorporados, pero sin homogeneizar
- c) Todos los ingredientes se hayan incorporado y la mezcla sea homogénea
- d) Hayan transcurrido 15 minutos

2.- El tamaño de la muestra debe ser:

- a) Al menos 25 litros
- b) No mayor a 30 Litros
- c) De un tamaño suficiente para elaborar los ensayos programados
- d) De 28 L

3.- En el muestreo de pavimentadoras se deben tomar por lo menos ____ puntos diferentes, y se deben combinar las muestras y re mezclar para formar una muestra compuesta

- a) 2
- b) 3
- c) 4
- d) 5

4.- Cuando se realiza un muestreo en la planta pre mezcladora se debe de esperar ____ minutos a la velocidad de mezclado de una olla revolvedora y se debe despuntar un volumen mínimo de ____ Litros

- a) 7 minutos, 10 Litros
- b) 5 minutos, 15 Litros
- c) 3 minutos, 28 Litros
- d) 5 minutos, 10 Litros

5.- Para verificar el cumplimiento del revenimiento para la aceptación o el rechazo del concreto se debe obtener una muestra al inicio de la descarga previo al despunte de un volumen de ____ litros.

- a) 2
- b) 5
- c) 7
- d) 10

CONCLUSIÓN

NMX-C-161/ASTM-C-172 MUESTREO

La norma mexicana inicia con un prefacio el cual nos indica las instituciones que participaron en la elaboración de esta norma y en la ASTM no existe este prefacio, solo se menciona en una nota que está bajo la jurisdicción del comité C 09

En la norma mexicana el objetivo y el campo de aplicación es muy escueto, la norma ASTM hace su alcance más detallado en cuanto a las características del concreto. En la ASTM se señala claramente que el procedimiento inicia con la elaboración de una mezcla compuesta mientras que en la norma mexicana no siempre se exige la elaboración de mezcla compuesta.

Durante el procedimiento, la norma americana integra como hacer el tratamiento cuando se tiene tamaños más grandes del agregado en el concreto y en la norma mexicana este procedimiento se manda a un apéndice informativo, otro punto de discrepancia es que en la norma ASTM establece un volumen mínimo de muestra de (28L) para ensayos de resistencia mientras que en la norma NMX señala que el volumen de muestra a obtener debe ser suficiente para realizar todos los ensayos programados.

En esta norma, la ASTM indica que el tiempo para realizar las pruebas de revenimiento, temperatura y contenido de aire, las cuales se deben realizar dentro de los 5 min después de obtener la porción final de la muestra compuesta y señala que se deben realizar los especímenes de resistencia dentro de los 15 minutos después de fabricar la muestra compuesta. Mientras que en la norma mexicana solo menciona el tiempo para obtener la muestra compuesta.

La norma mexicana señala que se debe concluir con un informe con los datos del concreto, y la norma ASTM no hace mención alguna.

Por lo anterior, se concluye que la norma ASTM es más amplia en su descripción que la norma mexicana.

Capítulo 2

NMX- C- 435- ONNCCE- 2010 /ASTM- C- 1064-12

“Método de ensayo estándar para la medición de la temperatura del concreto fresco de cemento hidráulico”

El presente análisis tomó como referencia la norma mexicana editada por el ONNCCE NMX-C-435-2010 y la norma internacional ASTM-C-1064-12
Para obtener las normas completas consultar: www.astm.org
www.onncce.org.mx

NMX- C- 435- ONNCCE- 2010 / ASTM- C- 1064-12

“Método de ensaye estándar para la medición de la temperatura del concreto fresco de cemento hidráulico”

PREÁMBULO

La temperatura es una de las características que influyen en el comportamiento del concreto. Dependiendo de la temperatura se estima el tiempo de fraguado y la evolución de la resistencia del concreto. También se puede utilizar el tipo y tiempo de protección y curado requeridos.

La norma ASTM-C-1064 establece el método para determinar la temperatura acorde a los límites establecidos, utilizándola se pueden solucionar problemas a corto plazo y prevenir los de largo plazo. Mientras más alta sea la temperatura inicial el concreto tenderá a tener una resistencia mayor en un principio y menor en una etapa posterior, lo que influirá en su calidad. En el concreto colocado y curado a temperaturas bajas la resistencia se desarrolla a una velocidad menor pero tendrá una resistencia mayor a edades posteriores. Al evaluar distintos tipos de concreto es necesario en el estudio que la temperatura de mezclado de cada uno de ellos sea igual. La temperatura del concreto influye también en el comportamiento de los aditivos químicos y de los materiales puzolánicos.

ASTM-C-1064-12**Método de ensaye estándar para la medición de temperatura del concreto fresco de cemento hidráulico.****Alcance y Uso**

Este método se utiliza para determinar la temperatura del concreto recién mezclado en el momento del muestreo siendo un apoyo para corroborar que las especificaciones de solicitud del concreto para la obra, en el proyecto sean las mismas que se solicitaron a la planta.

La medición de la temperatura representa la temperatura del concreto al momento de realizar el ensayo y puede no ser el mismo valor de temperatura del concreto fresco en un tiempo posterior.

Concreto elaborado con agregado grueso mayor a 3 pulgadas (75 mm) puede ser necesario dejar estabilizar la temperatura hasta 20 minutos para después hacer la medición.

Equipo

Para la realización del siguiente método se requiere del siguiente equipo:

- **Recipiente** – Debe ser de tamaño tal que al menos 75 mm (3 pulgadas) de concreto cubran el sensor de temperatura en todas las direcciones, además de que también debe cumplir con un mínimo de tres veces mayor que el tamaño máximo del agregado grueso.
- **Medidor de temperatura** –La exactitud en la medición debe ser de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ [$\pm 1^{\circ}\text{F}$] y dentro del rango de 0°C hasta 50°C [30° hasta 120°F]. El termómetro debe permitir una inmersión mínima de 75 mm (3”) durante el ensayo. Estos equipos deben verificarse cada año o cada que exista duda en su exactitud.
- **Medidor de temperatura de referencia** – Debe tener una exactitud de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ [0.5°F]. El equipo debe contar con su certificado o un reporte de verificación para demostrar su exactitud y rastreabilidad. Los termómetros de líquido en vidrio deben verificarse una vez. Los termómetros de lectura directa deben verificarse cada 12 meses.

La verificación del termómetro de medición se realiza por comparación de lectura directa con el termómetro de referencia en dos puntos con diferencia de 15°C utilizando aceite u otro líquido que mantenga una densidad uniforme. Mantener el baño a una temperatura constante de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ durante el proceso. Suspender ambos termómetro asegurándose de que no toquen el fondo ni los lados del baño y mantener durante 5 minutos mínimo antes de realizar la medición en los puntos seleccionados. Rechazar el termómetro de medición si hay diferencia de 0.5°C en los puntos medidos con respecto al termómetro de referencia.

Obtención de la muestra

La medición de la temperatura del concreto fresco se puede realizar en el equipo de transporte o en las cimbras después de la descarga del concreto en el campo cuidando que el sensor del termómetro quede cubierto al menos por 75 mm (3") de concreto en todas direcciones.

En caso de medir la temperatura usando un recipiente, éste debe ser humedecido antes de hacer el muestreo de concreto como se menciona en la norma ASTM-C-172. Si el único objetivo de hacer un muestreo es sólo para realizar la medición de la temperatura, no es necesario tener una muestra compuesta, pero si la muestra de concreto se utilizara para hacer pruebas aleatorias a la medición de la temperatura, si es necesario obtener una muestra compuesta.

Procedimiento

Se introduce el medidor de temperatura hasta la marca recomendada de tal manera que exista una capa del 75 mm de concreto en todas las direcciones del mismo. Presione suavemente la superficie del concreto alrededor del dispositivo para cerrar los vacíos y evitar alteraciones en la medición. Realice la medición de la temperatura entre los 2 y 5 minutos después de sumergir el equipo registrándola al valor más cercano con aproximación de 0.5°C [1 °F]. No remover el medidor de temperatura mientras se tome la temperatura.

Precisión y sesgo

Desviación estándar de un operador: 0.3°C [0.5 °F].

Desviación estándar de dos ensayos realizados por el mismo operador sobre la misma muestra: 0.7 °C [1.3 °F].

Desviación estándar de varios operadores sobre la misma muestra es de 0.4°C [0.7°F].

Dos ensayos realizados por diferentes operadores pero sobre la misma muestra la medición no debe variar en más de 1.1 °C [1.9 °F].

En esta norma no se ha determinado el sesgo.

Bibliografía

- ASTM C 172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete.
- ASTM C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials.

NMX-C-435-ONNCCE-2010**“Industria de la construcción – concreto hidráulico – Determinación de la temperatura del concreto fresco”****Objetivo y Alcance**

Esta norma determina la temperatura de concreto fresco y se utiliza para verificar el cumplimiento de la especificación establecida.

Equipo

- **Recipiente-** Los materiales permitidos en la elaboración del recipiente, deben ser tales que no afecten el contenido de agua del concreto y de tamaño de tal manera que tenga 75 mm de concreto en todas direcciones alrededor del termómetro.
- **Dispositivo de medición de temperatura-** Con resolución de $\pm 1,0$ K ($\pm 1,0$ °C) o menor, con un intervalo mínimo de 273 K a 323 K (0 °C a 50 °C), de inmersión parcial de al menos 75mm. Debe contar con una calibración anual

Se deben evitar factores que afecten la medición de la temperatura en el concreto fresco como son corrientes de aire, exposición al sol directo, y todo aquello que afecte la temperatura del concreto.

Obtención de la muestra.

Puede realizarse la medición de la temperatura en el equipo de transporte o en el contenedor una vez ya descargado el concreto siempre y cuando el sensor este cubierto con concreto mínimo 75 mm en todas las direcciones del mismo.

En caso de hacer un muestreo se debe apegar a la norma **NMX-C-161-ONNCCE**. No es necesaria una muestra compuesta si solo se realizara la medición de la temperatura.

La verificación de cada termómetro de medición se realiza por comparación de lectura directa con el termómetro de referencia en dos puntos con diferencia de 15 °C utilizando aceite u otro líquido que mantenga una densidad uniforme. Mantener el baño a una temperatura constante conocida con una tolerancia de ± 0.2 °C (± 0.2 K) durante el proceso haciendo circular el líquido para mantener la temperatura uniforme. Introducir ambos termómetros mínimo durante 5 minutos antes de tomar las lecturas en los puntos seleccionados.

Procedimiento

Sumergir el termómetro en el concreto fresco un mínimo de 75 mm presionando suavemente alrededor del dispositivo para evitar que la temperatura ambiente afecte el resultado. Se debe realizar la lectura de la temperatura después de transcurrir como mínimo 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice que es cuando la variación no es mayor a 0.5 °C en 1 minuto. Cuando el concreto contiene agregado grueso mayor a 75 mm se puede requerir más de 20 minutos para que la lectura se estabilice.

El ensayo debe realizarse dentro de los 5 minutos después de obtenida la muestra.

Precisión

Desviación estándar para un solo operador: 0.3°C.

Desviación estándar en dos determinaciones por un mismo operador: 0.8 °C

Desviación estándar para varios operadores: 0.7°C. Al tener dos determinaciones obtenidas por dos o más operadores no deben diferir en más de 2,0 °C.

Informe del ensayo

El informe de resultados debe contener la siguiente información:

- La temperatura medida del concreto fresco con aproximación de 1°C
- Fecha
- Identificación de la muestra
- Referencia del método

Bibliografía

- ASTM C1064/1064M-12 Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete
- ASTM C1064/1064M-12 Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete
- NMX-C-435-ONNCCE-2010 Industria de la Construcción-Concreto Hidráulico-Determinación de la Temperatura del Concreto Fresco.

Preguntas de Estudio

ASTM-C-1064-12

“Método de ensaye estándar para la medición de temperatura de concreto fresco con cemento hidráulico”

1. ¿Qué cantidad de concreto debe cubrir el sensor del termómetro en todas sus direcciones para tener una medición correcta de acuerdo a la norma?
 - a) 2 ½ pulgadas (64mm)
 - b) 2 ¾ pulgadas (70mm)
 - c) 3 pulgadas (75mm)
 - d) 3 ¼ pulgadas (83mm)
2. ¿Qué rango de medición debe tener el dispositivo para realizar el registro de la temperatura en el concreto fresco?
 - a) 20 a 110°F (0 a 40°C)
 - b) 30 a 120°F (0 a 50°C)
 - c) 25 a 115°F (0 a 45°C)
 - d) 35 a 130°F (0 a 60°F)
3. ¿El dispositivo para medir la temperatura deberá ser calibrado cada...?
 - a) cada 12 meses o cuando se dude de su medición
 - b) cada 18 meses o cuando sea necesario
 - c) cada 9 meses o cada uso
4. ¿La temperatura del concreto puede tomarse directamente en el camión transportador?
 - a) Falso
 - b) Verdadero
5. ¿La temperatura del concreto puede tomarse de la muestra que se encuentra en la carretilla?
 - a) Falso
 - b) Verdadero
6. ¿Si solo se va a realizar la medición de la temperatura, es necesaria una muestra compuesta?
 - a) Falso
 - b) Verdadero
7. ¿Qué se le deberá hacer al recipiente antes de colocar la muestra de concreto?
 - a) Golpear con un mazo
 - b) Limpiar el recipiente
 - c) Humedecer el recipiente
 - d) Mojar el recipiente

8. - El ensayo debe realizarse dentro de los primeros ____ después de haber obtenido la muestra

- a) 2
- b) 3
- c) 5
- d) 7

NMX-C-435-ONNCCE-2010

1.- El dispositivo de medición de temperatura debe tener una resolución de ____o menos , con un intervalo de temperatura mínimo de ____:

- a) 1°C , (0-30°C)
- b) 2°C (0-40°C)
- c) 3 °C (0-50°C)
- d) 1°C (1-50°C)

2.-En el caso de hacer un muestreo se debe apegar a la norma:

- a) NMX-C-161-ONNCCE
- b) NMX-C-162-ONNCCE
- c) NMX-C-160-ONNCCE
- d) NMX-C-170-ONNCCE

3.- El ensayo debe realizarse dentro de ____ minutos después de haber obtenido la muestra:

- a) 3 min
- b) 4 min
- c) 5min
- d) 7 min

4.- ¿Se puede realizar la medición de temperatura en el equipo de transporte o en el contenedor una vez descargado en concreto?

- a) Sí, siempre y cuando se mantenga una temperatura estable
- b) No se puede, únicamente en una cubeta o un recipiente hondo
- c) Sí, siempre y cuando cumpla que el sensor este cubierto 3 in en todas direcciones

CONCLUSIÓN

ASTM- C- 1064/ NMX- C- 435- ONNCCE- 2010 TEMPERATURA

En la norma ASTM existe un párrafo de significado y uso que indica que la determinación de la temperatura se restringe al momento en que fue determinada. La norma mexicana no hace esta aclaración. En el inciso de referencias en las ASTM incluyen la norma para la determinación de precisión y sesgo mientras que en la NMX solo hace referencia al método de muestreo y terminología.

En la ASTM no se hace referencia explícita en condiciones ambientales para realizar el ensayo y en las NMX si describe dichas características sobre condiciones ambientales en que debe realizarse la prueba.

En el momento de la lectura, en la norma ASTM se indica un tiempo no menor a 2 min y no mayor a 5 min en concretos con agregado de tamaño menor a 3" e indica que en tamaños mayores se puede tener un tiempo de más de 20 min, mientras que en la norma mexicana solo indica el tiempo mínimo de 2 min y un tiempo máximo que corresponde al momento en que se estabiliza la lectura.

En la ASTM se hace un reporte con una aproximación de 0.5°C y la NMX indica que se debe reportar la temperatura con aproximación de 1°C indicando también la fecha, identificación de la muestra y referencia del método.

Dentro de la precisión y sesgo existe una diferencia en valores, teniendo una mayor tolerancia en la norma mexicana.

Capítulo 3

NMX- C- 156- ONNCCE- 2010 /ASTM- C- 143-12

“Método de ensayo estándar para la determinación del revenimiento en el concreto a base de cemento hidráulico”

El presente análisis tomó como referencia la norma mexicana editada por el ONNCCE NMX-C-156-2010 y la norma internacional ASTM-C-143-12
Para obtener las normas completas consultar: www.astm.org

www.onncce.org.mx

NMX- C- 156- ONNCCE- 2010 / ASTM- C-143-12

“Método de ensaye estándar para la determinación del revenimiento en el concreto a base de cemento hidráulico”

PREÁMBULO

En el ensayo de revenimiento se tiene como finalidad evaluar la consistencia del concreto, la cual consiste en medir la fluidez y la movilidad relativa de la mezcla del concreto plástico.

La consistencia es originada principalmente por variaciones del contenido de agua en la mezcla y la absorción de los agregados, lo cual provoca un aumento o disminución del revenimiento del concreto; sin embargo, el revenimiento no mide el contenido de agua o la manejabilidad del concreto ya que diversos factores son causa de cambio en el revenimiento del concreto que no está relacionado directamente con el agua de mezclado.

De la misma forma puede presentarse una variación en la cantidad de agua y no presentarse ningún cambio notorio en el revenimiento del concreto. Elementos como: el contenido de aire, el uso de aditivos, las proporciones de la mezcla, la temperatura del concreto, densidad de los agregados, etc. puede causar un cambio en la cantidad de agua para obtener el revenimiento requerido.

ASTM-C-143-12

Método de ensaye estándar para determinación del revenimiento en el concreto a base de cemento hidráulico

Alcance

Este método indica el procedimiento para determinar el revenimiento del concreto y puede efectuarse tanto en el campo como en el laboratorio.

Este método no es aplicable a mezclas no plásticas y no cohesivas. Tampoco es aplicable para concreto con agregado gruesos mayores a 37.5 mm (1 1/2"). Si el tamaño de agregado grueso es mayor de 37.5 mm (1 1/2"), se debe tamizar y este método aplicara a la fracción de concreto que pase la malla de 1 1/2 pulgadas (37.5 mm)

Equipo

- **Molde** - Fabricado con material metálico o de plástico que sea suficientemente rígido, no absorbente y no sea dañado por la pasta de cemento. Los moldes metálicos deberán tener un espesor promedio de 1.5 mm (0.060") y ningún espesor individual menor de 1.15 mm (0.045"). Los moldes de plástico deberán tener un espesor promedio de 3 mm (0.125") y ningún espesor individual menor de 2.5 mm (0.100"). La forma del molde debe ser de cono truncado, con base inferior de 8 pulgadas (200 mm) de diámetro y base superior de 4 pulgadas (100 mm) de diámetro y altura de 12 pulgadas (300 mm), con una tolerancia de +/- 1/8 de pulgada (3mm). La base y la parte superior estarán abiertas y serán paralelas entre sí y formar ángulos rectos con el eje longitudinal del cono. Debe contar con estribos para apoyar los pies y asas como se muestran en la Figura 1. El molde será construido sin costura y el interior del molde liso. El molde deberá estar libre de abolladuras, deformaciones o mortero adherido. Es aceptable un molde que sea sujetable a una placa no absorbente. Se debe hacer una verificación del molde en la compra y al menos una vez cada año.
- **Varilla de compactación** - Debe ser de acero, de sección circular de 5/8 de pulgada (16 mm) \pm 1/16" (2 mm) de diámetro, 24 pulgadas (600 mm) de longitud máxima, contando con uno o ambos extremos redondeando con punta hemisférica.
- **Dispositivo de medición** - Se utilizará una regla o una cinta metálica o un instrumento similar de medición rígida o semi rígida marcado en intervalos de 1/4 de pulgada (o de 5 mm) o más pequeños con una extensión mínima de 12 pulgadas (300 mm).
- **Cucharón** de capacidad suficiente para que cada porción no se segregue y de forma adecuada para que no se derrame el concreto.

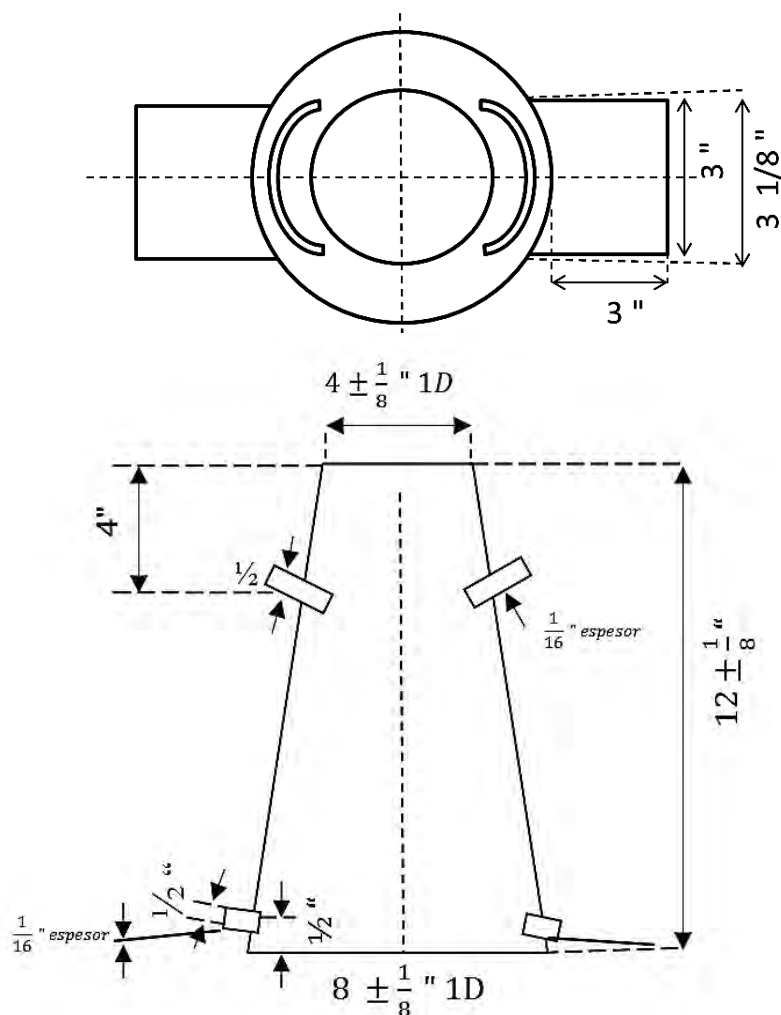


Figura 1. Dimensiones del cono de revenimiento

Muestra

La muestra de concreto debe obtenerse de acuerdo a la norma C 172.

Procedimiento

Humedecer el molde y colocar en una superficie uniforme, rígida, a nivel, no absorbente. El operador debe mantener los pies sobre los estribos, llenar en tres capas de igual volumen cada capa. El concreto será colocado en el molde por medio del cucharón para distribuir uniformemente el concreto con mínima segregación.

Cada capa se compacta con 25 golpes con la varilla de apisonamiento, distribuyendo uniformemente los golpes en toda la sección transversal de cada capa. En la capa del fondo la varilla se inclina ligeramente y se da la mitad de los golpes cerca del perímetro,

continuando con los golpes verticales de forma de espiral hacia el centro en todo su espesor. Compacte la segunda capa y la capa superior, de tal manera que los golpes penetren 25 mm (1") en la capa inferior. En la capa superior, el concreto debe exceder la capacidad del molde antes de empezar a varillar, mantenga este exceso sobre la superficie en todo momento. En caso de falta concreto detener el varillado y agregar más concreto y terminar con el varillado. Inmediatamente se empareja la superficie del concreto al ras del molde por rodamiento de la varilla. Mantenga fijo y firmemente el molde y remueva el concreto del área que rodea su base. Levante cuidadosamente en dirección vertical, el molde, a una altura de 12 pulgadas (300 mm) en 5 +/- 2 segundos, sin movimientos laterales o de torsión. El tiempo para realizar la prueba es de 2 ½ minutos.

Medir inmediatamente el revenimiento determinando el asentamiento del concreto en el centro original desplazado de la superficie superior del concreto. Si ocurriera la caída evidente de una porción, el desplome o el desprendimiento de una parte de la masa de concreto, se desecha la prueba y se hace una nueva prueba con otra porción representativa de la muestra. Si en este segundo ensayo se presenta nuevamente la misma falla se desecha la prueba porque el procedimiento no es aplicable a concretos no plásticos o con falta de cohesión.

Informe

Registre el revenimiento en pulgadas (milímetros) con aproximación de ¼ de pulgada (5mm) al valor más cercano.

Precisión y Sesgo

Los datos de precisión se aplican tanto a moldes metálicos como de plástico y para un solo operador. Ver tabla 1

Los resultados aceptables de dos ensayos apropiadamente realizados por el mismo operador sobre el mismo material no diferirán uno del otro más de los valores (d2s) de la última columna de la tabla 1

Precisión multilaboratorio - Ver tabla 1. Los resultados de un mismo material por dos diferentes laboratorios no diferirán uno del otro en más del valor (d2s) de la última columna de la tabla 1.

Tabla 1. Precisión del revenimiento y rangos aceptables

Revenimiento e índice del tipo	Desviación estándar 1s		Rango aceptable de dos resultados d2s	
	in	mm	in	mm
Precisión de un solo operador:				
Revenimiento 1,2 in (30 mm)	0.23	6	0.65	17
Revenimiento 3,4 in (85 mm)	0.38	9	1.07	25
Revenimiento 6,5 in (160 mm)	0.40	10	1.13	28
Precisión multilaboratorio:	in	mm	in	mm
Revenimiento 1,2 in (30 mm)	0.29	7	0.82	20
Revenimiento 3,4 in (85 mm)	0.39	10	1.19	28
Revenimiento 6,5 in (160 mm)	0.53	13	1.50	37

- C 172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete.
- ASTM C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials.

NMX-C-156-ONNCCE-2010

“Industria de la construcción-concreto hidráulico- determinación del revenimiento en el concreto fresco”

Objetivo y campo de aplicación

En esta norma se establecen los procedimientos para determinar la consistencia del concreto fresco por medio del método de ensayo conocido como revenimiento. Los resultados de este método son confiables en un intervalo de 2 a 20 cm y es aplicable para concreto premezclado o hecho en obra y con tamaño máximo nominal de agregado menor a 50mm.

Equipo

- **Molde** - De metal o cualquier otro material no absorbente, que no sea dañado por la pasta de cemento, rígido de forma de cono truncado de 20 cm, el diámetro mayor, de 10 cm el diámetro menor y 30 cm de altura. La base y la parte superior deben ser paralelas entre sí y formar un ángulo recto con el eje longitudinal del cono. Debe contar con dos estribos para apoyar los pies y dos asas para levantarlo, puede tener bridas o abrazaderas para sujetarlo a una base de material no absorbente. El interior del molde debe ser liso, libre de protuberancias, remaches, abolladuras y debe estar fabricado con junta o costura (Ver figura 1b). La tolerancia en las mediciones del molde es de ± 3 mm.

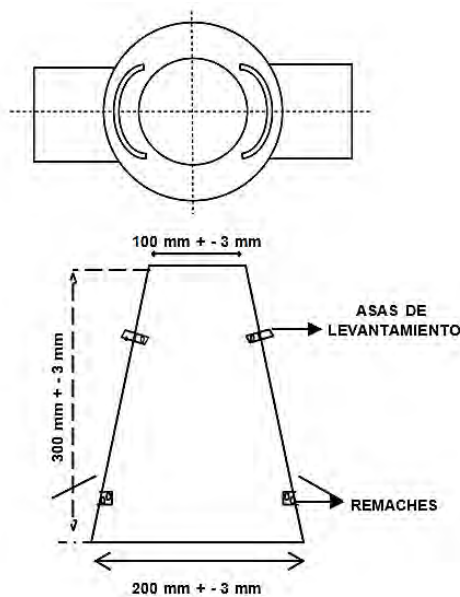


Figura 1b: Cono de revenimiento y dimensiones interiores.

- **Varilla para la compactación.** Barra de acero de sección circular con un diámetro de 16 mm (5/8" aproximadamente), recta con una longitud de 600 mm aproximadamente, lisa y con uno o ambos extremos de forma semiesférica del mismo diámetro de la varilla.
- Los materiales auxiliares en esta prueba son la pala, cucharón, guantes de hule y escala.

Preparación y acondicionamiento de la muestra

La muestra se obtiene de acuerdo a lo indicado en la NMX-C-161-ONNCCE. Posteriormente se remezcla el concreto con una pala o cucharón hasta quedar uniforme y se procede a efectuar el ensayo.

El ensayo no se debe efectuar en condiciones climáticas con viento, polvo o lluvia que pueden afectar el ensayo.

Procedimiento

Humedecer el molde, colocarlo en una capa rígida, plana, horizontal y no absorbente. Llenar el molde en 3 capas aproximadamente de igual volumen. La primera capa corresponde a una altura aproximada de 7 cm y la segunda capa a una altura aproximada de 15 cm; compactar cada capa con 25 inserciones de la varilla utilizando el extremo semiesférico. En la capa inicial inclinar la varilla ligeramente en la zona perimetral, aproximadamente la mitad de las inserciones, después con la varilla vertical avanzar en espiral hacia el centro. Compacte la segunda capa y la superior penetrando todo el espesor y aproximadamente 2 cm la capa anterior.

En la tercera colocar concreto por encima del molde antes de iniciar la compactación y si el concreto se asienta a un nivel inferior del borde superior del molde a la décima y/o vigésima penetración, agregue concreto en exceso para mantener su nivel por encima del borde del molde. Después de terminar la compactación de la última capa, enrase el concreto mediante un movimiento de rodamiento de la varilla, limpie la superficie exterior de la base del molde e inmediatamente levantar el molde verticalmente los 30 cm en un tiempo de $5\text{ s} \pm 2\text{ s}$ sin movimientos laterales o de torsión.

El ensayo desde el inicio del llenado hasta el izado del molde debe realizarse en un tiempo no mayor a 2.5 minutos.

El revenimiento se mide determinando el asentamiento del concreto a partir del nivel original de la base superior del molde hasta el centro desplazado de la superficie superior del concreto.

Si una porción del concreto cae o desliza hacia un lado, descartar el ensayo y efectuar otro con una nueva porción de la misma muestra.

Si dos ensayos consecutivos realizados con la misma muestra presentan fallas al caer parte del concreto a un lado, probablemente el concreto carece de la necesaria plasticidad y cohesividad; en este caso no es aplicable el ensayo de revenimiento. Esta situación se puede confirmar tomando una nueva muestra de la misma entrega.

Tabla 1b: Valor nominal de revenimiento y su tolerancia

Revenimiento nominal (mm)	Tolerancia (mm)
Menor de 50	± 15
De 50 a 100	± 25
Mayor de 100	± 35

Informe

El revenimiento debe reportarse con una aproximación de 1 cm El informe también debe incluir:

- Revenimiento obtenido en cm
- Revenimiento de proyecto en cm
- Tamaño máximo del agregado en mm
- Identificación del concreto

Precisión

- **Precisión de un solo operador** - La desviación estándar máxima es de 7 mm (1s) y dos determinaciones obtenidas por un mismo operador no deben diferir más de 20 mm (d2s).
- **Precisión varios operadores** - La desviación estándar máxima permitida es de 12,5 mm (1s) y dos determinaciones obtenidas por diferentes operadores no deben diferir más de 35 mm (d2s)

Dónde:

- 1s es la desviación estándar.
- d2s es el rango máximo permitido entre dos resultados.

Bibliografía

-
- NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida.
 - NMX-C-251-1997-ONNCCE-Industria de la Construcción-Concreto-Terminología
 - NMX-Z-013-SCFI-1977-Guía para la redacción y presentación de las normas mexicanas.
 - ASTM-C-143-12 Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement-Concrete

Preguntas de Estudio

Método de ensayo estándar para la determinación del revenimiento en el concreto a base de cemento hidráulico ASTM-C-143

1. ¿Cuál es el tamaño máximo del agregado que aplica para la prueba de revenimiento?
 - a) $\frac{3}{4}$ pulgada
 - b) $1 \frac{1}{2}$ pulgada
 - c) 2 pulgadas
 - d) 1 pulgada

2. ¿Qué forma debe tener el molde para hacer la prueba de revenimiento?
 - a) Cilindro
 - b) Viga
 - c) Cono truncado
 - d) Cono invertido

3. ¿Qué altura debe tener el cono de revenimiento?
 - a) 20 cm.
 - b) 15 cm.
 - c) 25 cm.
 - d) 30 cm.

4. ¿Qué forma debe tener uno o ambos extremos de la varilla de apisonamiento que se usa en la prueba de revenimiento?
 - a) Redondeada con forma hemisférica
 - b) Recta
 - c) De punta
 - d) Ninguna de las anteriores

5. La superficie sobre la que será colocado el cono de revenimiento debe de ser:
 - a) No absorbente
 - b) Humedecida
 - c) Plana
 - d) Rígida
 - e) Todas las anteriores

6. En cuantas capas se debe llenar el cono de revenimiento
 - a) 1
 - b) 3
 - c) 2
 - d) Ninguna de las anteriores

7. Cada capa deberá llenar aproximadamente ____ del volumen del molde
- a) Un medio
 - b) Un tercio
 - c) Un cuarto
8. ¿Qué espesor aproximado (medido verticalmente) debe tener la primera y la segunda capa?
- a) 7 y 16 cm.
 - b) 10 y 20 cm.
 - c) 9 y 18 cm.
 - d) 5 y 14 cm.
9. Al varillar la primera capa, la varilla de consolidación debe estar ____ a fin de distribuir uniformemente las penetraciones.
- a) Ligeramente inclinada.
 - b) Derecha
 - c) Inclinada y salir derecha
 - d) Derecha y salir inclinada
10. ¿En qué tiempo se debe levantar el cono de revenimiento después de ser llenado?
- a) 5 s.
 - b) De 3 a 7 s.
 - c) 5 ± 1 s
 - d) De 3 a 6 s.

NMX-C-156-ONNCCE-2010

1. ¿Qué profundidad debe penetrar la varilla de apisonamiento la segunda y tercer capa según la NMX?
- a) La profundidad de la capa
 - b) 1 pulgada antes de la capa
 - c) Toda la profundidad de la capa y aproximadamente 2 cm la capa anterior.
 - d) La mitad de la capa
2. El molde para realizar el ensayo debe ser de cualquier material absorbente, que no sea dañado por la pasta de cemento.
- a) Verdadero
 - b) Falso
3. ¿Qué forma debe de tener el molde que se utiliza para realizar la prueba?
- a) Prismática
 - b) Cono invertido
 - c) Cono truncado
 - d) Cilíndrico

4. ¿Cómo debe ser el interior del molde que se utiliza en el ensayo?
 - a) Rugoso
 - b) Con ranuras
 - c) Liso libre de remaches o abolladuras
 - d) No se menciona en la norma

5. El diámetro de la sección circular de la varilla de acero debe ser de :
 - a) 16 mm (5/8 in)
 - b) 10 mm (3/8 in)
 - c) 14 mm (1/2 in)
 - d) 25 mm (1 in)

6. El ensayo desde el inicio del llenado hasta el izado del molde se debe realizar en un tiempo no mayor a:
 - a) 1.5 minutos
 - b) 2 minutos
 - c) 2.5 minutos
 - d) 3 minutos

7. Si al realizar la prueba, una porción del concreto cae o se desliza a un lado, ¿qué pasa?
 - a) Se mide al centro original desplazado
 - b) Se descarta la prueba y se realiza nuevamente
 - c) Se descarta todo el concreto, puesto no tiene consistencia para realizar la prueba

8. Si dos ensayos consecutivos realizados utilizando la misma muestra presentan fallas al caer parte del concreto a un lado, ...
 - a) Realizar varios intentos hasta que resulte el esperado
 - b) Únicamente realizar otro intento más para verificar el concreto
 - c) No aplica el revenimiento, el concreto al parecer carece de plasticidad necesaria y cohesividad
 - d) Medir el revenimiento al centro original desplazado

CONCLUSIÓN

ASTM- C- 143-12 / NMX- C- 156- ONNCCE- 2010

REVENIMIENTO

La norma ASTM señala que no es aplicable a mezclas con tamaño máximo de agregado grueso mayor que 38 mm (1 ½ “) mientras que en la NMX se tolera un tamaño máximo de agregado grueso de hasta 50 mm.

En la norma ASTM no señala las tolerancias que debe tener el revenimiento ya que se indica la tolerancia en la ASTM –C- 94, en la norma mexicana nuevamente se presenta la tabla de revenimiento y sus tolerancias ya que estas tolerancias se indican en la NMX-C-155. La precisión y sesgo es más estricta en la norma ASTM.

En la ASTM se indica que el revenimiento se debe reportar con una aproximación de 5 mm, mientras que la NMX debe ser reportada con aproximación de 10 mm.

Estas normas en general son muy similares.

Capítulo 4

NMX-C-162-ONNCCE- 2014 / ASTM-C-138-14

“Método de ensaye estándar para la determinación de la masa unitaria, el rendimiento y contenido de aire del concreto por el método gravimétrico”

El presente análisis tomó como referencia la norma mexicana editada por el ONNCCE NMX-C-162 y por la norma internacional ASTM-C-138

Para obtener las normas completas consultar: www.astm.org

www.onncce.org.mx

ASTM-C-138-14

“Método de ensaye estándar para la determinación de la masa unitaria, el rendimiento y contenido de aire del concreto por el método gravimétrico” Alcance

Este método se utiliza para determinar la masa unitaria del concreto fresco, el rendimiento, contenido de cemento y contenido de aire del concreto.

Terminología y Definiciones

- A = Contenido de aire (porcentaje de vacíos) en el concreto.
- C = Contenido real de cemento, libras /yarda³ o kg/m³
- Cb = Masa del cemento en la mezcla, libras o kg
- D = Masa unitaria del concreto, lb/pie³ o kg/m³
- M = Masa total de todos los materiales de la revoltura, lb o kg
- Mc = Masa del recipiente lleno con concreto, lb o kg
- Mm = Masa del recipiente, lb o kg
- Ry = Volumen o rendimiento relativo
- T = Masa unitaria teórica del concreto calculado libre de aire, libras/pie³ o kg/m³
(T= M/V)
- V = Volumen total absoluto de los ingredientes de la mezcla, pie³ o m³.
- Vm= Volumen del recipiente, pie³ o m³.
- Y = Rendimiento o volumen real de concreto producido por revoltura, yd³ o m³
- Yd = Volumen de concreto teórico de la revoltura, yd³ o m³
- Yf = Volumen real de concreto producido por revoltura, pie³

Equipo

Para que esta prueba se realice se requiere del siguiente equipo:

- **Balanza** - Con precisión de 0.1 lb (45 g) ò 0.3 % de la carga de prueba, el que de un valor mayor, incluyendo el recipiente vacío y lleno de concreto hasta un valor de 2600 kg/m³.
- **Varilla de compactación** - De acero redonda con diámetro de 5/8 ± 1/16” (16 mm ± 2 mm), de longitud al menos de 100 mm (4”) mayor a la altura del recipiente y no más de 24 pulgadas (600 mm) de longitud total, con uno o ambos extremos redondeados en forma semiesférica del mismo diámetro de la barra.
- **Vibrador interno** – Con capacidad para aplicar al concreto una frecuencia de vibración de al menos 9,000 vibraciones por minuto (150 Hz), con diámetro externo o la dimensión lateral del elemento que vibra debe ser de al menos 0.75 de pulgada (19 mm) y no mayor a 1.50 de pulgada (38 mm). La longitud del elemento que vibra debe ser al menos 3” (75 mm) mayor de la capa que se vibra.
- **Recipiente** - Un recipiente cilíndrico de acero u otro metal que no sea dañado por la pasta de cemento, con capacidad mínima de acuerdo a la tabla 1, basada en el tamaño nominal máximo del agregado a ensayar. El recipiente que se use excepto el que se utiliza para determinar el contenido de aire el cual también se utiliza para la ejecución de este método, debe cumplir con los requerimientos del método de ensaye C29 /29M.

Tabla 1. Capacidades de medidas

Tamaño máximo nominal		Capacidad de medición ^A	
in	mm	Ft ³	L
1	25.0	0.2	6
1 ½	37.5	0.4	11
2	50	0.5	14
3	75	1.0	28
4 ½	112	2.5	70
6	150	3.5	100

A. Indica el tamaño que debe ser usado en pruebas de concreto que contiene agregados de una tamaño máximo nominal igual o mayor al listado en la tabla, el volumen actual de la medición deberá ser menor al 95% de tamaño de volumen nominal listado

Si se utiliza un recipiente para medir el contenido de aire, este debe cumplir con los requisitos del Método de ensaye C 231; y debe calibrarse como se indica en el Método de ensaye C29 /C29M. El borde superior debe ser liso y plano con una tolerancia de 0.01 pulgada (0.3 mm).

- **Placa para enrazado** - Una placa de acero recta y plana de al menos ¼ de pulgada (6mm) de espesor o una placa de vidrio o acrílico de al menos ½ pulgada (13 mm) de espesor y con dimensiones de ancho y largo de 2 pulgadas (50 mm) mayor que el diámetro del recipiente. Los extremos de la placa deben ser rectos y lisos, con una tolerancia de 1/16 de pulgada (2 mm).
- **Mazo** - Un mazo con cabeza de hule o cuero que pese aproximadamente 1.25 ± 0.50 lb (600 ± 200 g) para usarse con un recipiente de 0.5 pie³ (14 L) o menores. Para recipientes más grandes de 0.5 pie³, se usara un mazo que pese 2.25 ± 0.50 libras (1000 ± 200 g).
- **Cucharon** - De un tamaño suficiente de modo que cada cantidad de concreto tomada sea representativo y de forma adecuada para que no se derrame el concreto durante la colocación en el recipiente de medición.

Obtención de la muestra

Se realiza de acuerdo a la Norma C-172.

Procedimiento

Humedecer el equipo que estará en contacto con el concreto, sin que exista agua en exceso dentro del recipiente. Seleccionar el método de compactación ya sea por varillado o por vibración en función del valor de revenimiento. Varillar concreto con revenimiento mayor a 75 mm (3"). Varillar o vibrar el concreto con revenimiento entre 25 y 75 mm (1" a 3"). Vibrar el concreto con revenimiento menor a 25 mm (1").

Colocar el recipiente en una superficie plana, nivelada y firme. Colocar el concreto en el recipiente usando el cucharón el cual se debe mover alrededor del borde del recipiente para distribuir el concreto y minimizar la segregación.

El número de capas para el llenado del recipiente dependerá del método de consolidación (Varillado o Vibración).

- **Varillado** - Colocar el concreto en el recipiente en tres capas de aproximadamente del mismo volumen. Compactar cada capa con 25 penetraciones con varilla en el recipiente de 0.5 de pie³ (14 L) o menores o con 50 penetraciones en recipientes de 1 pie³ (28 L); para recipientes más grandes, se debe dar una penetración por cada 3 pulgadas² (20 cm²) de superficie cuidando no golpear con la varilla el fondo del recipiente.

En cada capa se distribuyen uniformemente las penetraciones en toda la sección transversal, varillando todo el espesor de la primera capa. Para cada capa superior penetrar toda la capa y la capa inmediata inferior en aproximadamente 1" (25 mm). Después de compactar cada capa golpear suavemente los lados del recipiente de 10 a 15 veces con el mazo de peso adecuado usando la fuerza necesaria para cerrar cualquier hueco que haya dejado la varilla de compactación y liberar las burbujas de aire atrapadas. Se puede adicionar concreto en la última capa pero evitando un sobrellenado excesivo.

- **Vibración interna** - Llenar y vibrar el recipiente en dos capas aproximadamente iguales. Colocar todo el concreto para cada capa antes de iniciar la vibración de la misma. Insertar el vibrador en tres puntos distintos de cada capa. Evitar que el vibrador se apoye o toque las paredes o el fondo del recipiente. Al compactar la capa superior, el vibrador debe penetrar en la capa inferior aproximadamente 1 pulgada (25 mm). El tiempo requerido de vibración dependerá de la trabajabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador pero vibrando solo lo necesario para lograr una consolidación apropiada del concreto. Es recomendable dejar un exceso de concreto al finalizar la compactación de aproximadamente 1/8 de pulgada (3 mm) por encima del tope del recipiente. Se puede agregar una cantidad pequeña de concreto para corregir esta deficiencia si existe. Si el recipiente quedo con un exceso mayor de concreto después de la compactación quitar parte de este exceso con la varilla o el cucharón antes de iniciar con el enrasado.
- **Enrasado** - A continuación, enrasar la superficie dando un terminado suave utilizando la placa de tal manera que el recipiente quede perfectamente lleno y a nivel. El enrase se logra mejor presionando la placa sobre la superficie del recipiente cubriendo aproximadamente dos terceras partes de ésta y deslizando la placa con movimientos de aserrado sobre el área cubierta para terminar solo el área cubierta por la placa. Luego coloque la placa en la parte superior del recipiente cubriendo los dos tercios originales de la superficie y deslizarla con presión vertical y movimiento de aserrado sobre toda la superficie hasta que la placa quede completamente fuera del recipiente. A continuación con la placa inclinada y utilizando los bordes dar pasadas sucesivas para dar una superficie lisa al concreto. Limpiar todo el concreto del exterior del recipiente y determinar la masa del recipiente y concreto con la precisión requerida.
- **Limpieza y pesado** – Después del enrasado limpiar el exceso de concreto del exterior del contenedor y determinar la masa.

Cálculos

Densidad (Masa unitaria) kg/m³ (lb/ft³):

$$D = \frac{(Mc - Mm)}{Vm}$$

Rendimiento:

$$y (yd^3) = \frac{M}{(D * 27)}$$

$$Y(m^3) = \frac{M}{D}$$

Rendimiento relativo:

$$Ry = \frac{Y}{Y_d}$$

Contenido de Cemento:

$$C = \frac{C_b}{Y}$$

Contenido de aire:

$$A\% = ((T-D) / T) \times 100$$

$$A (\%) = \frac{Y_f - V}{Y_f} \times 100 \text{ (Unidades pulgada-libra)}$$

Ó

$$A (\%) = \frac{Y - V}{Y} \times 100 \text{ (Unidades SI)}$$

Informe

- Identificación del concreto representado por la muestra
- Fecha de ensayo
- Volumen del recipiente para medir la masa unitaria con aproximación de 0.001 pie³ (0.01 L) al valor más cercano.
- Masa unitaria con aproximación de 0.1 lb/pie³ (1.0 kg/m³) al valor más cercano.
- Rendimiento, cuando se requiera, al 0.1 yd³ (0.1 m³) más cercano
- Rendimiento relativo cuando se requiera con aproximación al 0.01 del valor más cercano.

- Contenido de cemento, cuando se requiera, con aproximación al 1.0 lb (0.5 kg) al valor más cercano.
- Contenido de aire cuando se requiera, con aproximación al 0.1% al valor más cercano.

Precisión y sesgo

La desviación estándar para un solo operador es de 0.65 lb/pie³ (10.4 kg/m³) (1s).

La desviación estándar de la densidad de concreto determinada por varios operadores es de 0.82 lb/pie³ (13.1 kg/m³) (1s).

Bibliografía

- Normas ASTM
- C29 / 29 M Método ensaye estándar para determinar la masa unitaria y contenido de vacíos en agregados.
- C 150 Especificación para Cemento Portland
- C 172 Método de ensaye estándar para el muestreo del concreto recién mezclado
- C 188 Test Method for Density of Hydraulic Cement.
- • C 231 Método de ensaye estándar para determinar por medio del método de presión el contenido de aire del concreto recién mezclado.

NMX-C-162-ONNCCE-2014

Industria de la Construcción – Concreto Hidráulico – “Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico”

Objetivo y campo de aplicación

Esta norma aplica a concreto fresco industrializado o hecho en obra y no es aplicable a concretos secos o de bajo revenimiento. Establece el procedimiento para determinar la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire por el método gravimétrico.

Definiciones

- **Contenido de aire** - Volumen de vacíos en la pasta de concreto o mortero excluyendo el espacio de los poros en las partículas del agregado, usualmente expresado como un porcentaje del volumen total de la mezcla.
- **Masa unitaria** - Cantidad de materia contenida en un metro cubico de concreto fresco.
- **Rendimiento** - Volumen de concreto fresco producido por una cantidad de ingredientes, obtenido del cociente del valor de la masa total de los mismos entre el valor de la masa unitaria del concreto fresco.

Equipo

- **Balanza o báscula** – Con división mínima de 50 g para la ejecución del ensayo y del 0.3% de la carga de verificación para obtener el factor del recipiente, desde la masa del recipiente vacío hasta la masa del mismo lleno de agua.
- **Varilla para la compactación** - Lisa, de sección circular, de acero, recta con diámetro de 16 mm \pm 1,5 mm y 600 mm \pm 30 mm de longitud, con al menos uno de los extremos semiesféricos del mismo diámetro.
- **Vibrador de inmersión** - Con una frecuencia de 7 000 o más vibraciones por minuto. El diámetro externo o la dimensión lateral del cabezal no debe ser menor de 20 mm ni mayor de 40mm. La longitud combinada de la flecha y el cabezal debe exceder la profundidad máxima de la sección que se vibre por lo menos 100mm.
- **Recipiente o unidad de medición** - Recipiente cilíndrico de metal no atacable por la pasta de cemento, estanco que conserve sus dimensiones bajo condiciones de uso de preferencia con agarraderas de sujeción. El borde superior del recipiente debe ser plano de tal manera que no pase una laminilla de 0,5 mm entre el borde y la placa de verificación. Su capacidad debe estar de acuerdo a la tabla A y debe tener una tolerancia de \pm 5 % respecto a su capacidad nominal.

Tabla A. Capacidad del recipiente de acuerdo al TMA

Tamaño máximo agregado	Nominal grueso	Capacidad del recipiente
(mm)	(pulgadas)	(L)
25	1	5
38	1 ½	10
50	2	14
75	3	28

- **Placa enrasadora** - Placa de acero o vidrio recta y plana de al menos 6 mm de espesor o una placa de acrílico de al menos 12 mm de espesor, con un ancho y largo de al menos 50 mm mayor al diámetro del recipiente; extremos rectos y lisos con tolerancia de ± 2 mm.
- **Placa de verificación** - De vidrio con un espesor de 6 mm y un largo de 50 mm mayor que el diámetro del recipiente que va a ser verificado.
- **Mazo o martillo** - Con cabeza de neopreno y mango de madera con una masa de 600 g \pm 200 g para recipientes de 14 L o menores y de 1000 g \pm 200 g para recipientes con capacidad mayores de 14 L.
- **Termómetro de inmersión parcial** - Con una división mínima de 1,0 K (1,0 °C) con un intervalo mínimo de 273 K a 323 K (0 °C a 50 °C) y de inmersión parcial de al menos 75mm.
- **Material Auxiliar**
 - Recipiente no absorbente
 - Franela o estopa
 - Escoba o cepillo
 - Cucharon
 - Grasa
 - Agua potable o destilada
 - Laminilla de un espesor de 0,5 mm
 - Pipeta o peseta

Preparación y acondicionamiento de la muestra

La muestra se obtiene de acuerdo a lo indicado en la norma NMX-C-161-ONNCCE.

El método de compactación se hace de acuerdo al revenimiento o de acuerdo a la especificación particular de cada obra.

- **Varillado:** concreto con revenimiento mayor a 80 mm
- **Varillado o vibrado:** revenimiento de 30 mm a 80 mm
- **Vibrado:** revenimiento menor a 30 mm

Los ensayos se realizan de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar.

Procedimiento

- **Varillado** – Colocar el concreto en tres capas de igual volumen, cada capa se compacta 25 veces con el extremo redondeado de la varilla en recipientes de 14 L o menores y con 50 penetraciones en recipientes de 28 L. La varilla debe penetrar todo el espesor de la primera capa evitando golpear el fondo del recipiente en todo momento. Distribuir las compactaciones en todo el espesor de la capa. Para las dos capas superiores, la varilla debe penetrar 20 mm aproximadamente en la capa inmediata inferior.

Después de varillar cada capa golpear las paredes alrededor del molde con el mazo el mínimo de veces necesaria para eliminar el aire atrapado y las oquedades que deja la varilla, una forma de medir el número de golpes es cuando el agregado grueso comience a desaparecer de la superficie y esta tenga un aspecto relativamente liso; un exceso de golpes puede ocasionar segregación en la muestra.

Se debe mantener un exceso de concreto en todo momento por encima del borde del recipiente, si es necesario agregar más concreto, agréguelo en la décima o vigésima penetración para recipientes de 14 L o menores y en la vigésima o tetragésima penetración para recipientes de 40 L.

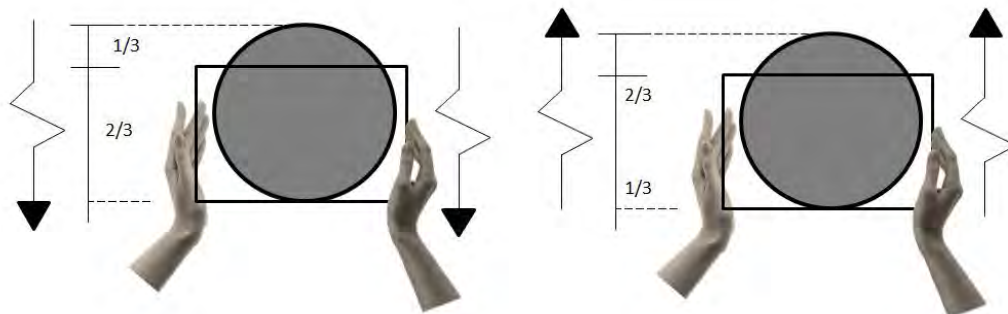
El exceso óptimo es aquel en el que el concreto sobresale 3 mm aproximadamente sobre el borde del recipiente. Si quedo una cantidad considerable de concreto en exceso se puede retirar parte de este exceso después de terminar la compactación para tener el óptimo, antes de iniciar el enrase.

- **Vibración interna** - Llenar el recipiente y vibrar en dos capas de igual volumen aproximadamente, insertar el vibrador en tres puntos diferentes de cada capa evitando tocar los lados y el fondo del recipiente. En la capa superior el vibrador debe penetrar la capa anterior 20 mm aproximadamente. Para evitar dejar burbujas de aire en el concreto el vibrador debe extraerse lentamente.

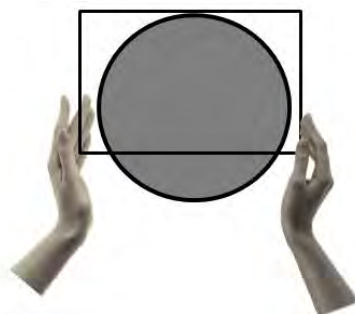
El tiempo de vibración depende de la trabajabilidad del concreto y de la eficiencia del vibrador, en general el vibrado es suficiente cuando la superficie del concreto queda relativamente lisa y el agregado grueso tiende a desaparecer de la superficie. Es recomendable no sobre vibrar para evitar causar segregación y pérdida de una cantidad considerable de aire incluido. No debe existir un exceso o falta de concreto en el recipiente al finalizar el llenado, es permitido tener un exceso no mayor a 3 mm aproximadamente sobre el borde superior del molde, si queda una cantidad considerable de concreto, retirar el excedente después de la compactación y antes del enrasado.

Enrase

Coloque la placa enrasadora cubriendo dos tercios de la superficie del concreto, haciendo presión se avanza con movimientos de sierra hasta que la placa quede fuera del recipiente (Figura B).



Enrase con movimiento de sierra con la placa pegada al molde



Enrase con movimiento libre con la placa separada del molde, solo con la orilla

Figura B: Enrase

Coloque nuevamente la placa de igual manera cubriendo dos tercios de ella y se avanza con movimientos de sierra hasta que se deslice completamente fuera del recipiente ver (Figura B).

Finalmente se da el mínimo de pasadas inclinado el canto de la placa hasta dejar un terminado uniforme, evitando el sangrado, obteniendo un brillo acuoso y una base lisa. A continuación se limpia todo el exterior del recipiente retirando el concreto adherido y se determina la masa del recipiente más el concreto.

Cálculos y expresión de los resultados

Es necesario determinar el factor del recipiente, el cual se realiza una vez al año de la siguiente manera

1. Colocar grasa en el borde del recipiente para evitar fugas de agua
2. Pesar el recipiente vacío con una precisión de 0.3%
3. Llenar el recipiente con agua a temperatura ambiente y cubrir con la placa de vidrio eliminando las burbujas y el exceso de agua con una pipeta, a continuación pesar para determinar la masa agua requerida para llenar el recipiente con una precisión de 0.3 %.

Medir la temperatura del agua y determinar la masa volumétrica de la misma según su temperatura, de acuerdo a la Tabla C.

Tabla C. Masa volumétrica según su temperatura

Temperatura		Masa Volumétrica (kg/m³)
K	(°C)	
288	15	999,10
291	18	998,58
294	21	997,95
296	23	997,50
297	24	997,30
300	27	996,52
302	29	995,97

Calcular el factor de recipiente:

$$\text{Factor F} = \frac{M_v}{M_m}$$

Dónde:

- F: Factor del recipiente, 1/m³
- Mv: Masa volumétrica de agua, en kg/m³
- Mm: masa del agua requerida para llenarlo, kg.

Masa unitaria del concreto

$$M_u = (M_b - M_r) \times F$$

Dónde:

- Mu: Masa unitaria del concreto, kg/m³
- Mb: Masa bruta (recipiente + concreto), kg
- Mr: Masa del recipiente, kg
- F: Factor del recipiente, 1/m³

Rendimiento:

El rendimiento es conocido como el volumen real de concreto obtenido por revoltura y se calcula como sigue:

$$R = \frac{M_1}{M_u}$$

Dónde:

- R : es el valor real del concreto obtenido en la revoltura, m³
- M1=Masa total de todos los materiales en la revoltura, kg
- Mu= Masa unitaria, kg/m³

Rendimiento relativo:

$$R_r = \frac{R}{V_t}$$

Dónde:

- Rr : Rendimiento relativo
- R: Volumen real de concreto obtenido por revoltura (rendimiento), m³
- Vt : Volumen de concreto teórico obtenido en la revoltura, m³

Un valor de rendimiento relativo mayor de 1.0 indica un exceso de concreto producido y un valor menor que 1.0 indica que la mezcla de diseño resulto escasa.

Contenido de cemento:

$$Cc = \frac{Mc}{R}$$

Dónde:

- Cc: es el contenido de cemento, kg/m³
- Mc: es la masa del cemento en la revoltura, kg
- R: volumen real del concreto obtenida en la revoltura (rendimiento), m³.

Contenido de aire:

$$A = \frac{Mt - Mu}{Mt} * 100$$

Ó

$$A = \frac{R - Va}{R} * 100$$

Dónde:

- A: Contenido de aire del concreto, en %
- Mt: Masa teórica del concreto libre de aire, kg/m³
- Mu: Masa unitaria del concreto obtenida en la revoltura, kg/m³
- R: Rendimiento, m³
- Va: Volumen total absoluto de los ingredientes que componen la revoltura, m³.

La masa teórica (Mt) del concreto por m³ se determina en el laboratorio y es el valor que se considera constante para todas las revolturas elaboradas, usando idénticos ingredientes y proporciones.

$$Mt = \frac{P1}{Va}$$

Dónde:

- Mt: Masa teórica del concreto libre de aire, kg/m^3
- P1: es la masa total de todos los materiales incluidos en las revoltura, en kg
- Va: Volumen total absoluto de los ingredientes que componen la revoltura.

Informe

Debe incluir:

- Datos del concreto muestreado
- Masa de los materiales por revoltura (cuando se requieran)
- Masa unitaria calculada del concreto, kg/m^3
- Rendimiento del concreto en m^3 o en %
- Contenido de aire en %
- Masa unitaria expresada con una aproximación del 1.0 kg/m^3
- Rendimiento con aproximación de 0.01 de m^3
- Contenido de aire en concreto fresco 0.1 %

Precisión

Precisión de un solo operador- desviación estándar máxima es de 10.4 kg/m^3 (1s) y 29.6 kg/m^3 (d2s) para dos determinaciones obtenidas por un mismo operador.

Precisión varios operadores- Desviación estándar máxima es de 13.1 kg/m^3 (1s) y 37.0 kg/m^3 (d2s) para dos determinaciones por diferentes operadores.

Nota.- 1s es la desviación estándar.
d2s es el rango máximo permitido entre dos resultados

Bibliografía

- • NOM-008-SCFI-2002- Sistema General de unidades de medida
- • NMX-C-152-ONNCCE-2010- Industria de la construcción-Concreto- Determinación de la densidad
- • NMX-C-156-ONNCCE-2010- Industria de la construcción-concreto- Determinación del revenimiento en concreto fresco.
- • NMX-C-160-ONNCCE-2004- Industria de la construcción-concreto- Elaboración y curado en la obra de especímenes de concreto.
- • NMX-C-251-ONNCCE- Industria de la Construcción-Concreto- Terminología.
- • NMX-C-414-ONNCCE-2010- Industria de la construcción-Cemento Hidráulico-Especificaciones y métodos de ensayo
- • ISO 1920-2:2005- Testing of concrete-part 2.
- • ASTM-C-138 /C 138M-14- Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield and Air Content (Gravimetric) of Concrete.

Preguntas de Estudio

ASTM-C-138-14

“Método de ensaye estándar para determinar la masa unitaria, rendimiento y contenido de aire del concreto por el método gravimétrico”

1. El diámetro de la varilla de compactación usada en este método de prueba es de:
A) 3/4 pulgada
B) 1/2 pulgada
C) 1 pulgada
D) 5/8 de pulgada
E) 1/4 de pulgada
2. ¿Qué forma debe tener la punta de compactación de la varilla?
A) Punta.
B) Redondeada con una punta en forma semiesférica.
C) Recta.
D) Ninguna de las anteriores.
3. ¿Cuáles son las dimensiones del diámetro exterior del vibrador?
A) 19 mm a 38 mm
B) 25 mm a 38 mm
C) 12 mm a, 25 mm
D) 25 mm a 50 mm
4. ¿Cuál es el espesor mínimo de la placa metálica de enrase?
A) 1/2 pulgada
B) 1/8 de pulgada
C) 1/4 de pulgada
D) 3/4 de pulgada
5. ¿Cuál es el espesor mínimo para una placa de enrase de vidrio o acrílico?
A) 1/2 pulgada
B) 1/8 de pulgada
C) 1/4 de pulgada
D) 3/4 de pulgada
6. ¿Cuál es el peso del mazo de hule usado en recipientes que son de 0.50 pies³ (14 L) o más pequeños?
A) 600g
B) 400g a 600g
C) 600g a 800g
D) 400g a 800g

7. ¿Qué método de compactación debe usarse cuando el revenimiento es menor de 1 pulgada (2.5 cm)?
- A) Solo vibrador
 - B) Vibrador o varillado
 - C) Solo varillado
 - D) Varillado y Vibrador
8. Si el varillado es el método de consolidación que se está usando. ¿En cuántas capas se debe llenar el recipiente?
- A) 1
 - B) 3
 - C) 2
 - D) 4
9. ¿Cuál es el número requerido de compactaciones con la varilla de compactación en cada capa para un recipiente de 5 o 6 litros?
- A) 25
 - B) 30
 - C) 20
 - D) 15
10. Al varillar las capas intermedia y superior, la varilla compactadora debe penetrar en la capa anterior aproximadamente:
- A) 1/2 pulgada
 - B) 3/4 de pulgada
 - C) 2 pulgadas
 - D) De 2 a 2.5 cm (1 pulgada)
11. Si el método de consolidación es el de vibración, el medidor debe llenarse en ____ capas aproximadamente iguales.
- A) 2
 - B) 3
 - C) 1
 - D) 4

NMX-C-162-ONNCCE-2014

1. ¿Cuál es la frecuencia mínima requerida de un vibrador interno usado en el método de prueba NMX?
 - A) 7000 o más vibraciones por minuto
 - B) 6000 vibraciones por minuto
 - C) Entre 7000 y 7500 vibraciones por minuto
 - D) Entre 6000 6500 vibraciones por minuto

2. Es la cantidad de materia contenida en un metro cubico de concreto fresco
 - a) Contenido de aire
 - b) Masa unitaria
 - c) Muestreo
 - d) Densidad

3. Se define como el volumen de concreto fresco producido por una cantidad de ingredientes, obtenido del valor de la masa total de los mismos entre el valor de la masa unitaria del concreto fresco
 - a) Volumen real
 - b) Rendimiento
 - c) Masa unitaria real
 - d) Densidad

4. La varilla de compactación utilizada debe ser lisa, con una sección circular de acero con un diámetro de _____ y _____ de longitud.
 - a) 16 mm \pm 1.5 mm , 600 \pm 30 mm
 - b) 14 mm \pm 1.5 mm , 500 \pm 30 mm
 - c) 12 mm \pm 1.5 mm , 400 \pm 30 mm
 - d) 10 mm \pm 1.5 mm , 300 \pm 30 mm

5. El borde superior del recipiente de medición debe ser plano de tal manera que no pasa una laminilla de _____ entre el borde y la placa de verificación
 - a) 0.2 mm
 - b) 0.3 mm
 - c) 0.5 mm
 - d) 0. 7mm

6. La placa de verificación de vidrio debe ser de un espesor de :
 - a) 6 mm
 - b) 7 mm
 - c) 8 mm
 - d) 9 mm

7. Cuando el concreto tiene un revenimiento mayor a 80 mm, se utiliza:
 - a) Varillado
 - b) Vibrado
 - c) Varillado o vibrado

CONCLUSIÓN

ASTM- C- 138 / NMX- C- 162- ONNCCE- 2014 **Método de ensaye estándar para la determinación la masa unitaria, rendimiento y contenido de aire del concreto por el método gravimétrico.**

En la norma mexicana inicia con un prefacio el cual nos indica las instituciones que participaron en la elaboración de esta norma y en la ASTM no existe este prefacio, solo se menciona en una nota pequeña que está bajo la jurisdicción del comité C 09. La NMX indica que es aplicable a concreto fresco industrializado o hecho en obra exceptuando a concretos secos o de bajo revenimiento que se usan en la fabricación de concretos precolados. En ASTM solo se menciona como una nota en el procedimiento.

En la norma ASTM se hace una referencia a un mayor número de normas mientras que en la Norma mexicana solo se menciona la norma NMX-C-161 (muestreo). Existe un capítulo de terminología para la norma ASTM el cual se excluye en la norma mexicana, en ella solo existen definiciones de términos como masa unitaria, contenido de aire y rendimiento, los cuales no se mencionan en la ASTM.

El equipo de vibrado indicado por la ASTM para la compactación del concreto señala un número de vibraciones mayor que en la norma NMX.

En el procedimiento la norma ASTM se indica que previamente al llenado se debe humedecer el recipiente de medición y en la NMX no se indica claramente, ni que se debe colocar en una superficie plana, a nivel y firme, quitando también excedentes de agua libre que se concentran en el fondo del recipiente.

En la norma ASTM se restringe el número de golpes que se deben emplear para la eliminación de aire atrapado en la muestra de concreto, estos varían entre 10 y 15 golpes. En la norma mexicana se indica un número indefinido de golpes señalando que la cantidad

es hasta que el agregado grueso desaparezca de la superficie y esta tenga una apariencia lisa.

En el momento de compactación de la última capa la norma ASTM deja abierto en que número de golpe se puede hacer un relleno en caso de tener una cantidad insuficiente de material para el llenado del recipiente, mientras que en la norma NMX se estipula que el relleno se puede hacer en la décima o vigésima compactación en recipientes de 14 L o menores y en la vigésima o tetragésima en recipientes de 28 L.

Con el objetivo de entender con mayor detalle el proceso de enrase, en la norma mexicana aparte de describirse, se ilustra el proceso.

La norma NMX se indica un cálculo de un coeficiente llamado factor de recipiente para ser usado en la determinación de la masa unitaria del concreto, la ASTM no lo considera necesario.

En la norma mexicana se exige concordancia con la norma internacional ISO por ser miembro de esta organización y la ASTM no es miembro.

Capítulo 5

ASTM- C- 231-14 / NMX- C- 157- ONNCCE- 2006

“Método de ensaye estándar para determinar el contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión”

El presente análisis tomó como referencia la norma mexicana editada por el ONNCCE NMX-C-157 y por la norma internacional ASTM-C-231
Para obtener las normas completas consultar: www.astm.org
www.onncce.org.mx

ASTM- C- 231-14 / NMX- C- 157- ONNCCE- 2006

“Método de ensaye estándar para determinar el contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión” PREÁMBULO

Una de las características en el concreto, es el contenido de aire. Cuando se requiera determinarlo se debe tener cuidado en el control de éste, ya que puede ser un factor que beneficie al concreto, como también puede ser perjudicial.

El método descrito en la norma ASTM-C-231, se utiliza para determinar el contenido de aire en concretos normales y pesados, no se aplica a los concretos que tengan agregados ligeros.

El uso de los aditivos inclusores de aire es de alta importancia para concretos que estarán expuestos a ciclos de congelación y deshielo ya que los vacíos que genera el aire incluido en el concreto pueden evitar el deterioro del mismo. Sin embargo, como se mencionó con anterioridad, es importante tener un buen control del contenido de aire porque un exceso puede generar la disminución de la resistencia del concreto.

ASTM-C-231-14

Método de ensaye estándar para determinar el contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión.

Alcance

Este método de prueba describe el procedimiento para determinar el contenido de aire en el concreto fresco mediante la observación del cambio de volumen del concreto por un cambio en la presión.

Este método excluye el aire que pueda existir en los vacíos de las partículas de agregados por lo que solo es aplicable para concretos con agregados relativamente densos y no es aplicable para concretos con agregado ligero o de alta porosidad ni para concretos sin plasticidad como los usados para fabricar tubos y elementos de mampostería.

El equipo para efectuar el ensayo es el siguiente:

- **Medidores de aire** - Tipo A y tipo B, ambos emplean el principio de la ley de Boyle y ambos constan de un recipiente y una cubierta.
- **Medidor Tipo A** - El principio de este equipo consiste en introducir agua a una determinada altura sobre un volumen de concreto conocido al cual se aplica presión de aire sobre el agua. La reducción en el volumen de aire en la muestra de concreto se observa cuando el nivel de agua disminuye al aplicar presión, la escala de lectura se calibra en términos de porcentaje de aire en la muestra de concreto. (Ver Figura A).

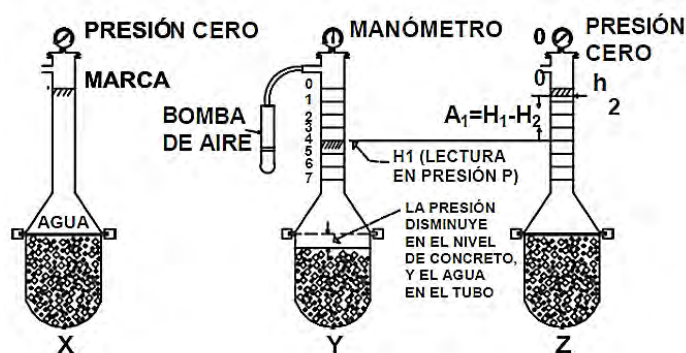


Figura A: Medidor tipo A

- **Medidor Tipo B** - El principio de este equipo es igualar un volumen conocido de aire a una presión conocida en la cámara del equipo con el volumen desconocido de aire de la muestra de concreto, el manómetro se calibra en términos del porcentaje de aire para la presión observada a la que se le iguala (Ver figura B).

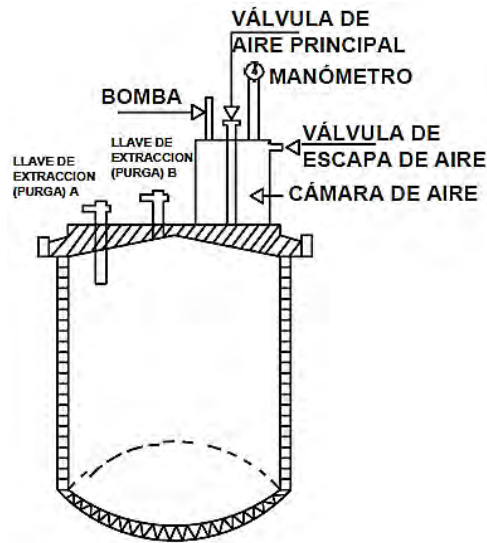


Figura B: Medidor tipo B

- **Recipiente de medición** - Debe ser de forma cilíndrica, fabricado en acero u otro material que no sea atacable por la pasta de cemento con diámetro mínimo de 0.75 a 1.125 veces su altura, y capacidad de por lo menos 0.20 pies³ (6 L). Debe estar maquinado con acabado superficial liso. El recipiente de medición y la tapa de ensamble deben ser lo suficientemente rígidos para generar una hermeticidad total y limitar el factor de expansión del aparato ensamblado a no más de 0.1 % de contenido de aire en la escala de medición, cuando esté bajo presión normal de operación.
- **Cubierta de ensamble** - Debe ser de acero u otro material que no sea atacable por la pasta de cemento. Las bridas deberán de ser capaces de resistir la presión que se generara en el recipiente, la superficie interior, los bordes y cejas deben tener un acabado pulido y redondeado para proporcionar un espacio de aire sobre el nivel superior del recipiente de medición.

La cubierta debe estar equipada con un sistema para poder tomar de forma directa el contenido de aire en la muestra de concreto. La tapa del equipo tipo A está provista de un tubo graduado con una escala en unidades que representan el porcentaje del volumen de aire incluido en el concreto. En el tipo B el manómetro debe calibrarse para indicar el porcentaje de aire. La graduación debe tener un rango de al menos el 8% con división mínima de 0.1%.

La tapa ensamblada debe estar provista con válvulas para aire, válvulas de purga y llaves de paso, para que a través de estas se pueda introducir agua de acuerdo con el diseño especificado del recipiente. Se debe incluir una bomba de aire manual que forme parte de la tapa de ensamble o que sea un accesorio de ella.

- **Vaso de calibración** - Es un recipiente que tiene un volumen igual a un porcentaje del volumen del recipiente de medición, que corresponde aproximadamente a un porcentaje del aire contenido en el concreto que va a ser ensayado o si es menor debe ser posible verificar la calibración del indicador de medición con el porcentaje de aire en el concreto ensayado realizando varias repeticiones. Cuando el diseño del recipiente requiera colocar el vaso de calibración dentro del recipiente de medición para comprobar la calibración, el vaso debe ser de forma cilíndrica.
Hay varios diseños de medidores de aire que requieren diferentes formas de operación diferentes del descrito en este método para determinar satisfactoriamente el contenido de aire.
- **Tubo de rociado** - De bronce, de diámetro apropiado que pueda ser parte integral de la tapa de ensamble o puede proporcionarse de manera separada. Debe fabricarse de tal forma que cuando se agregue agua al recipiente, esta se rocíe hacia los lados de la cubierta para que el flujo provoque una mínima alteración al concreto.
- **Llana**. Una llana o cuchara de albañil
- **Varilla de compactación** - De acero redonda, lisa con diámetro de $5/8 \pm 1/16$ pulgadas ($16 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$), de longitud al menos de 100 mm (4") mayor a la altura del recipiente y no más de 24 pulgadas (600 mm) de longitud total, con uno o ambos extremos redondeados en forma semiesférica del mismo diámetro de la barra.
- **Mazo** - Un mazo de cabeza de hule o cuero de 1.25 ± 0.5 libras ($0.60 \pm 0.20 \text{ kg}$) para usarse en recipientes de 0.5 pies^3 (14 L) o menores, y un mazo de 2.25 ± 0.50 libras ($1.0 \pm 0.20 \text{ kg}$) para usarse con recipientes mayores de 0.5 pies^3 (14 L).
- **Regla de enrase** - Barra recta plana de acero u otro metal conveniente, de por lo menos $1/8$ de pulgada (3 mm) de espesor, $3/4$ de pulgada (20 mm) de ancho y 12 pulgadas (300 mm) de longitud.
- **Placa de enrase** - Placa metálica rectangular plana de por lo menos $1/4$ de pulgada (6 mm) de espesor o de vidrio o acrílico de por lo menos $1/2$ pulgada (13 mm) de espesor con una longitud y ancho de por lo menos 2 pulgadas (50 mm) mayor que el diámetro del recipiente a utilizar. Los bordes de la placa deben ser rectos y planos, dentro una tolerancia de $1/16$ de pulgada (1.5 mm).
- **Embudo** - con una boquilla que encaja en el tubo de rociado.
- **Medidor para agua** - Que tenga la capacidad necesaria para inyectar el agua suficiente.
- **Vibrador** - como se describe en la norma C 192 /C 192 M.
- **Malla (Criba)** - de $1 \frac{1}{2}$ pulgadas (37.5 mm) con un área de cribado no menor de 2 pies^2 (0.20 m^2).
- **Cucharón** - De un tamaño suficiente de modo que cada cantidad de concreto tomada sea representativo y de forma adecuada para que no se derrame el concreto durante la colocación en el recipiente de medición.

Calibración del equipo

Los cambios en la presión barométrica pueden afectar la calibración del medidor tipo A pero no la del tipo B. Debe hacerse tan frecuentemente como sea necesario y a intervalos que no excedan tres meses para asegurar que se está utilizando la presión apropiada para el medidor tipo A o que los contenidos de aire correctos están siendo indicados con precisión en el manómetro del medidor tipo B.

Un cambio en la altitud de más de 180 m puede requerir una re calibración del equipo tipo A.

El registro de calibración debe incluir la determinación del factor de expansión; el tamaño del vaso de calibración usado y la lectura del medidor de medición en el punto o puntos de prueba de la calibración.

Determinación del factor de corrección del agregado

Se determina sobre la combinación de una muestra de agregado fino y grueso. Este factor se determina de manera independiente aplicando la presión de calibración a una muestra de agregado fino y grueso sumergida en agua de la misma proporción del concreto al que se le determinara el contenido aire, la determinación de la cantidad de cada agregado se hace de la siguiente forma:

$$F_s = \frac{S}{B} \times F_b$$

$$C_s = \frac{S}{B} \times C_b$$

Donde

- F_s = Masa del agregado fino de la muestra de concreto que se somete a ensaye, en libras (kg)
- S = Volumen de la muestra de concreto (igual al volumen del recipiente medidor) en pies³, (m³).
- B = Volumen de concreto producido en la revoltura en pies³, m³
- F_b = Masa total del agregado fino en la condición de humedad usada en la revoltura en libras (kg)
- C_s = Masa del agregado grueso de la muestra de concreto que se somete a prueba en libras (kg)
- C_b = Masa total del agregado grueso en la condición de humedad usada en la revoltura en libras (kg).

Antes de colocar los agregados al recipiente se debe mezclar las muestras representativas de agregado fino (F_s) y agregado grueso (C_s), el recipiente debe contener agua hasta un tercio de su volumen total. Agregar poco a poco la mezcla de agregados en pequeñas cantidades para inundar todas las partículas de agregado, si es necesario adicione agua para que todo el agregado quede inundado. Añadir cada porción de manera que atrape la menor cantidad posible de aire y retirar la espuma acumulada rápidamente. Golpear los

lados del recipiente y varille ligeramente la capa superior de una pulgada (25 mm) del agregado, de ocho a doce veces. Agite para eliminar el aire atrapado después de añadir cada porción.

Cuando todo el agregado se haya colocado en el recipiente tipo A y tipo B, remueva el exceso de espuma y mantenga el agregado inundado por un periodo aproximadamente igual al tiempo transcurrido entre la introducción del agua a la mezcla y el momento de realizar el ensayo de contenido de aire, antes de proceder con la determinación del factor de corrección:

- **Medidor tipo A.** Después de aplicar el procedimiento para una mezcla de concreto a esta combinación de agregado grueso y fino el factor de corrección del agregado G es igual a $H1 - H2$ (Figura A)
- **Medidor tipo B.** Realice los procedimientos descritos para una mezcla de concreto a esta combinación de agregado grueso y fino. El factor de corrección del agregado, G, es igual a la lectura en la escala del contenido de aire menos el volumen de agua retirada del recipiente, expresado como un porcentaje del volumen del recipiente.

Preparación de la muestra de ensayo

Obtenga una muestra de concreto con base a la norma ASTM C 172.

En caso de que el concreto tenga partículas de agregado grueso que se retengan en la malla de 2 pulgadas, cribar en húmedo una porción de concreto en la malla de 1 ½ pulgadas, cuidando que en la operación no se altere el mortero, tampoco se deberá limpiar el mortero de las partículas de agregados que queden retenidas en la malla.

Procedimiento para determinar el contenido de aire de concreto

Antes de iniciar con el llenado del recipiente con concreto, se debe humedecer el recipiente y colocar en una superficie plana, nivelada y firme. Llenar de concreto el recipiente en el número de capas dependiendo del revenimiento del concreto. Mover el cucharón al momento de hacer el vaciado alrededor del recipiente para asegurar una buena distribuir del concreto con un mínimo de segregación. Compactar cada capa de concreto por varillado o por vibración. Vibrar concretos con revenimiento menor a 1" (25 mm) varillar concretos con revenimiento mayor a 3" (75 mm); varillar o vibrar concretos con revenimiento de 1" a 3".

Compactación con varilla- Vacíe el concreto en el recipiente en 3 capas del mismo volumen, cada capa se debe compactar con la varilla 25 veces distribuidas uniformemente en la sección transversal. Compactar todo el espesor de la primera capa cuidando de no golpear excesivamente el fondo del recipiente. Para la segunda y tercera capa la profundidad de penetración de la varilla debe ser de todo su espesor más aproximadamente 1 pulgada (25 mm) la capa inferior.

Después de que cada capa es compactada golpear el exterior del recipiente con un mazo de 10 a 15 veces para cerrar los vacíos dejados por la varilla y liberar burbujas grandes de aire que hayan quedado atrapadas.

Adicionar concreto en la última capa pero evitando que quede una cantidad excesiva de concreto.

Compactación con vibrador- Vacíe el concreto en el recipiente en dos capas del mismo volumen, en cada capa inserte el vibrador en tres puntos uniformemente espaciados, adicionar concreto en la última capa, pero evitando que quede una cantidad excesiva de concreto. En cada capa evitar que el vibrador toque el fondo o las paredes del recipiente. En cada punto extraer el vibrador lentamente para evitar dejar aire atrapado en el concreto.

La duración de la vibración requerida dependerá de la trabajabilidad del concreto, la efectividad del vibrador y del recipiente de medición involucrado. Nunca debe aplicarse una duración de la vibración tan larga que cause pérdida de aire en la muestra y segregación del concreto. Usualmente se aplica vibración hasta que la superficie del concreto se vuelve relativamente lisa y tiene una apariencia acristalada.

Al finalizar la compactación el recipiente de medición no debe contener un exceso o deficiencia de concreto; enrase la superficie del concreto, dejando la superficie lo más plana, lisa y sin oquedades. La eliminación de 1/8 de pulgada (3mm) durante el enrasado es óptima. Cuando se usa una placa de enrase, se debe golpear el recipiente según lo descrito en el método de prueba.

Limpie perfectamente los bordes del recipiente y la cubierta del equipo para asegurar un cierre hermético. Colocar la cubierta en el recipiente y agregue agua sobre el concreto por medio del tubo hasta que llegue a la mitad de la marca. Incline el aparato ensamblado aproximadamente 30° respecto a la vertical y gire el equipo apoyándose en su base y simultáneamente golpee ligeramente la cubierta para eliminar aire atrapado. Regrese el equipo a la posición vertical y llene la columna de agua ligeramente arriba de la marca cero, mientras golpea ligeramente los lados del recipiente. Lleve el nivel de agua a la marca cero del tubo graduado, antes de cerrar la entrada superior de la columna del tubo. Aplique una presión mayor que la deseada de ensaye, [aproximadamente 0.2 psi (1.4 KPa) más] al concreto por medio de una bomba de manual. Para aliviar restricciones locales, golpee ligera y rápidamente los lados del medidor y cuando el medidor de presión indique la presión exacta de prueba P, leer el nivel de agua, h_1 y registrar el valor con aproximación a la media división de la graduación en el tubo graduado. Para las mezclas sumamente ásperas, golpear el recipiente vigorosamente hasta que el golpeteo no produzca cambio en el contenido de aire indicado. Libere gradualmente la presión de aire a través de la abertura superior de la columna de agua y golpee ligeramente los lados del recipiente durante aproximadamente un minuto. Registre el nivel de agua h_2 , en la división o media división más cercana. Calcule el contenido de aire aparente como sigue:

$$A_1 = h_1 - h_2$$

Dónde:

A_1 = contenido aparente de aire. h_1 = nivel de agua leído a la presión, P.

h_2 = nivel de agua leído a la presión cero después de descargar la presión, P.

Verificación del ensayo. Repetir el ensayo desde la aplicación de la presión con la bomba pero sin adición de agua hasta el nivel de la marca de cero y en dos determinaciones consecutivas del contenido aparente de aire, no debe diferir en más de 0.2 % y el promedio se utiliza para determinar el contenido de aire en el concreto eliminando el aire por corrección del agregado.

En caso de que el contenido de aire exceda el intervalo del medidor cuando se operó a la presión de ensaye normal, P, reduzca la presión de prueba a la presión de prueba alternativa P1 y repita los pasos indicados anteriormente mencionados.

$$P1 = Pa P / (2 Pa + P)$$

Dónde:

P1= Presión de prueba alternativa, kPa (Psi)

Pa= Presión atmosférica, kPa (psi), aproximadamente 100 kPa (14.7 Psi), pero puede variar de acuerdo a la altitud y condiciones climáticas del lugar.

P= Presión normal de operación de ensaye, kPa (psi).

Procedimiento para el medidor tipo B

Limpiar los bordes y cubierta de ensamble, para que se logre un cierre hermético. Cierre la válvula de aire localizada entre la cámara de aire y el recipiente de medición, abra las llaves de purga A y B situadas en la tapa. Inyecte agua con una jeringa látex a través de una de las llaves hasta que el agua salga por la llave opuesta. Sacuda el equipo suavemente hasta que salga todo el aire por llave de purga. Cierre válvula de alivio de la cámara de aire y bombee aire en la cámara hasta que la aguja del manómetro este en la línea de presión inicial. Deje pasar unos pocos segundos hasta que el aire comprimido se enfríe a temperatura ambiente. Estabilice la aguja del manómetro en la línea de presión inicial cuando sea necesario bombeando o expulsando aire hasta la marca de calibración, golpeando ligeramente el manómetro con la mano. Cierre ambas llaves de purga. Abrir la válvula de comunicación de aire entre la cámara de aire y el recipiente de medición. Golpear los lados del recipiente de medición ligeramente con el mazo para eliminar restricciones en la medición. Golpear ligeramente el manómetro con la mano para estabilizar la aguja de medición. Registrar el valor del porcentaje de aire en el manómetro. Libere la válvula principal de aire. En caso de que el agua se introduzca en la cámara de aire, debe eliminarse a través de la válvula de purga, y luego efectuar varias operaciones de la bomba para eliminar el agua. Libere la presión abriendo ambas llaves de purga antes de quitar la tapa.

Cálculos

Calcular el contenido de aire del concreto que se localiza en el recipiente de medición como sigue:

$$A_s = A_1 - G$$

Dónde:

- A_s = Contenido de aire de la muestra ensayada, en %
- A_1 = Lectura del contenido de aire de la muestra ensayada, en %.
- G = Factor de corrección del agregado, en %.

Cuando la muestra ensayada representa la mezcla obtenida por cribado en húmedo para eliminar las partículas de agregado mayores de 1 ½ pulgadas (37.5 mm), el contenido de aire de la mezcla completa se calcula como sigue:

$$A_t = \frac{100A_sV_c}{100V_t - A_sV_a}$$

Dónde:

- A_t = Contenido de aire del total de la mezcla, en %
- V_c = Volumen absoluto de los ingredientes de la mezcla que pasa por la criba de 1 ½ pulgadas (37.5 mm), libre de aire, determinado conforme a los pesos originales de la revoltura en pies³ (m³)
- V_t = Volumen absoluto de todos los ingredientes de la mezcla, libres de aire en pies³ (m³).
- V_a = Volumen absoluto del agregado en la mezcla, mayor que la criba de 1 ½ pulgadas (37.5 mm), determinado del peso original de revoltura, en pies³ (m³).

El contenido de aire de la fracción de mortero de la mezcla se determina como sigue:

$$A_m = \frac{100 A_s V_c}{[100 V_m + A_s (V_c - V_m)]}$$

Dónde:

- A_m = Contenido de aire de la fracción de mortero, en %
- V_m = Volumen absoluto de los ingredientes en la fracción de mortero de la mezcla, libre de aire, en pies³ (m³).

Reporte

El contenido de aire se reporta al 0.1% más cercano después de restar el factor de corrección del agregado, a menos que la lectura del calibrador exceda el 8%, en cuyo caso la lectura corregida debe reportarse a la ½ división más cercana de la escala de la caratula del manómetro. La fecha y la hora de la prueba. Cuando se requiera y cuando es posible conocer el volumen absoluto de los ingredientes de la fracción del mortero de la mezcla se reporta el contenido de aire de la fracción de mortero al ¼ % más cercano de la escala de la caratula del manómetro.

Precisión y Sesgo

- **Precisión de un solo operador**- No puede establecerse la desviación estándar para un solo operador debido a que los requisitos de muestreo para esta prueba, como se establece en la norma C 172, no permite en el tiempo de un solo operador conducir más de una sola prueba de una muestra.
- **Precisión multilaboratorios** - No se ha establecido la desviación estándar para la precisión de multilaboratorios.
- **Para la precisión multioperadores** - Se ha encontrado que la desviación estándar en multioperadores para el resultado de un solo ensaye es de 0.2 % de aire por volumen de concreto para medidor Tipo A, siempre que el contenido de aire no exceda de 7%. Por consiguiente los resultados de dos ensayes apropiadamente dirigidos por operadores diferentes pero en el mismo material, no debe diferir por más de 0.8 % de aire por volumen de concreto. Este método de ensaye no tiene ningún sesgo porque el contenido de aire de la mezcla de concreto fresco, solamente puede ser definido en función de los métodos de prueba.

Bibliografía

- Normas ASTM
- C 138 /C 138 M Método de ensaye estándar para determinar por medio del método gravimétrico el peso unitario, volumen producido y contenido de aire del concreto.
- C 172 Practica estándar para el muestreo del concreto recién mezclado
- C 173 /C 173 M Método de prueba estándar para determinar por medio del método volumétrico el contenido de aire del concreto recién mezclado.
- C 192 / C 192 M Practica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.
- C 670 Practica para la preparación de la manifestación de la precisión y sesgo en los métodos de prueba de materiales para construcción.
- NMX-C-251-ONNCCE; Industria de la construcción- Concreto- Terminología
- ASTM-C-231-03; Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method.
- E 117 Practica para el uso de los términos precisión y sesgo en los métodos de prueba ASTM.

NMX-C-157-ONNCCE-2006

Industria de la construcción- concreto- “Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión”

Objetivo y Aplicación

Este método de prueba describe el procedimiento para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco con base al cambio en el volumen del concreto con respecto al cambio de presión.

Este método aplica para concretos y morteros elaborados con agregados de masa específica igual o mayor a 2,10 kg/m³.

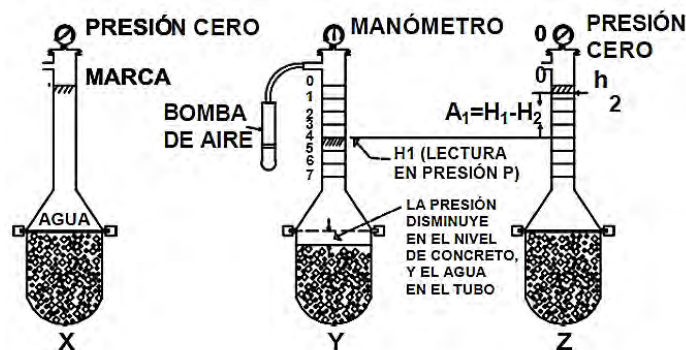
No aplica a concretos elaborados con agregados ligeros y porosos ni tampoco a concreto de bajo revenimiento o poco plásticos, el ensayo se realiza en condiciones ambientales del lugar.

Equipo

Este método de prueba tiene disponible dos tipos de equipos para ejecutar la prueba, el Medidor tipo A y el medidor tipo B.

Medidor tipo A:

Recipiente metálico, debe resistir altas presiones junto con la cubierta, el principio del equipo consiste en introducir agua a una altura con respecto a una muestra de concreto de volumen conocido y aplicar una determinada presión de aire sobre la columna de agua, la reducción en el volumen de aire en la muestra de concreto se observa al bajar el nivel de agua debido a la presión aplicada. El equipo está provisto de un tubo de vidrio graduado con una escala en unidades que representan el porcentaje del volumen de aire incluido en el concreto. Cada unidad indica el 1 % de aire incluido. El tubo debe tener un tapón de cierre hermético, una válvula de aire y una llave de purga en la pared cónica de la tapa, el conjunto debe ser hermético de tal manera que no se pierda agua o presión (Figura).



Dispositivo de ajuste- cilindro metálico de volumen interior de 3 a 6% del volumen del recipiente, resorte u otro dispositivo para sujetar el cilindro de ajuste, un embudo y un tubo dispersor que elimine la posibilidad de introducir aire al llenar de agua al dispositivo.

- Bomba de mano Charola Cronometro
- Varilla lisa de 16 m de diámetro y punta semiesférica Regla para enrasar
- Martillo de hule

El dispositivo debe ajustarse en el sitio de trabajo. El factor K es la magnitud del descenso de agua sobre la columna de vidrio graduada, provocada por la presión P requerida. El factor permite conocer el volumen de aire que a la presión P introduce el cilindro de ajuste en el recipiente lleno de agua, K se calcula:

- m: es la masa en kg de agua requerida para llenar el cilindro de ajuste
- M: es la masa en kg de agua requerida para llenar el recipiente
- H: es la relación entre el volumen de aire en el cilindro de ajuste antes de llenar el recipiente con agua y el volumen de aire después de haberlo llenado.
- A nivel del mar, $H=0.98$
- A 1525 m sobre nivel del mar, $H=0.975$
- A 4000 m sobre el nivel del mar, $H=0.970$

Un valor de H que se considera adecuado es de 0.980 debido a que el error se puede presentar por las distintas alturas sobre el nivel del mar es de 0.05%.

Para ajustar el equipo A, se coloca el recipiente en una superficie rígida, horizontal y se introduce el cilindro de ajuste al centro y boca abajo, se coloca sobre este el resorte y se cubre con la tapa cónica, cierre con las mordazas evitando que no existan fugas entre las juntas del recipiente y la tapa. Una vez cerrado el dispositivo se llena con agua hasta la marca cero del tubo graduado. Cierre el tubo con el tapón e inyecte aire a presión hasta la marca 6 del tubo. Se incline el dispositivo 30° de su posición vertical, se hace rotar todo el equipo apoyado sobre su base y al mismo tiempo se golpea la tapa y el recipiente para desprender el aire retenido por adherencia a las paredes interiores, en caso de detectar fuga de agua el ajuste no será válido. Colocar el dispositivo a su posición vertical y se deja escapar el aire poco a poco y cuando sea nula la presión se quita el tapón superior, se agrega agua hasta la marca rebasando el cero y se afora a la marca de cero con el menisco inferior del nivel de agua, se abre poco a poco la válvula de purga de la tapa cónica se cierra nuevamente y se aplica una presión suficiente para que el nivel del agua descienda hasta que la marca coincida con el valor de la constante de ajuste previamente calculada más 0,1 % a 0,2 % de aire.

Factor de corrección del agregado

Los agregados porosos son capaces de retener aire A2 por lo que este debe determinarse para restarlo del aire que contiene el concreto siguiendo el siguiente procedimiento:

En diferentes recipientes y por espacios de 5 min se ponen en inmersión de agua los agregados que se vayan a utilizar en proporción igual a la mezcla que se va a elaborar, pasados 5 minutos retirar el exceso de agua; el recipiente se llena con agua a una tercera parte de su volumen y se coloca una capa de arena y una de grava hasta llenarlo.

Una vez lleno se golpea la pared del recipiente para eliminar espuma y agua sobrante y se aplica el procedimiento de ensayo. El factor de corrección del agregado “A2” es igual a:

$$A_2 = h_1 - h_2$$

Se repite la operación desde la colocación de la tapa sin restablecer el nivel de aforo a cero y hasta que en dos determinaciones sucesivas de aire no haya una diferencia de 0.2 %.

Procedimiento de ensayo

Llena el recipiente en tres capas iguales con concreto, se compacta con la varilla cada una de ellas 25 veces. Quita el exceso y enraseda con una regla metálica al nivel del borde del recipiente.

Se limpia perfectamente el borde del recipiente y la junta de hule antes de ensamblarse y ajustan las abrazaderas y mariposas para evitar fugas. Se quita la tapa superior de la columna de vidrio y mediante el embudo y el tubo dispersor se vierte agua hasta la mitad de la altura del tubo de vidrio; se quita el embudo y el tubo dispersor se coloca la mano en la parte superior de la columna y se apoya el equipo en su base, se inclina 30° y se rota el equipo tomándolo con la mano del tubo y al mismo tiempo que se golpea ligeramente con la mano de la parte cónica de la cubierta para eliminar las burbujas de aire que hayan quedado adheridas a la superficie interior. Se regresa el dispositivo a su posición vertical y se llena de agua con el embudo y el tubo irrigador un poco más arriba de la marca de cero, mediante la válvula de purga se hace descender el nivel del agua hasta que coincida el menisco con la marca de cero. Se tapa y se aplica presión con la bomba hasta el valor de presión P obtenido en el ajuste del equipo más 1,428 MPa (14,56 kg/cm²). Se expulsa el aire hasta hacer coincidir la aguja del manómetro exactamente con el valor P, esto se logra quitando la bomba y haciendo presión en la válvula de inyección de aire registrando la lectura (h_1) en la columna de agua a la altura del menisco inferior con aproximación de 0.05 %. Se afloja la tapa para bajar poco a poco la presión hasta llegar a la marca 7,14

MPa (72,82 kg/cm²) y después de un minuto se quita completamente la tapa y se realiza una nueva lectura del nivel de agua (h_2).

$$A_1 = h_1 - h_2$$

Medidor Tipo B

Recipiente y cubierta de ensamble. Debe ser cilíndrico de acero u otro material rígido no reactivo con la pasta de cemento, con un diámetro entre 0,75 y 1,25 veces la altura y con una capacidad mínima de 6 L.

Debe tener una ceja construida para resistir la presión entre el recipiente y la tapa.

La superficie interior del recipiente, los bordes y las cejas deben tener un acabado maquinado y pulido. La cubierta debe ajustarse para medir directamente el contenido de aire, la carátula del manómetro debe calibrarse para medir porcentajes de aire, las graduaciones deben ser para un rango contenido de aire hasta de 6 % mínimo con un aproximación de 0,1 %.

La cubierta debe estar provista de las válvulas siguientes: Válvula de purga de agua.

Válvula para escape de aire del recipiente.

Válvula de escape de aire en la cámara de presión para ajuste de manómetro.

Válvula para paso de aire en la cámara de presión al recipiente (válvula principal de aire)

Debe estar provista de un sistema de mordazas apropiado para fijarse al recipiente para sellar herméticamente (Figura D).

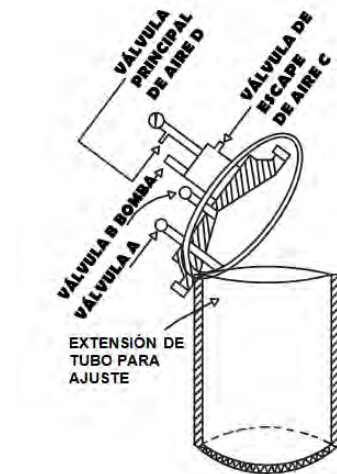


Figura D: Medidor tipo B

Para ajustar el equipo, se llena con agua y se determina la masa requerida con una aproximación de 0.1 % de la masa del recipiente, deslice un cristal sobre sus bordes asegurándose de que el recipiente quede lleno. Coloque un poco de grasa en las cejas para asegurar un cierre hermético del recipiente. Se atornilla el tubo corto recto en la parte inferior de la válvula A, se coloca el recipiente con las válvulas abiertas. Se agrega agua con una jeringa o perilla a través de la válvula A hasta que todo el aire se expulse por la válvula B. Se bombea aire hasta la línea inicial de presión y se deja algunos segundos para que el aire comprimido se enfríe a temperatura ambiente y en caso de ser necesario ajustar a la línea de presión inicial bombeando o expulsando aire. Cierre la válvula de purga A y B y presione válvula D para dejar escapar aire hacia el recipiente, dejando que se estabilice el manómetro; si todo el aire se ha eliminado y la línea de presión inicial se seleccionó correctamente, el manómetro debe marcar 0%. Si dos o más ensayos muestran

una variación consistente del 0% en el resultado, se cambia la línea de presión inicial para compensar esta variación. Conectar el tubo curvo a la conexión exterior de la válvula A, abrir esta válvula y presionar la válvula D para introducir aire al recipiente con lo que se controla el flujo para llenar el vaso de ajuste y en el manómetro debe leerse el porcentaje de aire para el cual está diseñado el vaso de ajuste.

Si dos o más ensayos muestran que el manómetro da lecturas diferentes en más de 0,1%, se ajusta nuevamente la lectura inicial y se vuelve a verificar.

Determinación del factor de corrección de agregado

Se coloca el agregado en el recipiente con su humedad de la misma forma que el equipo tipo A, se elimina la espuma y se mantiene el agregado dentro del recipiente aproximadamente una hora, a continuación se aplica el procedimiento de ensaye. Se elimina como se describió en el procedimiento de ajuste del equipo un volumen de agua equivalente al volumen de aire que pueda contener una muestra de concreto normal de un tamaño igual al volumen del recipiente y se completa el procedimiento de ensaye. El factor de corrección del agregado G es igual a la lectura del contenido de aire menos el volumen de agua eliminada del recipiente, expresada en porcentaje de volumen del recipiente.

Procedimiento de ensayo

- Obtener una muestra representativa, de acuerdo con la NMX-C-161-ONNCCE-2013.
- Homogenizar el concreto, cada cucharón debe llevar la misma proporción grava/arena (Tomar un solo frente de ataque para tal fin).
- Cribar la muestra por la malla 38,1 mm (1 ½") cuando contenga agregados de mayor tamaño y volver a homogenizar.
- Llenar el recipiente en tres capas de igual volumen.
La primera a 1/3 de la altura aproximadamente. La segunda a 2/3 de la altura aproximadamente. La tercera sobrepasando el borde del recipiente. Sin aventar el concreto sobre el molde.
- Varillar distribuyendo uniformemente las penetraciones sobre la superficie del concreto. Aplicar 25 penetraciones por capa repartidos en forma espiral hacia el centro.
- Penetrar completamente la varilla en la capa de concreto.
- Rellenar el recipiente en su última capa, antes de terminar la compactación.
- Al término del varillado de cada una de las capas, golpear lateralmente el recipiente con un martillo con cabeza de hule para cerrar las oquedades y expulsar el aire atrapado.
- Enrasar la superficie del concreto (el número de pasadas necesarias).

- Limpiar la ceja del recipiente y montar la cubierta.
- Cerrar la válvula de aire principal y la de ajuste de manómetro y abrir la válvula de purga para inyectar agua.
- Inyectar agua por la válvula de purga de agua hasta que salga por la válvula de escape de aire del recipiente.
- Golpear suavemente para expulsar el aire atrapado en el recipiente, inyecte agua nuevamente hasta que el flujo por la válvula para escape de aire del recipiente, sea continuo.
- Cerrar la válvula de purga y bombear aire dentro de la cámara hasta que el indicador esté en la posición inicial de presión, esperar unos segundos hasta que se estabilice la presión.
- Abrir la válvula para paso de aire de la cámara de presión al recipiente dar unos ligeros golpes para distribuir las presiones y esperar que se estabilice el indicador.
- Tomar la lectura del indicador, la cual representa el contenido de aire aparente de la muestra tomada en %.
- Liberar la presión abriendo las válvulas de purga de agua y de escape de aire del recipiente.
- Calcule el contenido de aire como se indica:

$$A_s = A_1 - G$$

Dónde:

- A_s : Contenido de aire de la muestra probada en %
- A_1 : Contenido de aire aparente de la muestra probada en %
- G : Factor de corrección del agregado, %

Cuando la muestra se obtiene de un cribado para remover las partículas de agregado mayores que 38.1 mm (1 ½") el contenido de aire se calcula como sigue:

$$A_t = \frac{100 A_s V_c}{100 V_t - A_s V_a}$$

Dónde:

- A_t = Contenido de aire del total de la mezcla, en %
- V_c = Volumen absoluto de los ingrediente de la mezcla que pasa por la criba de 1 ½ pulgadas (37.5 mm), libre de aire, determinado conforme a los pesos originales de la revoltura en pies³ (m³)

- V_t = Volumen absoluto de todos los ingredientes de la mezcla, libres de aire en pies³ (m^3).
- V_a = Volumen absoluto del agregado en la mezcla, mayor que la criba de 1 ½ pulgadas (37.5 mm), determinado del peso original de revoltura, en pies³ (m^3).

El contenido de aire de la fracción de mortero de la mezcla se determina como sigue:

$$A_m = \frac{100 A_s V_c}{[100 V_m + A_s (V_c - V_m)]}$$

Dónde:

A_m = Contenido de aire de la fracción de mortero, en %

V_m = Volumen absoluto de los ingrediente en la fracción de mortero de la mezcla, libre de aire, en pies³ (m^3).

Informe de prueba

- Fecha de elaboración de la prueba
- Características del concreto muestreado
- Porcentaje del contenido de aire en el concreto con aproximación al entero.
- Nombre y firma de quien autoriza".

Precisión

No se contó con datos necesarios.

Bibliografía

NMX-C-251-ONNCCE; Industria de la construcción- Concreto- Terminología

ASTM-C-231-03; Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method

Preguntas de Estudio

Método de ensaye estándar para determinar el contenido de aire del concreto fresco por el método de presión. ASTM-C-231

1. Este método de presión aplica para agregados:
 - a) Relativamente densos
 - b) Ligeros
 - c) Porosos
 - d) Cualquier tipo de agregado
 - e) Escoria enfriada

2. Este método de presión no es posible utilizarlo en concretos con agregados ligeros.
 - a) Falso
 - b) Verdadero

3. ¿Cuál es la capacidad mínima del recipiente que se utiliza en esta prueba?
 - a) 6.0 L
 - b) 5.4 L
 - c) 5.6 L
 - d) 5.3 L

4. ¿Cuáles son las características de la varilla que se utiliza para compactar el concreto en este método de prueba?
 - a) Al menos 10 cm mayor que la altura del recipiente, 5/8 de pulgada de diámetro, punta redondeada con forma hemisférica.
 - b) No menor de 50 cm de longitud, 5/8 de pulgada de diámetro, punta redondeada con forma hemisférica.
 - c) No menor de 60 cm de longitud, 5/8 de pulgada de diámetro, punta redondeada con forma semiesférica.
 - d) No menor de 50 cm de longitud, 3/4 de pulgada de diámetro, punta redondeada con forma hemisférica.

5. ¿Cuál es el peso del mazo permitido que se utiliza en esta prueba para recipiente de 14 litros o menores?
 - a) 600g
 - b) De 400 a 600g
 - c) De 600 a 800g
 - d) De 350 a 850g
 - e) De 400 a 800 g

6. ¿Cuál es el TMA permitido para esta prueba?
 - a) 1 pulgada
 - b) $\frac{3}{4}$ pulgada
 - c) 1 $\frac{1}{2}$ pulgada
 - d) 2 pulgadas

7. En caso de que el TMA exceda lo permitido por esta norma se debe cribar en húmedo.
 - a) Falso
 - b) Verdadero

8. En cuantas capas se llena el recipiente, si el método de consolidación es varillado.
 - a) 2
 - b) 3
 - c) 1
 - d) 4

9. ¿En caso de que el método de consolidación sea por medio de vibración, en cuantas capas se llena el molde?
 - a) 2
 - b) 3
 - c) 1
 - d) 4

10. Al varillar el concreto, ¿Cuántos golpes con el mazo se deben dar por capa?
 - A) De 10 a 12
 - B) No más de 15
 - C) De 10 a 15
 - D) 15

NMX-C-157-ONNCCE-2006

1. En este procedimiento el recipiente es llenado en __ capas iguales con concreto
 - a) 1
 - b) 2
 - c) 3
 - d) 4

2. Cuando se realiza la compactación con la varilla se realiza por cada capa ____ penetraciones.
 - a) 20
 - b) 22
 - c) 25
 - d) 27

3. Después de varillar cada capa, ¿Qué se debe hacer al recipiente antes de agregar otra capa de concreto?
 - a) Nada
 - b) Golpear con la varilla el recipiente
 - c) Golpear con el mazo el recipiente
 - d) Enrasar el concreto

4. Si se tiene agregado de mayor tamaño a 1.5 in , se debe:
 - a) Rechazar
 - b) Cribar en húmedo la muestra
 - c) Secar la muestra y cribar
 - d) Se admiten cualquier tamaño de agregado

5. ¿Cuál es la fórmula para el cálculo del contenido de aire?
 - a) $A_s = A_1 + G$
 - b) $A_s = A_1 * G$
 - c) $A_s = A_1 / G$
 - d) $A_s = A_1 - G$

CONCLUSIÓN

ASTM- C- 231 / NMX- C- 157- ONNCCE- 2006 “Método de ensaye estándar para determinar por el método de presión el contenido de aire del concreto recién mezclado”

En la norma mexicana inicia con un prefacio el cual nos indica las instituciones que participaron en la elaboración de esta norma y en la ASTM no existe este prefacio, solo se menciona en una nota pequeña que está bajo la jurisdicción del comité C 09.

En el apartado de aplicación de este método, la norma NMX menciona que es usado para concretos y morteros elaborados con agregados de masa específica igual o mayor a 2.10 kg/m³. Mientras que en la ASTM solo señala que es aplicado a agregados relativamente densos para que pueda aplicarse el factor de corrección de los agregados.

La norma ASTM tiene referencias a mayor número de normas que sirven de base para tener un panorama más amplio en la elaboración de método.

En la norma ASTM se tiene un capítulo de significado y uso indicando que los resultados obtenidos con este método son similares a los otros métodos utilizando agregados relativamente densos y el contenido de aire del concreto endurecido puede ser diferente al resultado obtenido en este método, la norma NMX no cuenta con estas indicaciones. El ASTM no hace referencia de las condiciones ambientales para realizar el ensayo y en la NMX se determina las condiciones para realizar la medición.

En la norma ASTM el apartado de Calibración del equipo se hace indistintamente para ambos equipos (A y B), la norma mexicana (NMX) cuando se hace descripción del procedimiento del medidor tipo A se incluye la calibración de este equipo y además la determinación del factor de corrección por el agregado así como el procedimiento de prueba.

En la norma ASTM como ya existe una calibración del aparato y la determinación de factor del agregado indistintamente para los dos métodos, se continua con la preparación de la muestra de concreto y con el procedimiento para determinar el contenido de aire en donde se hace la subdivisión del procedimiento para equipo tipo A y equipo tipo B. Mientras que en la norma mexicana se señala el procedimiento tipo B haciendo la calibración del equipo y también la determinación del factor de corrección del agregado y a continuación se determina el contenido de aire.

En la norma NMX la precisión solo se indica que no se ha podido establecer pero en la ASTM señala que dos pruebas conducidas por diferente operador pero del mismo material no deben diferir del más del 0.8%.

Capítulo 6

ASTM- C- 173-14 / NMX- C- 158- ONNCCE- 2006

“Método de ensaye estándar para determinar el contenido de aire en el concreto fresco por el método volumétrico”

El presente análisis tomó como referencia la norma mexicana editada por el ONNCCE NMX-C-158 y por la norma internacional ASTM-C-173
Para obtener las normas completas consultar: www.astm.org
www.onncce.org.mx

ASTM- C- 173-14 / NMX- C- 158- ONNCCE- 2006

“Método de ensaye estándar para determinar el contenido de aire en el concreto fresco por el método volumétrico”

PREÁMBULO

Una de las características en el concreto, es el contenido de aire. Cuando se requiera determinarlo se debe tener cuidado en el control de éste, ya que puede ser un factor que beneficie al concreto, como también puede ser perjudicial.

El método descrito en la norma ASTM-C-173, se utiliza para determinar el contenido de aire en concretos elaborados con cualquier tipo de agregados, ya sea de densidad normal o ligeros.

El uso de los aditivos inclusores de aire es de alta importancia para concretos que estarán expuestos a ciclos de congelación y deshielo ya que los vacíos que genera el aire incluido en el concreto pueden evitar el deterioro del mismo. Sin embargo, como se mencionó con anterioridad, es importante tener un buen control del contenido de aire porque un exceso puede generar la disminución de la resistencia del concreto.

El método de ensaye descrito en la norma ASTM-C-173 se utiliza para determinar el contenido de aire del concreto

ASTM-C-173

Método de ensaye estándar para determinar el contenido de aire en el concreto fresco por el método volumétrico

Alcance

Este método de prueba describe el procedimiento para determinar el contenido de aire en el concreto fresco con diferentes tipos de agregados incluyendo los densos, celulares o ligeros.

Significado y uso

Este ensaye incluye la determinación del contenido de aire en concreto fresco.

Esta medición corresponde al aire contenido en la fracción de mortero del concreto, pero no es afectada por el aire que pueda estar presente en las partículas de agregados porosos. Este método es el adecuado para determinar el contenido de aire en los concretos elaborados con agregados ligeros, escoria enfriada con aire y agregados de alta porosidad o agregados naturales vesiculares. Este método de ensaye requiere la adición de suficiente alcohol isopropílico para evitar que se forme espuma en exceso en el cuello del equipo. Si hay más espuma que el equivalente al 2% de aire por encima del nivel de agua, el ensaye se declara inválido y debe ser repetido usando una cantidad mayor de alcohol. No se permite la adición de alcohol para dispersar la espuma en ningún momento después de llenar inicialmente el medidor a la marca cero. El contenido de aire del concreto endurecido puede ser más alto o más bajo que el determinado por este método. Esto dependerá de los procedimientos de colocación y compactación aplicados a los elementos entre otros varios factores.

Equipo

- **Medidor de aire** - Integrado por un recipiente y una sección superior que satisfaga los siguientes requisitos:
El equipo y secciones superiores deben tener espesor y rigidez suficiente para soportar el uso rudo en la obra, no deberá ser atacado por la pasta de cemento, ni deformarse cuando se almacene a altas temperaturas o fracturarse a bajas temperatura. Debe sellarse herméticamente cuando ambas partes se ensamblan.
- **Recipiente** - Debe tener un diámetro de 1 a 1.25 veces su altura. Debe tener un borde en la parte superior del recipiente y no deberá tener una capacidad menor de 0.075 pies³ (2.0 L), (Figura 1).

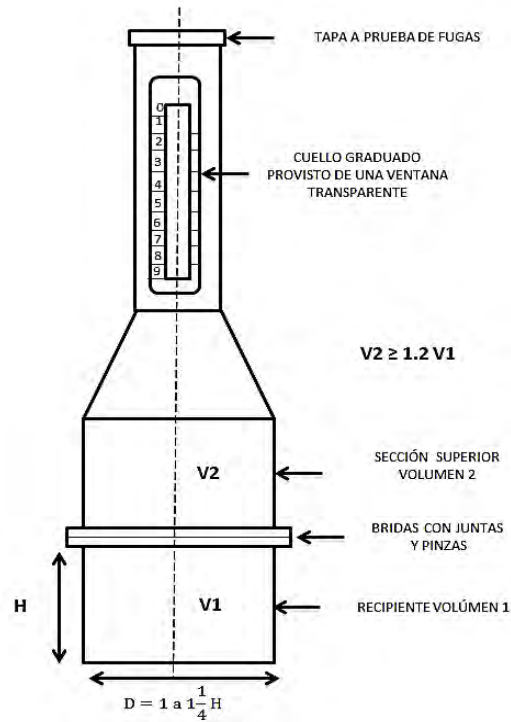


Figura 1. Aparato para medir el contenido de aire por método volumétrico

- **Sección superior-** Debe tener por lo menos 20 % más capacidad que el recipiente y debe estar equipada con un empaque flexible y un dispositivo para ajustarlo al borde del recipiente. Debe tener en el cuello una escala transparente, graduada con incrementos no mayores de 0.5 % desde 0 en la parte superior hasta 9% o más, del volumen del recipiente. Las graduaciones deberán tener una aproximación de ± 0.1 % del volumen del recipiente. El extremo superior del cuello debe tener una tapa hermética que mantenga la unidad cuando ésta sea invertida y rodada.
- **Embudo con un tubo** - Que permita introducirlo al cuello de la sección superior hasta el nivel superior del recipiente. El tubo del embudo debe tener un diseño que cuando descargue el agua evite que se altere lo menos posible la superficie del concreto.
- **Varilla de compactación** - De acero, redonda con diámetro de $5/8 \pm 1/16$ " (16 mm ± 2 mm), de longitud de al menos 100 mm (4") mayor a la altura del recipiente y de no más de 24 pulgadas (600 mm) de longitud total, con uno o ambos extremos redondeados en forma semiesférica del mismo diámetro de la barra.
- **Barra enrasadora** - Una barra de acero, recta de al menos $1/8$ por $3/4$ por 12 pulgadas (3 x 20 x 300 mm) o una barra plana de polietileno de alta densidad, de por lo menos $1/4$ por $3/4$ por 12 pulgadas (6 x 20 x 300 mm).
- **Copa calibrada** - Una copa de metal o plástico graduada en incrementos iguales a 1.00 ± 0.04 % del volumen del recipiente. La copa calibrada se usa únicamente para agregar agua cuando el contenido de aire en el concreto exceda el 9% del rango del equipo.
- **Vasija de medición para alcohol isopropílico** - Con una capacidad mínima de al menos 1 pinta (500 ml) con graduaciones no mayores a 4 onzas (100 ml) para medir una cantidad de alcohol isopropílico.
- **Pipeta-** De hule con una capacidad de por lo menos 2 onzas (50 ml).

- **Vasija vertedora para agua-** Un recipiente con capacidad de aproximadamente $\frac{1}{4}$ de galón (1L).
- **Cucharón** - De un tamaño suficiente de modo que cada cantidad de concreto tomada sea representativo y de forma adecuada para que no se derrame el concreto durante la colocación en el recipiente de medición.
- **Alcohol isopropilico-** Alcohol isopropilico a 70% por volumen (aproximadamente 65% por peso). Se permiten otros agentes dispersantes de espuma si el uso del agente no cambia el contenido de aire indicado en más de 0.1 %, o si se desarrollan factores de corrección similares a los que se muestran en la tabla 1.
- **Mazo-** Un mazo con cabeza de neopreno o cuero, con una masa aproximada de 1.25 \pm 0.50 libras (600 \pm 200 g).

Calibración

Calibre el recipiente y la copa, antes de poner el uso del equipo y después a intervalos de un año o cuando haya alguna duda de daño o deterioro del recipiente o de la copa. Determine el volumen del recipiente con una exactitud de por lo menos 0.1 % determinando la masa de agua requerida para llenarlo a temperatura ambiente y dividiendo por la masa volumétrica del agua a la misma temperatura. Determine la exactitud de las graduaciones en el cuello de la sección superior del medidor de aire llenando con agua el recipiente de medición y la sección superior ensamblada, hasta que el nivel llegue a la marca de mayor contenido de aire. Agregue agua en incrementos de 1.0 % del volumen del recipiente para verificar la exactitud en el rango de graduación del contenido de aire. El error en cualquier punto del rango de graduación no debe ser mayor de 0.1 % de aire.

Determine el volumen de la copa de calibrada utilizando agua a 70 °F (21.1 °C) de la misma manera que se determinó el volumen del recipiente. Se puede realizar una verificación rápida añadiendo una o más copas calibradas de agua al equipo ensamblado y observando el incremento en la altura de la columna de agua.

Muestreo

Obtenga una muestra del concreto fresco de acuerdo con los procedimientos descritos en la práctica C 172. Si el concreto contiene partículas de agregado grueso que pudieran quedar retenidas en la malla 1 $\frac{1}{2}$ pulgadas (37.5 mm) crible en húmedo una muestra representativa empleando la malla de 1 pulgada (25 mm) hasta obtener una cantidad ligeramente mayor a la que se necesita para llenar el recipiente de medición. El cribado en húmedo debe realizarse conforme al procedimiento establecido en la Norma C 172. No intente retirar el mortero adherido a las partículas de agregado grueso retenidas en la malla. No se debe utilizar concreto con el que ya se hayan realizado otros ensayos (temperatura, concreto cribado en húmedo).

Tabla 1. Corrección para el efecto del alcohol isopropilico en la lectura del medidor de aire

Pintas	70% Alcohol isopropilico usado (Oz)	Litros	Corrección , % Aire
≤ 2	≤ 32	≤ 1	0
3	48	1.5	0.25
4	64	2	0.50
5	80	2.5	0.75

Nota: El factor de corrección es aplicado solo cuando se utilizan 1.25 L (2.5 pt) o más alcohol isopropilico

Procedimiento

Varillado y emparejado - Humedezca la parte interior del recipiente de medición y séquelo hasta que tenga una apariencia húmeda, pero no brillante, llenar con concreto el recipiente en dos capas de igual volumen. Mover el cucharón alrededor del perímetro del recipiente para asegurar una distribución uniforme del concreto con el mínimo de segregación.

Compactar cada capa con 25 penetraciones de la varilla distribuidos uniformemente en la sección transversal. No golpee el fondo del tazón con mucha fuerza al varillar la primera capa. Al varillar la segunda capa, penetre la primera capa aproximadamente 1 pulgada (25 mm). Después de compactar cada capa, golpee con el mazo los lados del recipiente de medición de 10 a 15 veces para cerrar cualquier vacío que haya dejado la varilla de compactación y para liberar las burbujas de aire atrapadas. Después de varillar la capa final, es aceptable un ligero exceso de concreto, 1/8 de pulgada (3 mm) o menos, por encima del borde.

- **Enrasado** - Eliminar el exceso de concreto con una placa de enrase hasta que la superficie quede nivelada con la parte superior del recipiente. Limpie el borde del recipiente.
- **Adición de agua y alcohol** - Humedecer la cubierta del equipo, incluyendo el empaque. Fije la cubierta al recipiente e inserte el embudo. Agregue 1 pinta (0.5L) de agua seguida por la cantidad seleccionada de alcohol isopropílico. Continúe agregando agua hasta que aparezca en el nivel en el cuello graduado. Quitar el embudo y ajustar el nivel del líquido hasta que la parte inferior del menisco este a nivel con la marca de cero. Es útil una pipeta para este propósito. Colocar el tapón y ajustarlo perfectamente para que no se presenten fugas de agua.
- **Liberar el concreto de la base.** Invertir rápidamente el equipo, sacudirlo horizontalmente, y regresarlo a la posición vertical. Para evitar que el agregado se deposite en el cuello de la cubierta, no lo mantenga invertido por más de 5 segundos. Repita la inversión y el proceso de sacudido por un mínimo de 45 segundos y hasta que el concreto se haya liberado y se pueda oír el agregado moviéndose en el medidor cuando es invertido.
- **Rolado** - Inmediatamente coloque una mano en el cuello del equipo y la otra mano en el recipiente. Usando la mano en el cuello, incline la parte superior del medidor aproximadamente 45° respecto a la posición vertical con la orilla inferior de la base del recipiente descansando en el piso o en la superficie de trabajo. Mantenga esta posición durante todo el procedimiento descrito en esta sección.

Usando la mano colocada en el recipiente, ruede vigorosamente de ¼ a ½ de vuelta hacia adelante y hacia atrás varias veces. Voltee la base del medidor aproximadamente 1/3 de vuelta y repita el procedimiento de rodamiento por aproximadamente un minuto. Debe oírse que el agregado se está deslizando en el medidor durante este proceso. Si durante los procedimientos de inversión y rodamiento hay fuga, la prueba no tiene validez y debe repetirse. Ponga la unidad en posición vertical y afloje la tapa para que cualquier presión se estabilice. El nivel del líquido se considera estable cuando no cambia más de 0.25% de aire en un periodo de 2 minutos. Si se necesita más de 6 minutos para que el nivel del líquido se estabilice, o si hay más espuma que la equivalente a dos desviaciones porcentuales completas del contenido de aire en la escala del medidor sobre el nivel del líquido, deseche la prueba y empiece una nueva. Utilice una adición mayor de alcohol de la que fue usada en la prueba inicial.

Si el nivel es estable, sin una cantidad excesiva de espuma, lea la parte inferior del menisco al 0.25% más cercano y registre la lectura inicial del medidor. Si el contenido de aire es mayor que el rango de 9% del medidor, agregue un número suficiente de copas calibradas de agua para hacer que el nivel del líquido quede en el rango graduado.

Lea la parte inferior del menisco al 0.25% más cercano. Registre el número de copas de agua agregadas y súmelas a la lectura final del medidor.

Cuando el nivel del líquido sea estable apretar el tapón y repetir por un minuto el rolado haga una lectura directa a la parte inferior del menisco y calcule al 0.25% de aire.

Si esta lectura no ha cambiado más de 0.25% de la lectura inicial del medidor, regístrelo como la lectura final del medidor de la muestra ensayada.

Si la lectura ha cambiado respecto a la lectura inicial del medidor en más de 0.25% de aire, registre esta lectura como una nueva “lectura inicial” y repita el rodamiento de un minuto. Lea el contenido de aire indicado. Si esta lectura no ha cambiado en más de 0.25 % de aire respecto a la “lectura inicial más nueva” regístrela como lectura final del medidor. Si la lectura ha cambiado en más de 0.25%, deseche el ensaye y empiece un nuevo ensaye en una nueva muestra de concreto, usando más alcohol. Retire la cubierta y descargue el recipiente de forma enérgica de una sola vez, examine los contenidos para asegurarse de que no hay porciones de concreto empaquetados y sin alterar en el interior de la base del recipiente. Si se encuentran porciones de concreto sin alterar, la prueba no es válida.

Cálculos

Se debe aplicar una corrección al final de la lectura en valor obtenido de aire si en el procedimiento se utiliza un volumen de alcohol isopropílico igual o mayor de 2.5 pt (1.25 L). Redondee el volumen de alcohol usado al 0.5 L más cercano.

El cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$A = A_R - C$$

Dónde:

A= contenido de aire, %, reportado con aproximación al 0.25%. AR= lectura final medida, %

C= Factor de corrección de acuerdo a la tabla 1

W= número de copas adicionadas

Cuando la muestra de prueba representa la porción de la mezcla obtenida mediante el cribado en húmedo por la criba de 1 pulgada (25 mm), calcule el contenido de aire del mortero de la mezcla completa usando las formulas dadas en el método de prueba C 231.

Presión y Sesgo

El coeficiente de variación de multioperadores es del 11% del contenido de aire medido. Adicionalmente el resultado de los ensayos con dos operadores diferentes, sobre especímenes tomados de una sola muestra de concreto, no deben diferir entre sí en más de 32 % de su contenido de aire promedio

NMX-C-158-ONNCCE-2006

Industria de la construcción- Concreto- “Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método volumétrico”

Objetivo y Alcance

Esta norma mexicana describe el procedimiento para determinar el contenido de aire en el concreto fresco con cualquier tipo de agregado; pesado, ligero o celular con tamaño máximo del agregado de 38.1mm.

Definiciones

Contenido de aire del concreto fresco- es el volumen de vacíos en la pasta de concreto fresco excluyendo el espacio de los poros en las partículas del agregado, expresado como un porcentaje del volumen total de la mezcla de concreto.

Equipo y materiales

- **Medidor de aire-** Dispositivo que consta de un recipiente y una sección superior• (Figura B).
- **Recipiente-** De metal, rígido y capaz de resistir el trabajo de obra, estable en condiciones extremas de temperatura y no atacable por la pasta de cemento y con un diámetro de 1.0 a 1.25 veces su altura con una ceja o saliente en su parte superior y de capacidad de por lo menos 2 L.

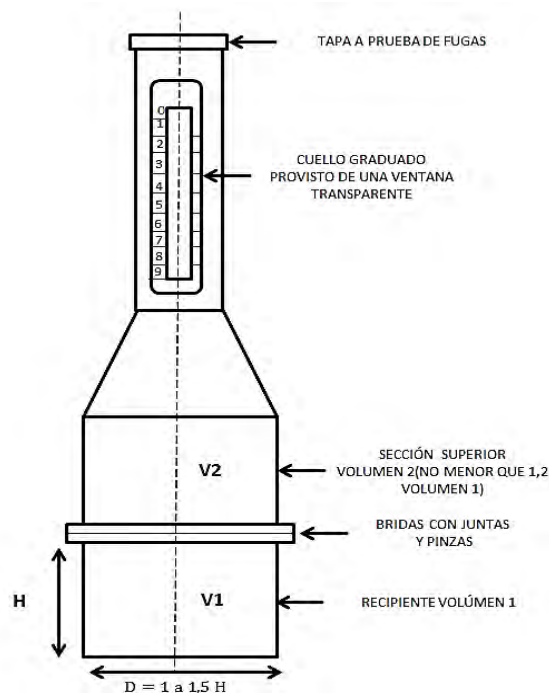


Figura B: Medidor de aire

- **Sección superior con tapa roscada-** Debe ser metal rígido con capacidad por lo menos de 20% mayor a la del recipiente con un empaque flexible y ganchos o pinzas para fijarla a la ceja del recipiente. Debe incluir un tubo de vidrio o plástico transparente con una escala con divisiones no mayores del 0,5% y aproximación de $\pm 0,1$ % del volumen del recipiente. La escala debe tener el cero en la parte superior y el 9% en la parte inferior. La parte superior debe tener una tapa roscada.

- **Embudo** - Metálico con cuello de dimensiones tales que permita acoplarlo a la sección superior del dispositivo **medidor y un tubo que llegue a la superficie del concreto fresco, diseñado de tal manera que impida alterar el concreto cuando se introduce agua.**
- **Varilla para compactación** - De acero u otro material igual o mayor resistencia a la abrasión, recta de sección circular de 16 mm de diámetro y por lo menos 300 mm de largo con extremos redondeados de forma semiesférica.
- **Regla para enrase**- Recta de acero de por lo menos 300 mm x 20 mm x 3 mm.
- **Recipiente para medir alcohol (copa aforada)**- de metal, vidrio o plástico con capacidad de $1.0 \% \pm 0.04\%$ del volumen del recipiente del aparato.
- **Pera de succión**- De hule con una capacidad de 50 ml.
- **Capsula de metal o plástico** con capacidad de 1L
- **Cuchara de albañil**
- **Cucharon** con capacidad de 1 L
- **Mazo de hule** de $600 \text{ g} \pm 200 \text{ g}$
- **Termómetro** con divisiones mínimas de 1°C
- **Placa de vidrio** de 6 mm de espesor.
- **Alcohol isopropílico** concentrado al 70 % en volumen.

Calibración del recipiente

Este se hace cuando el equipo se pone en uso inicialmente y posteriormente cada año o cuando exista sospecha de daño.

Se coloca en el borde superior grasa gruesa para evitar fuga de agua, se pesa el recipiente vacío con una precisión de 0,1%, se llena el recipiente con agua temperatura ambiente y se cubre con la placa de vidrio, se eliminan las burbujas de aire con una pipeta. Se pesa determinando la masa del agua requerida para llenar el recipiente con una precisión de 0,1%. Se mide la temperatura del agua y se determina la masa volumétrica de acuerdo a la tabla A.

Tabla A. Masa específica de agua a diferentes temperaturas.

Temperatura		Masa específica del agua kg/m^3
K	$^\circ\text{C}$	
277	4,0	1000,00
288	15	999,10
291	18	998,58
294	21	997,95
296	23	997,50
297	24	997,30
300	27	996,52
302	29	995,97

Se calcula el volumen del recipiente con la siguiente expresión:

$$V = \frac{Ma}{Me}$$

Dónde:

- V: Volumen del recipiente
- Ma: Masa de agua requerida para llenar el recipiente
- Me: Masa volumétrica del agua.

Preparación y acondicionamiento de la muestra

La muestra se obtiene de acuerdo a la NMX-C-161-ONNCCE

Se deben eliminar agregados retenidos en la malla 38.1 mm (1 ½"). El cribado debe realizarse con la alteración mínima del mortero. No se debe intentar limpiar el mortero que se adhiera a las partículas de agregado retenido.

Procedimiento

El ensaye se realiza en las condiciones ambientales del lugar

- **Varillado-** Llenar el recipiente con concreto fresco en dos capas de igual espesor, en la segunda capa la varilla debe penetrar la primera capa aproximadamente 20 mm. Cada capa se compacta con 25 penetraciones distribuidas uniformemente en toda la superficie del concreto. Después de compactar cada capa golpear suavemente los lados del recipiente con el mazo para cerrar los huecos dejados por la varilla de compactación y liberar las burbujas de aire que pudieran quedar atrapadas. Es recomendable en última capa dejar un exceso de concreto de 3 mm.
- **Enrasado-** Después de compactar la segunda capa se elimina el exceso de concreto con la regla de enrase.
- **Adición de agua-** Se coloca la cubierta en su posición y se introduce el embudo adicionando agua hasta que el nivel aparezca en el cuello del equipo, retirar el embudo y ajustar el nivel del agua hasta la marca cero. Por ultimo coloque la tapa roscada.
- **Inversión y agitación-** Varias veces invertir y agitar el aparato durante 45 segundos para desprender el concreto del fondo. Para evitar que el agregado quede atrapado en el cuello el invertido debe ser por no más de 5 segundos cada vez. Después de terminar el proceso de agitación incline el recipiente 45° aproximadamente y rueda sobre una superficie plana durante 1 min. A continuación se pone vertical el aparato y se espera a que se nivel del agua se estabilice y esto sucede cuando no se observa una diferencia mayor de 0.1%. **Si la espuma impide hacer la lectura se agrega alcohol y se registra el número de recipientes completos agregados.** Cuando el concreto contiene más del 6% de aire, puede requerirse más de 20 min para que el nivel de agua se estabilice. Se repite el rodado y balanceo hasta que dos lecturas consecutivas no tengan una diferencia de más de 0.25% en la lectura.

Cálculos

El contenido de aire en el concreto es la suma de la lectura del recipiente más el número de medidas de alcohol utilizado en el ensaye.

Precisión

No se encontró con datos necesarios para establecer la precisión.

El informe de la prueba debe contener como mínimo:

- Fecha, nombre y firma de quien realiza el ensayo
- Contenido de aire en por ciento, características del concreto
- Volumen del recipiente, normas de referencia.

Bibliografía

- NOM-008-SCFI-1993- Sistema generales de unidades de medida NMX-C-162-ONNCCE-Industria de la construcción-concreto- Determinación de la masa unitaria, cálculos del rendimiento y contenido de aire método gravimétrico
- NMX-C-251-ONNCCE- industria de la construcción- terminología
- NMX-Z-013- Guía para redacción, estructuración y presentación de normas mexicanas
- • ASTM-C-173-Standard method of test for air content of mixed concrete by the volumetric method.

Preguntas de Estudio

Método de ensaye estándar para determinar por el método volumétrico el contenido de aire del concreto recién mezclado ASTM-C-173-14

1. Este método de prueba se utiliza para concretos con qué tipo de agregados?
 - a) Relativamente densos
 - b) Solo ligeros
 - c) Cualquier tipo
 - d) Celular

2. ¿Cuáles son las especificaciones de la barra enrasadora?
 - a) Recta, lisa, de $\frac{3}{4}$ de pulgada de ancho, 30 cm de longitud y $\frac{1}{8}$ de pulgada de espesor.
 - b) Recta, lisa, de $\frac{3}{4}$ de pulgada de ancho, 20 cm de longitud y $\frac{1}{8}$ de pulgada de espesor.
 - c) Recta, lisa, de $\frac{1}{2}$ de pulgada de ancho, 30 cm de longitud y $\frac{1}{8}$ de pulgada de espesor.

3. ¿Cuál es la capacidad de la copa calibrada con relación al equipo?
 - a) 0.25%
 - b) $1 \pm 0.04\%$
 - c) 0.75%
 - d) 0.5%

4. ¿El alcohol isopropílico debe estar concentrado a qué porcentaje, en volumen?
 - a) Alcohol isopropílico, concentrado al 70%
 - b) Alcohol isopropílico, concentrado al 50%
 - c) Alcohol isopropílico, concentrado al 80%
 - d) Alcohol isopropílico, concentrado al 40%

5. ¿Cuál es el peso del mazo a utilizarse?
 - a) 800 g
 - b) $800 \text{ g} \pm 100 \text{ g}$
 - c) De 600 a 800 g
 - d) De 400 a 800 g

6. ¿Cuál es el tamaño del agregado permitido para esta prueba:
 - a) $\frac{1}{2}$ pulgada
 - b) $\frac{3}{4}$ pulgada
 - c) $1 \frac{1}{2}$ pulgada
 - d) 1 pulgada

7. En caso de que el TMA exceda lo que permite la norma, se debe cribar en húmedo
 - a) Falso
 - b) Verdadero

8. ¿En cuántas capas se debe llenar el recipiente de concreto?
- a) 2
 - b) 3
 - c) 1
 - d) 4
9. ¿Cuántos golpes con el mazo se deben dar por cada capa?
- a) De 10 a 15
 - b) 20
 - c) 30
 - d) 25
10. La adición de agua y alcohol se vacía directamente en el cuello del medidor
- a) Falso
 - b) Verdadero
11. ¿Cuánto tiempo se agita el dispositivo medidor del contenido de aire?
- a) Máximo 45 seg.
 - b) Mínimo 1 min.
 - c) Mínimo 45 seg.
 - d) Máximo 1 min.
12. ¿Por qué se agrega alcohol isopropílico al medidor?
- a) Para que salga bien todo el aire
 - b) Para dispersar la espuma
 - c) Para que se segregue bien la mezcla
 - d) Todas las anteriores
13. Al hacer la lectura directa del nivel final del líquido en el cuello del medidor de aire, la lectura se debe estimar al _más próximo.
- a) 0.50%
 - b) 0.10%
 - c) 1%
 - d) 0.25%

NMX-C-158-ONNCCE-2006

1. ¿Cuáles son las especificaciones de la varilla de este método de prueba?
 - a) Recta, lisa, de por lo menos 30 cm de longitud, con ambos extremos redondeados en forma semiesférica, de 5/8 de pulgada de diámetro.
 - b) Recta, lisa, de por lo menos 30 cm de longitud, con ambos extremos redondeados en forma hemisférica, de 3/8 de pulgada de diámetro.
 - c) Recta, lisa, de 40 cm de longitud, con ambos extremos redondeados en forma semiesférica, de 3/8 de pulgada de diámetro.
 - d) Recta, lisa, de 50 cm de longitud, con ambos extremos redondeados en forma semiesférica, de 3/8 de pulgada de diámetro.
2. El tamaño de agregado máximo permitido en la prueba es de:
 - a) 30.1 mm
 - b) 35.1 mm
 - c) 38.1 mm
 - d) 39.1 mm
3. La capacidad del recipiente debe ser de al menos:
 - a) 1 L
 - b) 2 L
 - c) 3 L
 - d) 4 L
4. La sección superior con capa roscada debe ser de material rígido con una capacidad de al menos un _____ % mayor que la de recipiente
 - a) 10
 - b) 15
 - c) 20
 - d) 25
5. La escala del cuello graduado del equipo tiene una escala de :
 - a) 0-6 %
 - b) 0-7%
 - c) 0-8%
 - d) 0-9%
6. Después de haber compactado cada capa se golpea suavemente los lados del recipiente con el mazo para:
 - a) Sacar todo el aire que tenga presente
 - b) Cerrar cualquier hueco que haya dejado la varilla de compactación
 - c) Permitir que se acomode el concreto adecuadamente
 - d) No se tiene que golpear con el mazo
7. Al contenido de aire que se reporta al leerse en el cuello graduado después de realizar el ensayo:
 - a) Sumar el número de medidas de alcohol utilizado en el ensaye
 - b) Restar el número de medidas de alcohol utilizado en el ensaye
 - c) Multiplicar por el número de medidas de alcohol utilizado en el ensaye
 - d) Dividir entre el número de medidas de alcohol utilizado en el ensaye

CONCLUSIÓN

ASTM- C- 173 / NMX- C- 158- ONNCCE- 2006 **“Método de ensaye estándar para determinar el contenido de aire en el concreto fresco por el método volumétrico”**

En la norma mexicana inicia con un prefacio el cual nos indica las instituciones que participaron en la elaboración de esta norma y en la ASTM no existe este prefacio, solo se menciona en una nota pequeña que está bajo la jurisdicción del comité C 09

La norma ASTM tiene referencias a mayor número de normas y en este método se hace referencia a dichas normas, la norma mexicana es escueta en la referencia, solo se hace referencia a la norma de muestreo.

La norma ASTM se usa para determinar el contenido de aire en los concretos elaborados con agregados ligeros, escoria enfriada con aire y agregados de alta porosidad o agregados naturales vesiculares mientras que la norma mexicana dice que se aplica a concretos elaborados con cualquier tipo de agregado (pesado, celular o ligero), además menciona que está limitado hasta un tamaño máximo de agregado de 38.1 mm

En este capítulo la parte de significado y uso, la ASTM se comenta que el valor del contenido de aire determinado por este método, puede ser mayor o menor que el contenido de aire del concreto endurecido, esta variación depende de los métodos y cantidad de la consolidación.

En la descripción de equipo, la NMX menciona el uso de una varilla de compactación con dimensiones de 300 mm de longitud, mientras que la ASTM hace mención a una varilla de longitud variable pero no mayor a 600 mm la cual se indica en la práctica ASTM-C-31.

En la norma ASTM se describe al alcohol isopropilico que en grandes cantidades se usa en el ensayo, debe ser una dilución al 70% por volumen o 65% en peso, la NMX no hace una descripción adecuada de las características del alcohol isopropilico, aunque menciona escuetamente una dilución del 70%.

En la norma ASTM el apartado de calibración se menciona dentro del cuerpo de la norma mientras que en la norma NMX la calibración se remite a un apéndice informativo A que describe la calibración del recipiente medidor.

Las condiciones ambientales son establecidas en la norma mexicana, la norma ASTM no le da importancia a estos factores.

El proceso de varillado no está descrito correctamente en la norma NMX ya que menciona al inicio el llenado del recipiente en dos capas y posteriormente hace mención al llenado de dos capas superiores y no en dos como se indica al inicio; lo correcto es el llenado en dos capas como se menciona en la norma ASTM . Así mismo la norma mexicana deja abierto el número de golpes que se deben dar hasta que se cierren los huecos de la varilla de compactación y se libere el aire atrapado en el concreto, la norma ASTM da un rango de 10 a 15 golpes.

La norma ASTM indica que se adiciona agua y una cantidad seleccionada de alcohol isopropílico, la norma mexicana no hace mención de la cantidad de alcohol isopropílico agregado y del registro del mismo lo cual está contenido en comentarios de la nota 4 de la norma ASTM.

En el procedimiento de ensaye hace una descripción más detallada que en la norma NMX. En esta norma NMX también se omitieron algunos conceptos que pueden ser necesarias para la ejecución correcta del procedimiento de ensaye.

En la norma ASTM existe una indicación sobre el coeficiente de variación que se ha encontrado para la ejecución por varios operadores y que el resultado de los ensayos realizados por dos diferentes operadores con una misma muestra, no deben diferir cada uno de ellos en más del 32% de su resultado promedio

Capítulo 7

ASTM- C- 31-12 / NMX- C- 159- ONNCCE- 2016

“Método de ensayo estándar para la elaboración y curado de especímenes de concreto”

El presente análisis tomó como referencia la norma mexicana editada por el ONNCCE NMX-C-159 y la norma internacional ASTM-C-31
Para obtener las normas completas consultar: www.astm.org
www.onncce.org.mx

ASTM- C- 31-12/NMX- C- 159- ONNCCE- 2016

“Método de ensayo estándar para la preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en obra”

PREÁMBULO

Todos los concretos se diseñan para cumplir con características específicas y estas dependen de la función del concreto en la estructura durante su vida útil.

Contenido de aire, resistencia a la compresión, resistencia a la tensión, temperatura, revenimiento, masa unitaria, entre otras características son requeridas para evaluar el concreto y así tomar una decisión oportuna para la aceptación o rechazo del concreto en la obra. De las características importantes que se deben evaluar en el concreto, una es la resistencia. Por lo tanto, los especímenes para el ensayo deben ser elaborados de forma normalizada para que los resultados de los ensayos sean confiables.

El método de ensayo ASTM-C-31 detalla los procedimientos para fabricar y curar los cilindros y vigas del concreto en obra, los cuales se someterán a ensayos de resistencia.

ASTM-C-31-12

“Método de Ensayo normalizado para la preparación y curado de especímenes de concreto para ensayo en obra.”

Alcance

Este procedimiento describe la preparación y curado de especímenes cilíndricos y de vigas con el concreto fresco procedente de muestras representativas para un proyecto de construcción. No aplica para concretos cuyo revenimiento no es mensurable o cuando se requieran especímenes de diferentes tamaños y formas a los mencionados en esta norma.

Terminología

Para mayor información ver el documento *Terminology* C-125

Uso

En este procedimiento se señalan los requisitos normalizados para elaboración, curado, protección y transporte de los especímenes para ensayo, en las condiciones de campo.

Equipo

- **Moldes** – Deben ser de acero o de un material no reactivo con el concreto y que mantenga sus dimensiones y formas bajo las condiciones de uso, impermeables y capaces de mantener el agua de mezclado del concreto. Deben contar con un sellado adecuado para impedir la fuga de agua a través de las juntas, se menciona el uso de una grasa pesada, arcilla de modelar o cera micro cristalina para mayor hermeticidad, deben contar con aditamentos adecuados para mantener firmemente unido el molde a una placa de apoyo. En caso de usar moldes reutilizables, éstos deben cubrir con una capa ligera de aceite mineral o con un material desencofrante adecuado no reactivo para facilitar el desmolde, antes de ser utilizado".
- **Moldes cilíndricos** - Deben cumplir con los requisitos de la especificación C 470/ C 470 M.
- **Moldes para vigas** – Las superficies interiores de los moldes deben ser lisas. La máxima variación de la sección transversal nominal no debe exceder 1/8 in (3 mm) para moldes con un espesor o ancho de 6 in (150 mm) o más. Los moldes deben formar especímenes de al menos una longitud no menor a 1/16 in (2 mm) que la requerida. Los lados, el fondo y las orillas deben formar ángulo recto entre sí.
- **Varilla de compactación** - Debe ser de acero, recta, de forma cilíndrica de diámetro conforme a los requisitos de la Tabla 1. EL largo de la varilla de compactación debe ser al menos 4 in (100mm) mayor que el espesor del molde en el cual se está elaborando el espécimen, pero no mayor que 24 in (600 mm) de largo total. La tolerancia en longitud para la varilla de compactación debe ser $\pm 1/8$ in (± 4 mm). La varilla debe tener los extremos semiesféricos del mismo diámetro de la varilla.

Tabla 1. Requisitos para el diámetro de la varilla de compactación.

Diámetro del cilindro o ancho de la viga in (mm)	Diámetro de la varilla in (mm)
<6 (150)	3/8 ± 1/16 (10 ± 2)
≥6 (150)	5/8 ± 1/16 (10 ± 2)

- **Vibradores-** Para vibradores internos la frecuencia debe ser de al menos 9000 vibraciones por minuto (150 Hz) cuando esté funcionando en el concreto, el diámetro de vibradores cilíndricos no mayor que un cuarto del diámetro del molde cilíndrico o un cuarto del ancho del molde de viga. La longitud combinada de la flecha y el cabezal debe exceder el peralte de la sección vibrada en por lo menos 3 in (75 mm). Es importante controlar la frecuencia del vibrador periódicamente, con un dispositivo adecuado.
- **Mazo** – Con cabeza de hule o de cuero crudo con un peso de 1.25 ± 0.50 lb (0.6 ± 0.2 kg)
- **Herramientas para el llenado del molde** – para la colocación del concreto en los moldes cilíndricos es aceptable un cucharón. Para la colocación del concreto en un molde para vigas se acepta utilizar una pala o un cucharón indistintamente.
- **Herramientas de acabado** - Llana de mano o de allanado".
- **Equipo de revenimiento** – Debe cumplir con los requisitos indicados en el método de ensayo C 143 /C 143 M.
- **Recipiente de muestreo** - El recipiente debe ser de lámina gruesa de metal, carretilla o charola, de capacidad suficiente para permitir volver a mezclar fácilmente el total de la muestra con una pala o cuchara de albañil.
- **Aparatos de contenido de aire** - Los aparatos para medir el contenido de aire deben cumplir con los requisitos de los métodos de ensayo C 173 / C 173 M o C 231.
- **Dispositivos de medición de temperatura** - Deben cumplir con los requisitos señalados en el método de ensayo C1064/C1064M".

Requisitos de ensayo

- **Especímenes Cilíndricos** - La altura debe ser dos veces el diámetro. El diámetro del cilindro debe ser al menos 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso excede 2 in (50 mm) la muestra de concreto debe ser tamizada a través de un tamiz de 2 in (50 mm) como se describe en el método de ensayo C 172. Para ensayos de aceptación respecto a la

resistencia a la compresión especificada, los cilindros deben ser de 6 por 12 in (150 por 300 mm) o 4 x 8 in (100 x 200 mm).

- **Especímenes prismáticos (Vigas)** – Para la resistencia a la flexión, deben ser colados y dejar endurecer en posición horizontal. La longitud debe ser al menos 2 in (50 mm) más grande que tres veces el peralte de ensayo. La relación del ancho al peralte como se moldea no debe exceder 1.5. La viga normalizada debe tener una sección transversal de 6 por 6 in (150 por 150 mm) y debe ser utilizada para concreto con agregado grueso de tamaño nominal máximo de hasta 2 in (50 mm). Cuando el tamaño nominal máximo del agregado grueso exceda 2 in (50 mm) la menor dimensión de la sección transversal de la viga debe ser al menos tres veces el tamaño nominal máximo del agregado grueso. Las vigas hechas en obra no deben tener un ancho o peralte menor a 6 in (150 mm).

Muestreo de concreto

Las muestras deben ser obtenidas de acuerdo con el método C 172.

Registre la identificación de la muestra con respecto a la ubicación del concreto representado y la fecha de elaboración.

Revenimiento, Contenido de aire y Temperatura

- **Revenimiento** – Se determine y registra como se indica en el método C 143 / 143.
- **Contenido de aire** - De acuerdo al método de ensayo C 173/C 173M o C 231. El concreto que se empleó para la determinación del contenido de aire no debe ser utilizado en la elaboración de los especímenes de ensayo.
- **Temperatura** – Se determina de acuerdo con el ensayo C 1064/ C1064M.

Moldeado y curado de especímenes

Se deben moldear rápidamente sobre una superficie rígida, libre de vibración y perturbaciones, determine el método de compactación que puede ser por varillado o vibración, los cuales se describen en la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4. Se determina el número de penetraciones por capa considerando una por cada 2 pulgadas cuadradas (14 cm²) del área de la superficie superior de la viga.

Tabla 2: Método de compactación

Asentamiento, in (mm)	Método de compactación
≥ 1 (25)	Varillado o vibración
≤ 1 (25)	Vibración

Tabla 3: Varillado

Tipo y tamaño de espécimen	Número de capas	Número de varillado por capa
Cilindros		
Diámetro, in(mm)		
4 (100)	2	25
6 (150)	3	25
9 (225)	4	50
Vigas		
Ancho, in (mm)		
6 (150) a 8 (200)	2	una por cada 2 in ² (14 cm ²)
>(200)	3 o más de igual profundidad sin exceder 6 in	una por cada 2 in ² (14 cm ²)

Tabla 4.- Requerimientos de Vibración

Tipo y tamaño de espécimen	Número de capas	Número de inserción del vibrador por capa	Profundidad de la capa in (mm)
Cilindros			
Diámetro in (mm)			
4 (100)	2	1	Mitad del espécimen
6 (150)	2	2	Mitad del espécimen
9 (225)	2	4	Mitad del espécimen
Vigas			
Ancho in (mm)			
6 (150) a 8 (200)	1	Intervalos que no excedan 6 in (150mm) a lo largo del centro de la dimensión larga del espécimen	La profundidad del espécimen
Más 8 (200)	2 ó más	Alternar inserciones a lo largo de dos líneas	8 (200) lo más cerca posible

Métodos de consolidación

Varillado.- Se coloca el concreto en el molde en el número de capas especificado y se compacta cada capa distribuyendo las penetraciones en forma uniforme en toda la superficie; para cada capa superior, permita que la varilla penetre a través de la capa moldeada y en la capa inferior aproximadamente. 1 in (25 mm) Después de la compactación de cada capa, golpee ligeramente la parte exterior del molde diez a quince veces con el mazo y a continuación, introduzca la cuchara de albañil u otra herramienta adecuada a lo largo y en las orillas del molde.

Durante la consolidación de la capa superior, debe colocarse concreto para mantener el espesor correcto de concreto sin sobrellenarlo en exceso.

Vibrado.- Se mantiene la duración del vibrado igual para una clase de concreto específica; la duración del vibrado requerido es función de la trabajabilidad del concreto y de la eficiencia del vibrador. El tiempo de vibrado se termina cuando la superficie del concreto esta lisa y las burbujas de aire grandes dejan de salir por la parte superior de la superficie. Coloque todo el concreto para cada capa en el molde antes de iniciar el vibrado de la capa, sin descuidar el fondo y los lados del molda. Al colocar la capa final, cuide solo sobrellenar el molde en no más de ¼ de pulgada (6 mm).

Cilindros - El número de penetraciones del vibrador en cada capa se indica en la tabla 4. Introduzca el vibrador en toda la capa que se está vibrando y en una pulgada de la capa inferior; a continuación, golpee el exterior de la pared del molde 10 veces mínimo con el mazo para cerrar los orificios y expulsar el aire atrapado.

Al terminar la compactación, acabe la superficie del espécimen utilizando la varilla de compactación para formar una superficie plana al nivel del borde del molde sin que existan depresiones o bordes de más de 1/8" (3mm). Si se considera cabecear la superficie con una capa ligera de cemento portland, se realiza siguiendo las indicaciones de la norma C-617.

Vigas - Se inserta el vibrador espaciado uniformemente a no más 6 pulgadas (150 mm) siguiendo una línea central de la longitud del espécimen; si el espécimen es más ancho que 6 pulgadas (150 mm) se realizan las penetraciones a lo largo de dos líneas, introduciendo el vibrador en la capa inferior de la que se está vibrando una pulgada (25 mm). Después de compactar cada capa, golpeé las paredes del molde por el lado exterior un mínimo de 10 veces con el mazo para cerrar los orificios y expulsar el aire atrapado. A continuación, Al terminar la compactación, acabe la superficie del espécimen utilizando la llana o herramienta similar para formar una superficie plana al nivel del borde del molde sin que existan depresiones o bordes de más de 1/8" (3mm).

Identifique los especímenes señalando el concreto que representan mediante un método que no altere la superficie del concreto. Después de descimbrar los especímenes, márquelos para mantener la identificación.

Curado

• **Almacenamiento** - Si los especímenes se moldearon en un lugar diferente al sitio donde serán curados, se mueven de inmediato después del acabado, al lugar de curado inicial para almacenarlos durante 48 h como máximo en un rango de temperatura de 60 a 80 °F (16 a 27 °C) en ambiente que no propicie la pérdida de humedad. Para una mezcla con resistencia de 6000 psi (40 MPa) o más, la temperatura de curado inicial debe ser entre 68 y 78 °F (20 y 26°C); se deben proteger los especímenes de la luz directa del sol. Los cilindros al completar el curado inicial y dentro de los 30 min después de quitar los moldes, inicie el curado final de los especímenes con agua simple que se mantenga sobre sus superficies todo el tiempo a una temperatura de 73.5 ± 3.5 °F (23 ± 2.0 °C).

Las vigas serán curadas igual que los cilindros a diferencia que estas se almacenan en agua saturada de hidróxido de calcio a la temperatura de 73.5 ± 3.5 °F (23 ± 2 °C) por lo menos 20 horas antes de ser ensayadas. Se debe cuidar que no se seque la superficie de las vigas en el tiempo que transcurre desde su extracción del almacenamiento en agua hasta el momento del ensayo.

Cuando se van a transportar los especímenes de la obra al laboratorio, estos deben ser trasladados después de 8 h del fraguado final y el tiempo de transporte no debe exceder las 4 horas. Durante el transporte se deben proteger los especímenes adecuadamente para evitar daños por vibración o sacudidas, pérdida de humedad o congelamiento.

Informe

El informe debe contener:

- Número de identificación del espécimen
- Ubicación del concreto representado por las muestras
- Fecha, hora y nombre de la persona que elaboró los especímenes
- Revenimiento, contenido de aire, temperatura del concreto, resultados de ensayos y cualquier desviación de los ensayos normalizados citados.
- Método de curado.

Bibliografía

- Normas ASTM
- C 125 Terminology Relation to Concrete and Concrete Aggregates
- C 138 / C 138M Test Method for Density (unit Weight) Yield and Air Content (gravimetric) of Concrete
- C 143/C 143 M Test Method for slump of Hydraulic-Cement Concrete
- C172 Practice for sampling Freshly Mixed Concrete
- C 173/ C 173 M Test Methods for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method
- C231 / Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method
- C 330 specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete
- C 403/C 403 Test Method for time of setting of concrete Mixtures by Penetration Resistance
- C 470/ C 470M Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically
- C 511 Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and water Storage tanks used in the testing of hydraulic cements and concretes.
- C 617 Practices for Capping Cylindrical Concrete Specimens
- C 1064/ C 1064M Test methods for temperature of freshly mixed hydraulic-cement concrete 2.2.
- C 1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation
- Publicaciones del American Concrete Institute
- 309R Guide for consolidation of concrete

NMX-C-159-ONNCCE-2016 **Industria de la construcción-Concreto- Elaboración y curado de** **especímenes de ensayo**

Objetivo

Esta norma señala los procedimientos para fabricar y curar en obra o en el laboratorio los especímenes de concreto requeridos en los ensayos.

Campo de aplicación

Esta norma es aplicable a concretos con tamaño Máximo Nominal que no exceda de 50mm y con fluidez que permita compactarlos, ya sea por varillado o vibración. No es aplicable a concreto auto consolidable

Términos y Definiciones

- **Curado** - proceso que favorece la hidratación del cemento y materiales cementantes en la mezcla en un ambiente especificado de humedad, temperatura y tiempo.
- **Tamaño Máximo del Agregado** – Es la dimensión de la criba de menor abertura por la que pasa la totalidad del agregado.

Materiales auxiliares

- Desmoldante no reactivo como puede ser aceite mineral ligero
- Sellador como parafina, plastilina, etc.
- Herramientas de uso general, de material resistente, no reactivo con el concreto y no absorbente como pala, llana, cucharón, cuchara de albañil,, recipiente con capacidad suficiente para contener la muestra, enrasador, mazo con cabeza de hule y peso de 600g \pm 200g, material impermeable para proteger la muestra como lonas, etc.

Equipo

- Moldes y accesorios en general - Deben ser de acero u otro material no absorbente y que no reaccione con el concreto hidráulico; debe mantener su forma y dimensiones durante su uso y ser impermeables y estancos, en caso contrario, es necesario un material sellador adecuado como plastilina u otros materiales para prevenir filtraciones en las juntas. En caso de ser de dos piezas, requieren de dispositivos para sujetar firmemente la placa de base a las paredes laterales de los moldes. Antes de su uso se revisten interiormente con aceite mineral u otro material similar. Su dimensión menor debe ser como mínimo tres veces mayor que el tamaño máximo nominal del agregado.

- **Moldes cúbicos.**

Se requiere que tengan un ensamble justo para que sean estancos. Las paredes adyacentes deben ser perpendiculares entre sí, con desviación máxima de 0,5° y todas las dimensiones tienen una tolerancia de 1% de su dimensión nominal. Sus caras internas deben ser planas con una tolerancia de hasta 0,05 mm.

- **Moldes cilíndricos verticales**

El plano del borde debe ser perpendicular a su eje y sus dimensiones en diámetro y altura no deben variar en más del 1%. Ningún diámetro debe diferir de cualquier otro en más de 2%. Requieren de una base metálica maquinada si son metálicos y si son de otro material, la base debe ser del mismo material que las paredes o metálica, con planos lisos y con dispositivos para sujetar las paredes firmemente a la base del molde, con su plano perpendicular al eje del molde y cumplir con lo indicado en la NMX-C-281.

- **Moldes prismáticos**

Los moldes para vigas de forma prismática y de dimensiones requeridas para generar los especímenes que se han definido en el ensayo específico. La superficie interior debe ser lisa, plana y libre de imperfecciones, los lados, la base inferior y las caras extremas deben formar ángulos rectos entre sí con una tolerancia de $\pm 5^\circ$. La variación máxima de la sección transversal nominal no debe exceder de ± 3 mm para moldes de 150 mm o más de peralte o ancho, la longitud de los moldes no debe exceder de la longitud requerida en ± 3 mm.

- **Varilla de compactación**

Varilla cilíndrica de acero con extremo o extremos semiesféricos del mismo diámetro que la barra. Son dos tamaños:

Larga de $16 \text{ mm} \pm 1,5 \text{ mm}$ de diámetro y $600 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$ de longitud. Corta de $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ de diámetro y $300 \text{ mm} \pm 15 \text{ mm}$ de longitud.

- **Vibradores**

Vibradores de inmersión con flecha flexible o rígida accionados preferentemente por motor eléctrico con frecuencia de 9000 o más vibraciones por minuto. El diámetro externo o la dimensión lateral del cabezal no mayor que $\frac{1}{4}$ del diámetro del cilindro molde prismático. La longitud combinada de flecha y cabezal debe ser mayor en cuando menos 75 mm que la profundidad máxima de la sección que se está vibrando. Se requiere verificar la frecuencia de vibración dentro del concreto.

Los vibradores externos pueden ser: de mesa o de plancha, con frecuencia no menor a 3600 revoluciones por minuto.

Debe contar con dispositivos para fijar firmemente los moldes al vibrador y se tiene que disponer de un tacómetro para verificar la frecuencia.

- **Enrasador o regla metálica** con bisel de longitud no menor a 200 mm

Preparación y acondicionamiento de las muestras

Especímenes cúbicos.- se elaboran para determinar la resistencia a la compresión.

Especímenes cilíndricos.- se elaboran para los ensayos de resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, flujo plástico y de tensión por compresión diametral, con longitud igual al doble de su diámetro y dimensión mínima de 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Diámetro mínimo de 5 cm y longitud mínima de 10 cm. Estos especímenes se elaboran y se dejan endurecer con el eje del cilindro en posición vertical. Especímenes prismáticos.- tales como vigas para ensayos de flexión, cubos para el de compresión, barras para ciclos de congelación y deshielo, adherencia, cambios de longitud y de volumen y otros, se elaboran con su eje mayor en posición horizontal y deben cumplir con las dimensiones especificadas en dichos métodos de ensayo.

Las vigas para ensayo de flexión, deben tener una longitud de por lo menos 50 mm mayor que tres veces el peralte en posición de ensayo. La viga estándar es de 150 mm x 150 mm de sección transversal.

Dimensión del espécimen en relación al tamaño del agregado

La dimensión menor de una sección transversal rectangular, el diámetro de los especímenes cilíndricos como mínimo debe ser de tres veces el tamaño máximo nominal del agregado.

El tamaño máximo nominal del agregado es la dimensión de la criba de menor abertura por la que pasa la totalidad del agregado con retenido máximo de 10%. Si el agregado grueso es de tamaño máximo mayor al aceptable, se criba la muestra de concreto de acuerdo con el Apéndice A de la NMX-C-161- ONNCCE.

Número de especímenes

La cantidad de especímenes para ensayos, depende de los objetivos establecidos del programa de ensayos. En la práctica comúnmente se señalan las cantidades en los métodos de ensayo. En forma rutinaria se elaboran dos o más especímenes para cada edad y para cada condición de ensayo a menos que haya una especificación diferente.

Condiciones ambientales

El ensayo se realiza en las condiciones ambientales del lugar; se tiene que registrar la temperatura y en forma opcional, se registra la humedad.

Si la elaboración se efectúa en el laboratorio, la temperatura se debe mantener entre 20 °C y 25 °C.

Elaboración de especímenes.- Se elaboran en el lugar en donde se almacenaran durante las primeras 24 h debiendo transportar la muestra a dicho lugar, inmediatamente después de su toma. La superficie donde se colocan debe ser plana, rígida y horizontal, libre de vibraciones y otras perturbaciones, cuidando que no se golpeen, evitando movimientos bruscos y el rayado de la superficie de los especímenes.

Colocación.- Se remezcla el concreto en el recipiente de muestreo para prevenir la segregación; a continuación, se coloca el concreto en los moldes usando el cucharón el que se mueve alrededor del borde superior del molde al descargar el concreto. Distribuir el concreto colocado con la barra de compactación. Al colocar la última capa el operador debe observar que la cantidad de concreto llene y reboce el molde después de la compactación. **Número de capas.-** Elaborar los especímenes por llenado y compactado por capas, de acuerdo a lo indicado en la tabla 1.

Tabla 1.- Número de capas requeridas para los especímenes

Tipo y tamaño de espécimen	Modo de compactación	Número de capas de aproximadamente igual espesor
Cilindros Diámetro (mm)		
75 a 100	Varillado	2
150	Varillado	3
225	Varillado	4
Mayor a 225	Vibrado	2
Prismas Profundidad (mm)		
Hasta 200	Varillado	2
Arriba de 200	Varillado	3 o más
Hasta 200	Vibrado	1
Arriba de 200	Vibrado	2 o más

Métodos de compactación.- La elaboración adecuada de los especímenes se realiza por diferentes métodos de compactación. Estos métodos son el varillado y el vibrado interno y externo.

La selección del método de compactación se basa en el revenimiento, a menos que se indique uno específico en las especificaciones de contrato.

Los concretos con revenimiento mayor a 80 mm se varillan.

Los concretos con revenimiento entre 30 y 80 mm se varillan o se vibran.

Los concretos con revenimiento menor a 30 mm se compactan mediante vibrado. No se debe utilizar vibración interna en especímenes cilíndricos con diámetro menor a 100 mm o menor ni en vigas o prismas de 100 mm de ancho o altura o menor.

- **Varillado.-** Se coloca el concreto en el molde, en el número de capas especificado, de aproximadamente igual espesor; se varilla cada capa con el extremo redondeado de la barra, con el número de penetraciones y tamaño de la barra especificados en la tabla 2, compactando la capa inferior en todo su espesor. En las capas subsecuentes se distribuyen uniformemente las penetraciones en toda la sección transversal del molde cuidando que la barra penetre aproximadamente 20 mm en la capa inmediata inferior.

Después de compactar cada capa se golpean ligeramente las paredes del molde utilizando el mazo de cabeza de neopreno para eliminar las oquedades que deja la varilla hasta lo que se considere conveniente mediante observación visual. Para los moldes prismáticos, después del varillado en cada capa se introduce y saca repetidamente una cuchara de albañil u otra herramienta similar en la zona de contacto del concreto y el molde en todo su perímetro.

Tabla 2. Diámetro de la varilla y Número de penetraciones

Diámetro de cilindro, mm	Cilindros Diámetro de varilla, mm	Número de penetraciones
75<150	10±2	25
150	16±2	25
200	16±2	50
250	16±2	75
Área de la superficie superior del espécimen, cm ²	Vigas y Prismas Diámetro de varilla, mm	Número de penetraciones
100 o menos	10±2	25
165 a 310	10±2	Una por cada 7 cm ² de superficie
165	10±2	Una por cada 14 cm ² de superficie

Si la compactación se lleva a cabo por medio del vibrado, el tiempo de vibrado depende de la consistencia del concreto, efectividad del vibrado y dimensiones del molde.

La vibración se efectúa sólo el tiempo necesario para lograr la compactación necesaria del concreto, lo cual se logra cuando la superficie del concreto empieza a tener un aspecto de lisa y brillante.

El exceso de vibrado produce segregación. El tiempo de vibrado en moldes similares y para el mismo concreto debe ser aproximadamente siempre el mismo.

Se coloca dentro del molde todo el concreto de una capa antes de empezar la vibración de la misma; se coloca la última capa de tal forma que se evite rebasar el molde en más de 50 mm y se enrasa la superficie después de que se ha completado la compactación.

Nota : _____

En caso de cilindros: Si a consecuencia de la compactación de la última capa, el concreto se asienta a un nivel inferior del borde superior del molde, antes de la vigésima penetración, se agrega concreto en una sola ocasión para mantener su nivel por encima del borde del molde todo el tiempo.

- **Vibración interna.-** El diámetro de la flecha del vibrador interno debe ser la cuarta parte del ancho del molde. Para especímenes cilíndricos la relación del diámetro del cilindro debe ser cuatro veces mayor que el diámetro del vibrador. Al compactar el espécimen evite tocar los lados y el fondo del molde ni descansar en ellos o golpear los elementos ahogados en el concreto como son los deformímetros. Se extrae cuidadosamente el vibrador cuidando que no produzca oquedades en el espécimen. Después de vibrar cada capa, con el mazo de cabeza de neopreno se golpean ligeramente los lados del molde para eliminar las burbujas de aire atrapado.

- **Cubos.-** Se aplica el vibrador el tiempo y veces necesario para lograr una compactación completa, evitando un sobre vibrado que cause pérdida de aire incluido y/o segregación.

- **Cilindros.-** Para cada capa el vibrador se introduce tres veces en diferentes puntos penetrando la capa en proceso y 20 mm aproximadamente en la capa inferior.

- **Vigas y prismas.-** El vibrador se introduce en sitios separados que no excedan 150 mm a lo largo del eje longitudinal del espécimen. Para especímenes de ancho mayor a 150 mm, el vibrador se introduce en forma alternada a lo largo de dos líneas cuidando que no penetre más de 20 mm en la capa inmediata inferior.

- **Vibración externa.-** Al emplear vibración externa, se tiene que fijar firmemente el molde contra el vibrador seleccionado. El molde debe ser lo suficientemente rígido para asegurar la transmisión de las vibraciones sin perder su forma. El tiempo de vibrado se suspende cuando la superficie externa del espécimen tiene un aspecto liso y brillante.

Acabado

Después de compactar los especímenes, se enrasa la superficie del concreto. Si no se especifica un acabado especial, se termina la superficie con un enrasador rígido de metal con el mínimo de pasadas para obtener una superficie plana y uniforme a nivel de las orillas del molde.

Cilindros.- Después de la compactación y enrasado, si se decide cabecear la superficie del cilindro con una capa de cemento delgada, se puede efectuar dicho cabeceo antes de que endurezca el concreto siguiendo las indicaciones de la norma NMX-C-109-ONNCCE, en seguida se identifica el espécimen mediante algún

Procedimiento que no dañe la superficie expuesta del concreto. Cuando se desmolde el espécimen, se marca el cilindro para conservar su identificación.

Curado

Para evitar la fuga de agua del concreto sin fraguar, es necesario cubrir inmediatamente los especímenes con algún material que conserve la humedad, como puede ser un yute húmedo, una membrana de plástico impermeable, etc.

Descimbrado.- La quita del molde a los especímenes, debe ser después de 20 a 24 h después de su elaboración.

Ambiente de curado

El sitio, debe ser libre de vibraciones y los especímenes estar protegidos de cambios bruscos de temperatura y humedad el tiempo que permanezcan en el sitio de elaboración y después, se deben cumplir los requisitos que señala la NMX-C-148-ONNCCE.

Curado de especímenes

Especímenes cilíndricos y cúbicos

Los especímenes de ensayo para determinar la resistencia se retiran de sus moldes preferentemente a las 24 h, medidas a partir de su moldeo y almacenarse de inmediato en condición húmeda y temperatura de 23 ± 2 °C hasta el momento de su ensayo. El curado húmedo se hará conforme a los requisitos de la NMX-C-148- ONNCCE.

Cuando los especímenes se utilicen para el descimbrado de elementos estructurales o poner en servicio una estructura, deben almacenarse sobre ella o lo más cercano posible y con la misma protección de los elementos estructurales. Los especímenes se ensayan con la humedad de curado especificado. Estos especímenes se descimbran cuando se retira la cimbra, siguiendo lo indicado en párrafos anteriores, cuando sea aplicable.

Curado de las vigas

Los especímenes de ensayo para determinar la resistencia a la flexión, se desmoldan entre 24 y 48 h después de su elaboración y se curan como se indicó para los cilindros, excepto que se almacenan por 20 h mínimo antes de su ensayo, en agua saturada con cal a la temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2$ °C.

Entre el momento del retiro de los especímenes del curado y el inicio del ensayo debe evitarse el secado de la superficie porque se reduce la resistencia a la flexión en forma significativa.

Curado de vigas para definir la puesta en servicio de una estructura.

Los especímenes se curan de igual forma que el concreto en la estructura. Entre 48 y 52 h después de su moldeo se transportan los especímenes a un lugar seguro cercano al laboratorio y se retiran los moldes.

Los especímenes de control de pavimentos, se almacenen en el suelo donde se elaboraron con la superficie superior hacia arriba

Los lados y orillas se protegen con tierra húmeda, dejando la superficie superior expuesta al tratamiento de curado.

Los especímenes de concreto estructural se almacenan lo más cerca posible a la estructura y recibir la misma protección de temperatura del medio ambiente y curado de dicha estructura. Al finalizar el curado, los especímenes se dejan en las mismas condiciones de la estructura; a las 24 a 28 h antes de su ensayo, se retiran de su almacenamiento en el campo y se colocan en agua saturada con cal para asegurar su condición de curado. Se debe evitar el secado durante el tiempo que se retira del curado hasta su ensayo.

Transporte de especímenes al laboratorio

Los especímenes elaborados se transportan después de 20 horas de su fabricación, protegiéndolos con material adecuado para evitar daños por vibración o golpes y pérdida de humedad.

Los especímenes prismáticos se transportan en posición vertical. El informe debe contener:

- Identificación de los especímenes
- Localización del concreto en la estructura
- Fecha y hora de elaboración
- Revenimiento y otras características
- Método de curado

Bibliografía

- ASTM-C-31/C31M- 12 Standard practice for making and curing concrete test specimens in the field
- ASTM-C-33/C33M-13- standard Specification for concrete aggregates
- ASTM-C-470/C470M - 09- Standard Specification for molds for forming concrete test cylinders vertically
- ASTM-C-617/C617M-12- Standard practice for capping cylindrical concrete specimens.
- NMX-C-251-ONNCCE-1997- Industria de la construcción- Terminología
- NOM-008-SCFI-1993- Sistema general de unidades de medida
- NMX-Z-013-1977- Guía de la redacción, estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas.

Preguntas de Estudio

Práctica normalizada para la preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en la obra ASTM-C-031

1. Esta norma señala los requisitos normalizados para preparar, curar, proteger y transportar los especímenes de ensayo.
 - a) Falso
 - b) Verdadero

2. Para cilindros con un diámetro de 6 pulgadas (150 mm) o mayores, la varilla de compactación debe ser una varilla de acero, recta y redonda con un diámetro de:
 - A) 3/8 de pulgada
 - a) 3/4 de pulgada
 - b) 1/2 pulgada
 - c) 5/8 de pulgada

3. La frecuencia mínima de un vibrador interno usado en este procedimiento es de:
 - a) 7000 vibraciones por minuto
 - b) 8000 vibraciones por minuto
 - c) 7500 vibraciones por minuto
 - d) 9000 vibraciones por minuto

4. El recipiente para la obtención de la muestra de concreto en este procedimiento puede ser un contenedor metálico, una carretilla o charola plana limpia y no absorbente.
 - a) Falso
 - b) Verdadero

5. ¿El molde cilíndrico estándar de 6 por 12 pulgadas (150 por 300 mm) puede usarse para agregados con partículas que no excedan en tamaño de?
 - a) 1 pulgada
 - b) 3/4 pulgada
 - c) 1 1/2 pulgada
 - d) 2 pulgadas

6. Cuando hay que elaborar especímenes para pruebas de resistencia, ¿Qué otras tres pruebas deben hacerse?
 - a) Revenimiento, contenido de aire y temperatura
 - b) Peso volumétrico, temperatura y revenimiento
 - c) Contenido de aire, muestreo y temperatura
 - d) Temperatura, peso volumétrico y moldeo

7. Después de moldear los especímenes para la prueba de resistencia, Ud. Deberá esperar dos horas antes de trasladarlos al lugar de almacenamiento inicial hasta secado superficial del concreto en el molde.
- Falso
 - Verdadero
8. ¿Qué método se usa para consolidar un espécimen con revenimiento menor de 1 pulgada?
- Vibración o varillado
 - Varillado
 - Vibración
 - No deben ser consolidados
9. ¿En cuántas capas se debe llenar un molde cilíndrico estándar de 6 por 12 pulgadas (150 por 300 mm)?
- 1
 - 4
 - 2
 - 3
10. ¿Cuántas penetraciones debe tener un cilindro estándar de 6 por 12 pulgadas (150 por 300 mm)?
- 20
 - 25 ± 2
 - 20 ± 2
 - 25
11. ¿Qué penetración debe tener la varilla de compactación en la capa previa al varillar la segunda capa y capa final de un cilindro de 6 x 12 pulgadas?
- Nada
 - $\frac{1}{2}$ pulgada
 - 1 $\frac{1}{2}$ pulgada
 - 1 pulgada

NMX-C-159-ONNCCE-2016

- La caras de los moldes cúbicos deben tener caras internas y planas con una tolerancia de hasta:
 - 0.03 mm
 - 0.04 mm
 - 0.05 mm
 - 0.07 mm

2. El molde cilíndrico vertical, debe ser _____ a su eje y sus dimensiones, en diámetro y altura no deben variar en más del _____.
 - a) Longitudinal, 5%
 - b) Perpendicular, 1%
 - c) Paralelo , 2%
 - d) Perpendicular, 2%

3. Se usan para determinar la resistencia a compresión
 - a) Especímenes cúbicos
 - b) Especímenes cilíndricos
 - c) especímenes prismáticos
 - d) a y b
 - e) a y c

4. Los vibradores externos que se mencionan en la norma pueden ser de mesa o de plancha, con frecuencia no menor a:
 - a) 3600 revoluciones por minuto
 - b) 3700 revoluciones por minuto
 - c) 3800 revoluciones por minuto
 - d) 3900 revoluciones por minuto

5. La regla metálica utilizadas para enrasar debe tener un bisel de longitud no menor a :
 - a) 100 mm
 - b) 150 mm
 - c) 200 mm
 - d) 250 mm

6. El diámetro de los especímenes cilíndricos deben ser como mínimo _____ el tamaño nominal del agregado
 - a) 2
 - b) 3
 - c) 4
 - d) 5

7. Si la elaboración de especímenes es efectuada en el laboratorio, la temperatura debe mantenerse entre:
 - a) 18° C y 20 °C
 - b) 19° C y 24 °C
 - c) 20° C y 25 °C
 - d) 21° C y 26 °C

CONCLUSIÓN

ASTM- C- 31- 12 / NMX- C- 159- ONNCCE- 2016 **“Practica normalizada para la preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en obra”**

En la norma mexicana inicia con un prefacio el cual nos indica las instituciones que participaron en la elaboración de esta norma y en la ASTM no existe este prefacio, solo se menciona en una nota pequeña que está bajo la jurisdicción del comité C 09.

En la norma ASTM aclara que la elaboración de los especímenes debe realizarse con una muestra representativa del concreto fresco para la construcción de un proyecto particular. Existe una mayor definición en los requisitos del concreto y en la norma mexicana no se hace mención.

En el apartado de significado y uso de la ASTM se indica los posibles usos que pueden tener los especímenes moldeados y curados, en la norma mexicana se omite esa observación.

En la especificación de los equipos, la norma NMX estipula que las dimensiones no deben variar de los valores especificados en más de 1% en su diámetro, ni en 1% de su valor nominal en su altura mientras que la norma ASTM hace referencia a la norma C 470/ C 470 M que es específica para los moldes cilíndricos.

Para la compactación de los especímenes mediante vibradores internos la ASTM indica que deben ser por lo menos 9000 revoluciones/min y en la norma NMX indica también mínimo 9000 vibraciones /min, pero existen otras diferencias en las características señaladas en ambas normas.

En la norma ASTM se requieren dispositivos para registrar la temperatura, mientras que en la NMX no se hace mención al respecto.

La norma ASTM señala que para las pruebas de aceptación de la resistencia a la compresión especificada, se aceptan cilindros de 15 x 30 cm o de 10 x 20 cm, la norma mexicana no hace la observación.

En el procedimiento de ensaye se hace una descripción más detallada en la norma ASTM que en la norma NMX. En esta norma NMX también se omitieron algunos conceptos que pueden ser necesarios para la ejecución correcta del procedimiento de ensaye como son los tipos de cilindros y el curado inicial que se realiza a una temperatura de 16 a 27 °C para resistencias normales y para especímenes con resistencia mayor a 40 MPa o mayor, debe ser entre 20 y 22 °C y que el tiempo de permanencia a estas temperaturas en la norma ASTM puede ser hasta 48 horas y en la mexicana preferentemente solo 24 horas.

La norma ASTM tiene referencias a mayor número de normas y en este método se hace referencia a estas normas, la norma mexicana es escueta en las referencias.

En la norma mexicana existe un apéndice informativo con temas interesantes, la norma ASTM carece de apéndices.

CONCLUSIÓN

Con motivo de la firma del tratado de libre comercio con Canadá y los Estados Unidos de América, las normas de construcción voluntarias de construcción de México, NMX, que quiere la industria para verificar la calidad de los materiales y los procedimientos de ensayo, solo tienen una vigencia de cinco años, durante este lapso, dichas normas deben ser actualizadas o refrendadas para que cumplan los avances que proponen los expertos sobre este tema tomando en cuenta las exigencias de la sociedad.

Por lo anterior, los técnicos que efectúen dichos ensayos y la supervisión de la construcción, también tienen que refrendar su certificación para que se mantengan en vigencia.

Ante esta situación, en un estudio comparativo entre las normas mexicanas NMX-C y las normas de los Estados Unidos, se detectó que en los Estados Unidos de América estas normas tienen una revisión constante y se actualizan con mayor eficiencia para cumplir con el requisito de cinco años de vigencia. No así México, que aun cuando los grupos de trabajo para realizar la actualización, muchas normas se actualizan en lapso de tiempo mayor.

También, las normas ASTM tienen en varios capítulos mayor descripción de los procedimientos de ensayo y sus fundamentos. En México, considerando que muchos de los laboratoristas tienen una formación empírica basada en la tutela de otros laboratoristas con mayor experiencia, las normas tienen una estructura más simple en función de su aplicación.

En el estudio comparativo, además se determinó que en algunas normas hay diferencias en los requisitos sobre las características de los equipos que pueden propiciar resultados de ensayo con mayor diferencia que las tolerancias permitidas en los resultados de ensayo. Otros factores que se deben tener en cuenta para la actualización de normas es que México está adherido a sistema ISO que es internacional por lo que no debe haber discrepancias de importancia entre las normas NMX-C y las normas ISO.

Con estos antecedentes, el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. Ofrece la certificación ACI utilizando las Normas ASTM y normas NMX-C, las que no obstante de que son muy similares, deben utilizarse unos u otras de forma independiente

Con estos antecedentes y considerando que existe una relación tecnológica con los Estados Unidos de América y tomando en consideración que la tolerancia mundial es la apertura de mercado, El Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. Ofrece la certificación ACI utilizando las Normas ASTM y normas NMX-C, las que no obstante de que son muy similares, deben utilizarse unos u otras de forma independiente

Apéndice A

Respuestas a las preguntas de estudio

RESPUESTAS A LA PREGUNTA DE ESTUDIO

ASTM 172		ASTM 1064		ASTM 143		ASTM 138		ASTM 231		ASTM 173		ASTM 31	
1	B	1	C	1	B	1	D	1	A	1	C	1	B
2	A	2	B	2	C	2	B	2	B	2	A	2	D
3	C	3	A	3	D	3	A	3	A	3	B	3	D
4	C	4	B	4	A	4	C	4	A	4	A	4	B
5	D	5	B	5	E	5	A	5	E	5	D	5	D
6	A	6	A	6	B	6	D	6	C	6	C	6	A
7	B	7	C	7	B	7	A	7	B	7	B	7	A
		8	C	8	A	8	B	8	B	8	A	8	C
				9	A	9	A	9	A	9	A	9	D
				10	B	10	D	10	C	10	A	10	D
						11	A			11	C	11	D
										12	B		
										13	D		

NMX-C-161		NMX-C-435		NMX-C-156		NMX-C-162		NMX-C-157		NMX-C-158		NMX-C-159	
1	C	1	D	1	C	1	A	1	C	1	A	1	C
2	B	2	A	2	B	2	B	2	C	2	C	2	B
3	D	3	C	3	C	3	B	3	C	3	B	3	D
4	A	4	C	4	C	4	A	4	B	4	C	4	A
5	D			5	A	5	C	5	D	5	D	5	C
				6	C	6	A			6	B	6	B
				7	B	7	A			7	A	7	C
				8	C								

Apéndice B

Especificación Normalizada para Concreto Premezclado

Alcance

La norma trata sobre el concreto premezclado, requisitos de calidad del concreto especificados en la norma y por el comprador. Si los requisitos del comprador difieren de los que se especifican en la norma, los del comprador son los que deben gobernar. La descripción del apéndice no trata sobre colocación, compactación, curado o protección del concreto después de ser entregado al comprador.

Referencias para el apéndice

C31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

C 33 Specification for Concrete Aggregates

C 39 Test for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C 138 Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete.

C 143 Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete

C 150 Specification for Cement Portland

C172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method

C 173 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method

C 231 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method

C 260 Specification for Air –Entraining Admixtures for concrete

C 330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete

C 494 Specification for Chemical Admixtures for Concrete

C 567 Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete

C 595 Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete

C 637 Specification for Aggregates for Radiation- Shielding-Concrete

C 989 Specification for Slag Cement for Use in Concrete and Mortars

C 1017 Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete

C 1064 Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete

C 1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation

C 1157 Performance Specification for Hydraulic Cement

C 1240 Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures

C 1602 Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete

C 1611 Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete

Definiciones

Concreto mezclado en planta central: Concreto mezclado completamente en una mezcladora estacionaria

Concreto premezclado: Concreto fabricado y entregado a un comprador en estado fresco

Concreto parcialmente mezclado en planta central: Concreto parcialmente mezclado en una mezcladora estacionaria, cuyo mezclado se completa en un camión revolvedor.

Concreto mezclado en camión mezclador: Concreto completamente mezclado en camión mezclador.

Bases de compra

Las bases de compra deben ser una yarda cúbica o metro cúbico de concreto fresco como se descarga de la unidad de transporte.

El volumen de concreto fresco debe ser determinado en base a la masa total de la dividida por la densidad del concreto. La masa total debe ser determinada como la masa neta del concreto en la entrega, incluyendo el agua total del mezclado.

La densidad se debe determinar de acuerdo al método de ensayo C 138 . Debe determinarse la fluencia al menos 3 mediciones, una de cada 3 unidades de transporte diferente muestreadas de acuerdo a la ASTM C 172.

Materiales

En ausencia de las especificaciones de los materiales, se deben de usar lo siguiente:

Materiales Cementicios:

- **Cemento hidráulico:** El cemento hidráulico deben cumplir con la especificación C 150, 595 o 1157.
- **Materiales cementicios suplementarios:** Ceniza volante, carbón o puzolanas naturales deben cumplir con la especificación C 1240. La escoria granulada de alto horno molida debe cumplir con la especificación C 989. El vapor de sílice debe cumplir con la especificación C 1240.
- **Mezclas cementicias de concreto:** Deben contener la especie y clase de cemento y la especie y la clase de material cementicio suplementario especificados por el comprador. Si no se prevé tipo o alguna especificación del cemento hidráulico, entonces se debe aplicar requisitos del cemento portland Tipo I o II conforme a lo que se especifica en la C 150.
- **Agregados:** Los agregados de peso normal bene cumplir con la especificación C33. Los agregado ligeros con la C 330 y los pesado la C 637.
- **Agua:** El agua debe cumplir con la especificación C 1602
- **Aditivos Incorporadores de aire:** Deben cumplir con la especificación C 260
- **Aditivos químicos:** Deben cumplir la especificación C 494 / C 1017

Información de la orden de compra

Si no se tienen especificaciones aplicables, el comprador debe especificar lo siguiente:

- Tamaños designados para el agregado grueso
- Asentamiento / revenimiento deseado en el punto de entrega
- Flujos de asentamiento deseados en el punto de entrega

- Contenido de aire de las muestras tomadas en el punto de descarga de la unidad de transporte, cuando se especifica el concreto con aire incorporado
- Opciones a utilizar como base para la dosificación del concreto para producir la calidad requerida.
- Masa por unidad de concreto como masa húmeda, masa secada al aire, masa seca al horno, cuando se especifica concreto estructural ligero.

En la norma C 94 se presenta la tabla sobre el contenido de aire recomendado para concreto con aire incorporado

Tabla 1. Contenido total de aire recomendado para concreto con aire incorporado

Condición de exposición	Contenido Total de Aire , %						
	Máximos Tamaños Nominales de Agregados , in (mm)						
	3/8 (9.5)	½ (12.5)	¾ (19)	1 (25)	1 ½ (37.5)	2 (50)	3 (75)
Suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5
Moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5
Severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5

A menos que las condiciones de exposición lo dicten de otra manera, está permitido reducir los contenidos de aire recomendados por encima hasta un 1% para concretos con resistencia a la compresión especificada, f'_c , de 5 000 psi (35 MPa) o mayor.

Opción A:

Cuando el comprador requiere que el fabricante asuma la responsabilidad total de la selección de la dosificación para la mezcla del concreto, el comprador debe además especificar lo siguiente:

- Requisitos de resistencia a compresión determinada sobre muestras tomadas a partir de la unidad de transporte en el punto de entrega evaluada de acuerdo a la sección 18 de la norma ASTM C 94. El comprador debe especificar los requisitos en términos de la resistencia a compresión de especímenes normalizados, curados bajo las condiciones normalizadas de laboratorio para el curado en húmedo. A menos que sea especificado de otra manera, la edad de ensayo deberá ser de 28 días.
- Antes de entregar el concreto, el fabricante debe proveer una declaración al comprador, dando las masas secas del cemento y masas saturadas con superficie seca del agregado fino y grueso, y en cantidades, tipos, cantidades y nombre de los aditivos (si lo hay); y agua por yarda cubica o metro cubico de concreto que serán utilizados en la fabricación de cada clase de concreto pedida por el comprador. Además de proveer evidencia satisfactoria al comprador de que los materiales a utilizar y la dosificación seleccionada producirán un concreto con la calidad especificada.

Opción B:

Cuando el comprador asume la responsabilidad de dosificar la mezcla de concreto, debe especificar lo siguiente:

- El contenido de cemento en bolsas o libras por yarda cubicas (Kg/m^3) de concreto
- Máximo contenido de agua admisible en galones por yarda cúbica (L/m^3) de concreto, incluyendo humedad superficial de los agregados, pero excluyendo el agua de absorción
- Si se requieren aditivos, el tipo, nombre y dosis a utilizar. No se debe reducir el contenido de cemento cuando se utilizan aditivos sin la aprobación del comprador

- A petición del comprador, antes de entregar el concreto, el fabricante debe proveer una declaración al comprador, dando las fuentes, densidades y análisis granulométrico de los agregados y las masas secas de cemento, masas saturadas con superficie seca de agregado fino y grueso y cantidades, tipo y nombre de aditivos (si los hay) y de agua por yarda cubica o metro cúbico de concreto que serán utilizados en la fabricación de cada clase de concreto pedido por el comprador.

Opción C:

Cuando el comprador requiere que el fabricante asuma la responsabilidad de la selección de la dosificación para la mezcla de concreto con el contenido de cemento mínimo admisible especificado, el comprador debe especificar lo siguiente:

- Resistencia a la compresión requerida determinada sobre muestras tomadas de la unidad de transporte en el punto de descarga evaluada de acuerdo a la sección 18 de la norma ASTM C 94. El comprador debe especificar los requisitos para resistencia en términos de ensayo de especímenes normalizados curados bajo condiciones normalizadas de laboratorio para curado húmedo. A menos que sea especificado de otra manera, la edad de ensayo debe ser de 28 días.
- Contenido de cemento mínimo en bolsas o libras por yarda cúbica (Kg/m^3) de concreto.
- Si se requieren aditivos, el tipo, nombre y dosis a utilizar. No se debe reducir el contenido de cemento cuando se utilizan aditivos.
- A petición del comprador, antes de entregar el concreto, el fabricante debe proveer una declaración al comprador, dando las fuentes, densidades y análisis granulométrico de los agregados y las masas secas de cemento, masas saturadas con superficie seca de agregado fino y grueso y cantidades, tipo y nombre de aditivos (si los hay) y de agua por yarda cubica o metro cúbico de concreto que serán utilizados en la fabricación de cada clase de concreto pedido por el comprador.

Según las opciones A, B y C, para cada clase de concreto y aprobada para uso dentro de un proyecto debe ser asignado e identificado para cada mezcla de concreto entregada en el proyecto.

El comprador debe asegurar que el fabricante provea dos copias de todos los informes de ensayos realizados sobre muestras de concreto tomadas para determinar el cumplimiento con los requisitos de la especificación. Se deben proveer los informes oportunamente.

Tolerancias de asentamiento o flujo de asentamiento

Cuando las especificaciones de proyecto para asentamiento están escritas como requisito de “máximo” o de “no exceder”. Ver tabla 2.

Tabla 2. Asentamiento especificado

Para un revenimiento de:	Tolerancia
3 in (75 mm) o menor	+0 y - 1 ½ (40 mm)
3 in (75 mm) o mayor	+0 y - 2 ½ (40 mm)

Información extraída de la ASTM C 94. Utilizar esta opción solo si es permitida una adición de agua en la obra, siempre que tal adición no incremente la relación a gua-cemento por encima del máximo permitido por las especificaciones.

Cuando las especificaciones de proyecto para revenimiento/asentamiento no están escritas como un requisito “máximo” de “no exceder”:

Tabla 3. Tolerancias para asentamientos nominales

Para un revenimiento de:	Tolerancia
2 in (50 mm) o menor	$\pm 1/2$ in (15 mm)
2 a 4 in (50 a 100 mm) o mayor	± 1 in (25 mm)
Más de 4 in (100 mm)	$\pm 1 \frac{1}{2}$ in (40 mm)

Cuando las especificaciones del proyecto indican un requisito de flujo de asentamiento para el concreto autocompactable:

Tabla 4. Tolerancias para asentamientos (revenimiento)

Para un revenimiento de:	Tolerancia
Menor o igual a 22 in (550 mm)	$\pm 1 \frac{1}{2}$ in (40 mm)
Mayor de 22 in (550 mm)	$\pm 2 \frac{1}{2}$ in (65 mm)

Se debe disponer de concreto dentro del rango admisible de revenimiento /asentamiento o flujo de asentamiento para un periodo de 30 minutos contados desde la llegada al lugar de trabajo o después del ajuste inicial de asentamiento permisible.

Concreto con aire incorporado

Cuando se desea un concreto con aire incorporado, el comprador debe especificar el contenido total de aire del concreto.

El contenido de aire de concreto con aire incorporado debe estar dentro de una tolerancia de ± 1.5 del valor especificado cuando se muestrea a partir de la unidad de transporte del punto de descarga.

Cuando una muestra preliminar, que se toma dentro de los límites de tiempo y antes de la descarga para colocación, se tiene un contenido de aire por debajo del nivel especificado en más de la tolerancia admisible.

Materiales de medición

A menos que se especifique de otra forma, los materiales cementicios deben ser medidos por masa.

Cuando se usen materiales cementicios suplementarios en las mezclas de concreto, se permite que la masa acumulada se mida con el cemento hidráulico, pero en una tolva de dosificación y sobre una balanza separada y distinta de la utilizada de otros materiales. La masa de cemento hidráulico debe ser medida antes que los materiales cementicios suplementarios. Cuando la cantidad de material cementicios exceda un 30% de la capacidad total de la balanza, la cantidad de medida del cemento hidráulico debe de estar dentro de ± 1 % de la masa requerida y la cantidad acumulada medida del cemento hidráulico más materiales cementicios suplementarios debe estar también dentro de ± 1 % , de la masa acumulada requerida en cada pesada intermedia. Para mezclas más pequeñas hasta un mínimo de 1 yd³ (1 m³), la cantidad medida de cemento hidráulico más materiales cementicios suplementarios usados debe ser no menor que la cantidad requerida no mayor que el 4% en exceso.

- Se debe medir el agregado en masa. Las mediciones de masa de la mezcla deben basarse en los materiales secos y deben ser las masas requerida de materiales secos más la masa total de humedad (tanto absorbida como superficial) contenida en el agregado. La cantidad de agregado utilizado en cada mezcla de concreto indicada por la balanza debe estar dentro de $\pm 2\%$ de la masa requerida cuando la masa se mide en dosificadores de peso de agregado individuales. En dosificadoras de peso de agregados acumulativas, el peso que se acumula después de cada pesada sucesiva debe estar dentro de $\pm 1\%$ de la suma acumulada requerida hasta el punto cuando la balanza es utilizada arriba del 30% de su capacidad. Si se tienen pesos acumulado menor al 30% de la capacidad de la balanza, la tolerancia es de $\pm 0.3\%$ de la capacidad de la balanza o $\pm 3\%$ del peso acumulado requerido, el que sea menor.
- El agua de mezclado debe ser de agua agregada, hielo agregado, agua presente en forma de humedad superficial sobre los agregados y agua introducida en forma de aditivos. Se debe medir el agua agregada en peso o volumen con una exactitud de 1% del agua total de mezclado requerida. El hielo se debe medir en peso. En caso de camiones mezcladores, se debe medir con exactitud cualquier cantidad de agua de lavado retenida en el tambor para utilizar en la siguiente mezcla de concreto; si no es practico o es imposible, el agua de lavado debe ser descargada antes de agregar la siguiente mezcla de concreto. Debe medirse toda el agua total, incluyendo con una exactitud de $\pm 3\%$ de la suma total especificada.
- Los aditivos químicos en polvo deben ser medidos en masa. Los aditivos químicos que son líquidos debe ser dosificados en masa o en volumen. Los aditivos medidos ya sea en masa o en volumen, deben dosificarse con una exactitud del $\pm 3\%$ de la cantidad total requerida o aproximadamente la cantidad o dosis requerida para 100 lb (50Kg) de cemento hidráulico.

Planta dosificadora

- En la planta dosificadora se deben tener contenedores con compartimentos separados para el agregado fino y para cada tamaño requerido del agregado grueso. Cada compartimento de contenedor debe ser diseñado y operado de manera de descargar eficiente y libremente, con una mínima segregación, en una tolva.
- Deben de contar con dispositivos indicadores a plena vista y lo suficientemente cerca para que el operador los lea en forma exacta mientras carga la tolva. El operador debe tener el acceso conveniente a todos los controles.
- Las balanzas deben ser consideradas exactas cuando se puede demostrar que al menos un ensayo de carga estática dentro de cada cuarto de la capacidad de la balanza está dentro de $\pm 0.15\%$ de la capacidad total de la escala o $\pm 0.4\%$ de la carga neta aplicada, el que sea menor.
- Se debe disponer de pesas de ensayo normalizadas, adecuadas para controlar la exactitud. Todas las partes expuestas de balanzas, como fulcros, abrazaderas y otras partes que trabajan en forma similar, deben mantenerse limpias. Las balanzas de viga deben equiparse con un indicador de equilibrio suficiente sensible para mostrar movimiento cuando un peso igual al 0.1% de la capacidad de la balanza es ubicado en la tolva dosificadora. El recorrido del índice debe ser un mínimo de 5% de la capacidad neta nominal de la viga más pesada para por debajo y 4% para sobrepeso.

- El dispositivo para medición de agua agregada debe ser capaz de entregar la cantidad requerida dentro de la exactitud que se menciona en el punto 9.3 de la ASTM C 94. Se debe disponer el dispositivo de una manera tal que las mediciones no sean alteradas por presiones variables en la línea de suministro de agua. El tanque de medición debe estar equipado con llaves externas y válvulas para controlar su calibración a menos que se provean otros medios para determinar exactamente la cantidad de agua en el tanque.

Mezcladoras y agitadores

Las mezcladoras deben ser estacionarias o camiones mezcladores. Los agitadores pueden ser camiones mezcladores o agitadores.

- Las mezcladoras estacionarias deben equiparse con una placa o placas metálicas, sobre las cuales se marcan la velocidad de mezclado del tambor o paletas, y la máxima capacidad en términos de volumen de concreto de mezclado. Cuando son utilizadas para mezclar completamente el concreto, las mezcladoras estacionarias tienen que equiparse con un cronometro que no permita que se descargue la mezcla hasta que haya ocurrido el tiempo especificado de mezclado.
- Cada camión mezcladores o agitador debe tener una placa de metal en donde esté especificado el volumen total del tambor, capacidad del tambor o contenedor en términos de volumen de concreto mezclado, y la velocidad mínima y máxima de rotación del tambor, aspas o paletas.
- Todas las mezcladoras estacionarias y camiones mezcladores deben ser capaces de combinar los ingredientes del concreto en el tiempo que sea especificado o el número de revoluciones que se especifican en el punto 11.5 de la ASTM C 94.
- El agitador debe ser capaz de mantener el concreto con una masa completamente homogénea y que al descargar el concreto con un grado de uniformidad satisfactorio que se encuentra en el Anexo 1 de la norma.
- Los ensayos de revenimiento de muestras individuales tomadas después de descargar entre un 15 y 85% de la carga, proveerán un control rápido del grado probable de uniformidad. Se deben obtener estas muestras dentro de un tiempo no mayor a 15 minutos. Estos datos sobre el revenimiento difieren en más de lo que se especifica en el Anexo de la norma C 94, no se debe utilizar la mezcladora o el agitador a menos que se corrija la condición.
- Se puede utilizar el equipo cuando la operación con un tiempo mayor de mezclado, una carga menor, o una secuencia de carga más eficiente cumpla con los requisitos del Anexo de la C94.
- Deben examinarse las mezcladoras y los agitadores, o se deben determinar su masa con la frecuencia necesaria para detectar el desgaste de las aspas. Cuando dichos cambios afectan el desempeño de la mezcladora, se deben realizar ensayos de prueba para mostrar si se requiere la corrección de deficiencias.

Mezclado y Entrega

Se debe mezclar el concreto premezclado y debe ser entregado al punto de signado por el comprador por medio de una de las siguientes operaciones:

- Concreto mezclado en planta central
- Concreto parcialmente mezclado en planta central
- Concreto mezclado en camión mezclador

Se deben operar las mezcladoras y agitadores dentro de los límites de su capacidad y velocidad de rotación designados por el fabricante del equipo.

- Concreto mezclado en central: El concreto que es mezclado totalmente en una mezcladora estacionaria y transportado al punto de entrega en un camión agitador, o un camión mezclador funcionando a la velocidad de agitación, o en un equipo no agitador, aprobado por el comprador y que cumplir con los requisitos que se mencionan en la sección 13 de la ASTM C 94: Se debe contar el tiempo de mezclado desde el momento que todos los materiales sólidos están dentro del tambor. Se deberá cargar los materiales a la mezcladora, para que ingrese algo de agua antes del cemento y los agregados, y toda el agua debe estar en el tambor al final del primero cuarto del tiempo de mezclado especificado.
- Donde no se realicen ensayos de desempeño de mezcladora, tiempo de mezclado aceptable para mezcladoras con capacidades de 1 yd^3 (0.76 m^3) o menos, debe ser de 1 minuto. Para mezcladoras de capacidad mayor, debe incrementar mínimo en 15 segundos por cada yd^3 [m^3] o fracción de capacidad adicional
- Donde se realicen ensayos de desempeño de la mezcladora sobre mezclas de concreto dadas de acuerdo con el programa de ensayos y mezcladoras que hayan sido cargadas a su capacidad nominal, es permitido que el tiempo de mezclado aceptable sea reducido en circunstancias particulares a un punto en el cual se cumpla con un mezclado satisfactorio definido. Cuando el tiempo de mezclado es disminuido de esta forma, el tiempo máximo de mezclado no debe exceder este tipo reducido en más de 60 segundos, para concreto con aire incorporado.
- Muestreo para ensayos de uniformidad de mezcladoras estacionarias: las muestras de concreto para ser comparadas deben obtenerse inmediatamente después de los tiempos designados arbitrariamente, de acuerdo a alguno de los siguientes procedimientos:
 1. Procedimiento alternativo I: Detener la mezcladora, y sacar las muestras requeridas del concreto por algún medio adecuado a distancias aproximadamente iguales desde el frente y parte trasera del tambor
 2. Procedimiento alternativo II: Mientras la mezcladora se vacía, se deben tomar, se deben tomar muestras individuales después de haber descargado aproximadamente el 15% y el 85% de la carga. El método de muestreo debe prever que las muestras sean representativas de porciones ampliamente separadas, pero no de los extremos mismos de la amasada.
 3. Se deben ensayar las muestras de concreto conforme a lo establecido en la sección 18 de la ASTM C 94, y las diferencias en los resultados de ensayos para las dos muestras no deben exceder de las que se establecen en el Anexo 1. Se deben repetir los ensayos de desempeño de mezcladora cada vez que la apariencia del concreto o el contenido de agregado grueso de muestras seleccionadas, indiquen que no se ha cumplido un mezclado adecuado.
- Concreto parcialmente mezclado en central
El concreto que es parcialmente mezclado en una mezcladora estacionaria primero, y luego es mezclado completamente en un camión mezclador debe de cumplir con lo que se establece: El tiempo de mezclado parcial debe ser el mínimo requerido para entremezclar los ingredientes.

Después de pasar el camión mezclador la cantidad de mezcla a la velocidad de mezclado designada, será la necesaria para cumplir con los requisitos de uniformidad del concreto que se indican en el Anexo 1 de la C94.

- **Concreto Mezclado en Camión:**

Concreto que es completamente mezclado en un camión mezclador, que cuente de 70 a 100 revoluciones a la velocidad de mezclado designada por el fabricante para producir la uniformidad de concreto indicada en el Anexo 1, ASTM C 94. Se deberán realizar ensayos de uniformidad de concreto, y si no se cumplen los requisitos de uniformidad de concreto indicados en el Anexo 1, con 100 revoluciones de mezclado, después de que todos los ingredientes sean incorporados (incluida agua), dentro del tambor, no se utilice una mezcladora a menos que se corrija la condición. Las revoluciones adicionales de la mezcladora más allá del número determinado para producir la uniformidad requerida de concreto deben ser a la velocidad de agitación designada.

- **Muestreo para uniformidad de concreto producido en camiones mezcladores:**

Se debe descargar el concreto a la velocidad normal funcionamiento para la mezcladora que está siendo ensayada, con cuidado de no obstruir o retardar a descarga por una salida abierta en forma incompleta o con una obturación. Se toman muestras separadas, cada una de aproximadamente 2 ft³ [0.1 m³ aproximadamente], después de descargar entre el 15 y 85% de la carga. Se deben obtener muestras dentro de un lapso de tiempo no mayor a 15 minutos. Las muestras deben obtenerse de acuerdo a la práctica C 172, pero deben mantenerse separadas para obtener una muestra compuesta. Durante el muestreo el receptáculo debe recibir la descarga total de la caída. Debe haber suficiente personal para realizar los ensayos requeridos prontamente. Debe evitarse la segregación durante el muestreo y el manipuleo. Se debe volver a mezclar cada muestra la cantidad mínima para asegurar uniformidad antes de moldear los especímenes para un ensayo particular.

Cuando un camión mezclador o agitador se utiliza para transportar concreto que ha sido mezclado en una mezcladora estacionaria, cualquier giro durante el transporte debe ser a la velocidad designada por el fabricante del equipo como velocidad de agitación.

Para camiones mezcladores para mezclado donde se debe agregar agua del sistema de agua del camión u otra fuente después de la introducción inicial del agua de mezclado para los materiales, excepto cuando se llega al lugar de trabajo el revenimiento o flujo de asentamiento deseado dentro de las tolerancias indicadas en la ASTM C 94. Todas las adiciones de agua deben completarse dentro de 15 minutos desde el comienzo de la primera adición de agua. Se debe inyectar dicha agua adicional en la mezcladora, bajo una presión y una dirección de flujo tales que permitan la distribución apropiada dentro de la mezcladora. El tambor debe girar 30 revoluciones adicionales, o más dependiendo la necesidad, a la velocidad de mezclado para asegurar que se tenga una mezcla uniforme. No se debe agregar agua a la mezcla en ningún momento; se debe completar la descarga del concreto dentro de 1.5 horas, o antes, de que el tambor haya completado 300 revoluciones, lo que ocurra primero, después de haber agregado el agua de amasado al cemento y agregados. En la norma se especifica que se permite que el comprador deje a un lado las limitaciones si el concreto tiene un revenimiento /asentamiento o flujo de asentamiento, tal que después de alcanzar un tiempo de

1.5 horas o de 300 revoluciones, pueda ser colocado sin la adición de agua a la mezcla.

En clima cálido o bajo condiciones que contribuyen al endurecimiento rápido del concreto, es permitido que el comprador especifique un tiempo menor que 1.5 horas.

El concreto que es entregado en un clima frío deberá tener una temperatura mínima aplicable como se indica en la tabla presentada en la sección 12.8 de la norma C 94. Ver tabla 5.

Nota: El comprador debe de informar al productor el tipo de construcción para la cual es destinado el concreto.

Tabla 5. Temperatura mínima de concreto colocado

Tamaño de sección , in (mm)	Temperatura , mínima , °F (°C)
< 12 (< 300)	55 (13)
12 – 36 (300-900)	50 (10)
36-72(900-1800)	45 (7)
>72 (>1800)	40 (5)

Tabla sección 12.8 ASTM C 94.

La temperatura máxima del concreto producido con agregado caliente, agua calentada o ambos, no debe exceder en ningún momento de su producción o transporte los 90°F (32°C).

Nota: Cuando se utiliza agua calentada puede presentarse un endurecimiento rápido si el agua caliente entra en contacto directo con el cemento. Para mayor información se puede consultar el ACI 306 R.

El productor debe entregar el concreto premezclado durante clima cálido a temperaturas de concreto muy bajas como sea practicable, sometidas a que el comprador la aprueba.

Nota: En algunas situaciones se pueden encontrar dificultades cuando las temperaturas de concreto se acerquen a los 90°F (32°C).

- Equipo no agitador

Cuando el comprador aprueba el uso de equipo de transporte sin agitación, debe de fabricar el concreto en una planta de mezclado central. El comprador debe aprobar la dosificación del concreto y se deberán aplicar las limitaciones que se enlistan en la norma:

- Los componentes del equipo no agitador deben ser contenedores metálicos lisos, herméticos al agua, equipados con compuertas que permitan controlar la descarga del concreto. Deben proveer cubiertas para protección contra la intemperie cuando lo requiera el comprador.
- Debe de entregarse el concreto al lugar de la obra una mezcla homogénea y se descarga con un grado de uniformidad satisfactorio como es descrito en el Anexo 1 de la ATM C 94.
- Los ensayos de revenimiento de muestras individuales tomadas después de descargar aproximadamente el 15% y el 85% de la carga proveerán un control rápido del grado probable de uniformidad. Se deberán obtener 2 muestras en tiempo no mayor a 15 minutos. Si ambos revenimiento tomado, difieren más de lo que se especifica en las tablas 2 , 3 y 4 presentadas en el anexo, no se debe utilizar el equipo no agitador a menos que se corrijan las condiciones.

Si no se cumple con los requisitos mencionados en el anexo A1 de la norma ASTM C 94, cuando se opera el equipo no agitador para el tiempo máximo de recorrido, y con el concreto mezclado en el tiempo mínimo, solo se debe utilizar el equipo cuando funcione utilizando recorridos más cortos o tiempos de mezclado más largos, o combinación de ellos que resulten en el cumplimiento de los requisitos de anexo A1 de la norma ASTM C 94.

Si no se cumple con los requisitos mencionados en el anexo A1 de la norma C 94, se opera el equipo no agitador para el tiempo máximo de recorrido, y con el concreto mezclado en un tiempo mínimo, solo se debe utilizar el equipo siempre y cuando funcione utilizando recorridos más cortos o en tiempos de mezclado más largos, o una combinación de ambos que quedé dentro de los estándares de la norma.

Ticket con información del lote

El fabricante debe de proveer al comprador con cada lote de concreto antes e descargar en el sitio, una etiqueta de entrega sobre la que está impresa, estampada o escrita, la siguiente información del concreto:

- I. Nombre de la compañía de premezclado y planta dosificadora o número de planta de dosificación
- II. Número de serie de la etiqueta
- III. Fecha
- IV. Número de camión
- V. Nombre del comprador
- VI. Designación específica de la obra (nombre y ubicación)
- VII. Clase o designación específica del concreto de acuerdo con las especificaciones de la obra
- VIII. Cantidad de concreto, reportada en yarda cúbicas o en metros cúbicos
- IX. Hora de la carga y hora de la primera mezcla de cemento y agregados
- X. Agua agregada por quien recibe el concreto y sus iniciales (nombre)
- XI. Para camiones equipados con medición de agua automáticas y revenimiento o fluidez como se define en la sección 12.9 de la C 94
- XII. Información adicional para los fines de certificación como es asignado por el comprador y requerido por la especificación de acuerdo al trabajo requerido, tal información como:

Lectura del contador de revoluciones en la primera adición de agua

Tipo, marca y cantidad de cemento

Clase, marca y cantidad de ceniza volante, o puzolanas naturales o artificiales o calcinadas

Grado, marca y cantidad de escoria granulada de alto horno molida

Tipo, marca y cantidad de humo de sílice

Tipo, marca y cantidad de aditivos

Tipo, marca y cantidad de refuerzo de fibra

Fuente y cantidad de cada agua medida o pesada o lechada reciclada

Información necesaria para cada agua medida o lechada reciclada

Información necesaria para calcular el agua total de mezclado. El agua total de la mezcla incluye el agua libre en los agregados, agua de mezclado agregada (medida o pesada) incluyendo si se utiliza hielo dosificado en planta, agua de lavado que es retenida en el camión de mezclado, y agua agregada por el operador del camión a partir del tanque mezclador.

Tamaño máximo del agregado
Cantidad del agregado fino y grueso
Ingredientes certificados aprobados previamente y
Firma o iniciales del representante o el productor.

Inspección de la planta

El fabricante debe proporcionar al inspector todo acceso razonable, sin cargo, para realizar los controles necesarios para determinar si el concreto producido está de acuerdo a lo especificado. Se deben conducir todos los ensayos e inspecciones de manera de no interferir innecesariamente con la fabricación y entrega del concreto.

Prácticas, métodos de ensayo e informes

Ensayos del concreto premezclado de acuerdo a los siguientes métodos:

- I. Especímenes para ensayo a compresión de acuerdo a la ASTM C 31, utilizando curado en húmedo
- II. Ensayos de compresión, Método de ensayo ASTM C 39
- III. Rendimiento, masa por pie cúbico (metro cúbico), Método de ensayo ASTM C 138
- IV. Contenido de aire, Método de ensayo ASTM C 38, C 173 y C231.
- V. Revenimiento, Método de ensayo ASTM C 143
- VI. Flujo de asentamiento /Fluidez ASTM C 1611
- VII. Muestreo de concreto fresco ASTM C 172
- VIII. Temperatura, Método de ensayo ASTM C 1064

El laboratorio de ensayos que realiza pruebas de aceptación debe cumplir con los requisitos de la práctica ATM C 1077.

Los informes de laboratorio de los resultados de ensayo de concreto utilizados para determinar el cumplimiento con la especificación deben incluir una declaración de que todos los ensayos realizados por el laboratorio se realizaron de acuerdo a lo métodos de ensayo aplicables o indicar las desviaciones conocidas de acuerdo a lo procedimiento prescritos.

Nota: La desviación respecto a los métodos normalizados de ensayo puede afectar a los resultados de ensayo en forma adversa. La desviación conforme a las condiciones de humedad y temperatura de curado es frecuentemente motivo de resultados de ensayos de resistencia baja. Dicha desviación puede invalidar algunos resultados de ensayo como base de rechazo del concreto.

- Muestreo y ensayo de concreto fresco

El contratista debe proporcionar al inspector todo acceso razonable y asistencia, sin cargo, para procurar muestras de concreto fresco en el momento de la colocación para determinar el cumplimiento con esta especificación.

Se deben realizar ensayos de concreto requeridos para determinar el cumplimiento con esta especificación por un técnico de ensayo de concreto en obra, grado I, certificado por ACI o su equivalente. Los programas equivalentes de certificación de personal deben incluir exámenes escrito y de desempeño.

Las muestras de concreto deberán realizarse de acuerdo a la práctica ASTM C 172, excepto cuando se toman para determinar uniformidad de asentamiento dentro de cualquier lote o carga de concreto.

Se deben realizar ensayos de revenimiento o fluidez, contenido de aire, densidad y temperatura al momento de colocación según la opción del inspector, frecuentemente como sea necesario para controlar. Además estos ensayos se deben realizar cuando se especifique y siempre que se preparen especímenes para determinar la resistencia.

Se deben realizar ensayos de resistencia así como de revenimiento o fluidez, temperatura, densidad y contenido de aire, generalmente con una frecuencia de no menos de un ensayo por cada 150 yardas cúbicas (115 metros cúbicos). Se debe realizar cada ensayo a partir de un lote separado. Cada día que se entregue el concreto, se debe realiza al menos un ensayo de resistencia para cada clase de concreto.

Si se realizan controles preliminares de revenimiento o fluidez, contenido de aire, de verá tomar una sola muestra después de la descarga de no menos de $\frac{1}{4}$ yd³ (1/4 m³). Deben mantenerse todos los requisitos de la práctica C 172. Si la medición preliminar de revenimiento o contenido de aire está por fuera de los límites especificados:

- a) Si el asentamiento o fluidez , contenido de aire que son medidos, o ambos , es mayor que el límite superior especificado, se deben realizar un ensayo de control de la muestra de ensayo, en caso de que este no cumpla, deberá considerarse que el concreto no ha cumplido con los requisitos de la especificación.
- b) Si el asentamiento o fluidez , contenido de aire que son medidos, o ambos , es mayor que el límite inferior , son permitidos ajustes de acuerdo a lo descrito en la sección 12.7 o 8.3 de la ASTM C 94, como sea requeridos y se obtiene una nueva muestra. Si esta muestra corregida no cumple, se deberá realizar inmediatamente un ensayo de control sobre una nueva muestra de concreto corregida. En caso de que el ensayo de control no cumpla, deberá considerarse que el concreto no ha cumplido los requisitos de especificación.

- Resistencia

Cuando se utiliza la resistencia como base de aceptación del concreto, los especímenes estándares deben ser realizados de acuerdo a la ASTM C 31. Los especímenes deben ser curados bajo condiciones normalizadas de humedad y de tempera de acuerdo a la práctica ASTM C 31. El técnico que realiza el ensayo de resistencia debe estar certificado como técnico de ensayo y debe cubrir los métodos de ensayo pertinentes. Si la aceptación se basa en resultados de ensayo de resistencia a compresión, el requisito de certificación está satisfecho por la certificación como técnico de laboratorio de ensayos al concreto por el ACI. (Grado 1).

En el caso de ensayos de resistencia se deben preparar al menos dos especímenes de ensayo normalizados a partir de una muestra compuesta asegurada como es requerida en la sección 17 de la norma (muestreo y ensayo de concreto fresco).

Nota: Se pueden realizar ensayos adicionales a otras edades para obtener información para determinar el tiempo de remoción de los encofrados o cuando la estructura puede ser puesta en servicio.

El representante del comprador, debe establecer y registrar el número de etiqueta de entrega para el concreto y la ubicación exacta en la obra en la que se deposita cada carga, representada por un ensayo de resistencia.

representada por un ensayo de resistencia.

Para cumplir con los requisitos de esta especificación, los ensayos de resistencia que representa cada clase de concreto deben cumplir con los siguientes dos requisitos:

- a) La medida de tres ensayos consecutivos de resistencia cualesquiera debe ser igual o mayor que la resistencia especificada, $f_{c'}$, y
- b) Cuando la resistencia en 500 psi (35 MPa) o menor, ningún ensayo individual de resistencia (media de dos ensayos de cilindro) debe estar más de 500 psi (3.5 MPa) por debajo de la resistencia especificada.

Nota: Debido a las variaciones en los materiales, operaciones y ensayos, la resistencia especificada. Cuanto más alta, la desviación estándar depende de los resultados de ensayo y de la exactitud con la que el valor puede ser estimado a partir de datos previos como se explica en el ACI 318 y ACI 301.

Cuando la resistencia especificada es mayor que 5 000 psi (35 MPa), ningún ensayo individual (media de dos ensayos del cilindro) debe ser mayor de 0.9 $f_{c'}$.

- Incumplimiento de los requisitos de resistencia

En caso de que el concreto ensayado de acuerdo a lo que se menciona en el capítulo 18 de la norma C94, no cumpla con los requisitos de resistencia de esta especificación, el fabricante de concreto premezclado y el comprador deben negociar para alcanzar un acuerdo sobre que ajustes se pueden realizar, si este no se llega a realizar, el fabricante y el comprador deberán tomar una decisión. Un ingeniero debe ser designado por el comprador, otro por el fabricante y el tercero elegido por los miembros de un panel que conste de 2 o más miembros. La responsabilidad por el costo debe ser determinado por el panel.