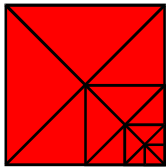


NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

**NTC
550**

2000-06-21

CONCRETOS. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO EN OBRA



MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO

E: CONCRETES. STANDARD PRACTICE FOR MAKING AND CURING CONCRETE TEST SPECIMENS IN THE FIELD

CORRESPONDENCIA: esta norma es equivalente (EQV) a la norma ASTM C31

DESCRIPTORES: cilindro de concreto; producto de concreto; fabricación.

I.C.S.: 91.100.30

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

Segunda actualización

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 550 (Segunda actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo del 2000-06-21.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 369901 Concretos, morteros y agregados " a cargo de la STN: ASOCRETO.

ASOCRETO
CONCRETOS PREMEZCLADOS S.A.
MBT-COLOMBIA

SIKA ANDINA S.A.
TOXEMENT S.A.

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

AGRECON
ASOGRAVAS
COMPAÑÍA CEMENTOS ARGOS S.A.
CONCRETO S.A.
CONCRETOS DE OCCIDENTE
CONINSA
CONSTRUCTORA COLPATRIA
DIEGO SÁNCHEZ DE GUZMÁN
ECOPETROL
EAAB
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA
ESCUELA MILITAR DE CADETES
GRUPO DIAMANTE SAMPER
GRUPO POA
ICPC
INGENIERÍA DEL CONCRETO

INGENIESA
LABORATORIO CONCRELAB LTDA.
LABORATORIO DE INGENIERÍA CONTECÓN
URBAR
MANUFACTURAS DE CEMENTO TITÁN
METROCONCRETO
PROYECTOS & DISEÑOS
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
COMERCIO
UNIVERSIDAD AGRARIA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
UNIVERSIDAD JAVERIANA
UNIVERSIDAD MILITAR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA S.A.
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**CONCRETOS.
ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES
DE CONCRETO EN OBRA**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los procedimientos para la elaboración y curado de especímenes cilíndricos y prismáticos, tomados de muestras representativas de concreto fresco para construcción.

1.2 El concreto utilizado para elaborar los especímenes moldeados debe tener los mismos niveles de asentamiento, contenido de aire y porcentaje de agregado grueso que el concreto que representa. Esta norma no es aplicable a la preparación de especímenes de concretos sin asentamiento medible, o que requieren otras formas de especímenes para representar un producto o estructura.

1.3 Los valores se deben regir de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. Véase la NTC 1000 (ISO 1000).

1.4 La presente norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas adecuadas de salud y seguridad y determinar la aplicación de las limitaciones regulatorias antes de su uso.

1.5 El texto de esta norma incluye notas que suministran material explicativo. Dichas notas no se deben considerar como requisitos de esta norma.

2. NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen la integridad del mismo. En el momento de la publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización; los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas.

NTC 396:1992, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto (ASTM C 143).

NTC 454:1998, Ingeniería Civil y Arquitectura. Concretos. Concreto fresco. Toma de muestras (ASTM C 172).

NTC 504:1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Refrentado de especímenes cilíndricos de concreto (ASTM C 617).

NTC 1000:1993, Metrología. Sistema Internacional de Unidades (ISO 1000)

NTC 1028:1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Determinación del contenido de aire en concreto fresco. Método volumétrico (ASTM C 173).

NTC 1032:1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en concreto fresco. Método de presión (ASTM C 231).

NTC 1926:1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para determinar la masa unitaria, rendimiento y contenido de cemento y aire por gravimetría del concreto (ASTM C 138).

NTC 3357:1992, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar la temperatura de concreto fresco (ASTM C 1064).

NTC 3512:1993, Ingeniería Civil y Arquitectura. Cámaras, cuartos húmedos y tanques para el almacenamiento de agua, empleadas en los ensayos de cementos hidráulicos y concretos (ASTM C 511).

ASTM C 470:1998, Standard Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically.

ACI-CP-1:1999, Technician Workbook for ACI Certification of Concrete Laboratory Testing-Technician-Grade I & II

3. IMPORTANCIA Y USO

3.1 Esta norma establece los requisitos normalizados para la elaboración, curado, protección y transporte de los especímenes de ensayo de concreto en las condiciones de la obra.

3.2 Si los especímenes se elaboran y curan como se especifica en esta norma, los resultados obtenidos pueden ser usados para los siguientes propósitos:

3.2.1 Determinación del cumplimiento de la resistencia especificada.

3.2.2 Comprobación de las proporciones adecuadas de mezcla para obtener la resistencia.

3.2.3 Control de calidad.

3.3 Si los especímenes se preparan y curan en las condiciones de la obra, como se estipula aquí, los datos de ensayo resultantes se deben poder usar para los siguientes propósitos:

3.3.1 Determinación del momento en que la estructura puede ser puesta en servicio.

3.3.2 Comparación con los resultados de ensayo de los especímenes curados en condiciones estándar o con los resultados provenientes de otros métodos de ensayo en obra.

3.3.3 Determinación de la eficiencia del curado y la protección del concreto de la estructura.

3.3.4 Determinación del momento de remoción de la formaleta o los puntales.

4. APARATOS

4.1 MOLDES, GENERALIDADES

Los moldes para la elaboración de especímenes de concreto deben ser de acero, hierro fundido o de cualquier material no absorbente y no reactivo con el concreto que contiene cemento Pórtland u otro cemento hidráulico; debe mantener sus dimensiones y su forma bajo las condiciones de uso. Los moldes deben ser impermeables, lo cual se comprueba mediante su habilidad para mantener el agua dentro de ellos. Las disposiciones para los ensayos de impermeabilidad se presentan en el numeral 6 de la norma ASTM C470 métodos de elongación, absorción y fuga de agua. Si es necesario, puede usarse un sellante apropiado, tal como grasa espesa, plastilina o cera microcristalina, para evitar escurrimientos por las juntas. Los moldes deben estar provistos de una base metálica maquinada, con dispositivos para fijarla, de manera que su plano sea perpendicular al eje. El molde y su base se deben aceitar con una capa delgada de aceite mineral antes del uso.

4.2 MOLDES CILÍNDRICOS

4.2.1 Moldes para especímenes fundidos verticalmente

Los moldes para la elaboración de los especímenes de ensayo de concreto deben cumplir los requisitos de la norma ASTM C470.

4.3 MOLDES PARA VIGAS

Los moldes para vigas deben ser rectangulares y tener las dimensiones requeridas para producir especímenes de acuerdo con lo establecido en el numeral 5.2. La superficie interior de los moldes debe ser lisa; los lados, el fondo y los extremos deben formar ángulo recto entre sí y estar nivelados y sin alabeos. La variación máxima de las dimensiones de la sección transversal nominal no debe exceder los 3 mm para moldes con profundidad de 150 mm o más. Los moldes deben producir especímenes con una variación máxima en la longitud de 2 mm por debajo de la especificada en el numeral 5.2.

4.4 VARILLA COMPACTADORA

Debe ser de acero, cilíndrica, lisa, con las dimensiones que se indican en la Tabla 1. El extremo compactador, o ambos extremos, deben ser hemisféricos y deben tener el mismo diámetro de la varilla.

Tabla 1. Requisitos para varillas compactadoras

Diámetro del cilindro, mm	Dimensiones de la varilla		
	Diámetro de la varilla, mm	Longitud de la varilla, mm	Número de golpes/capa
< 150	10	300	25
150	16	600	25
200	16	600	50
250 ó mayores	16	600	75

4.5 VIBRADORES

Los vibradores internos deben ser de eje flexible accionados por motor eléctrico. La frecuencia de vibración debe ser de 7 000 vibraciones por minuto o más mientras está en servicio. El diámetro exterior o la dimensión lateral del elemento vibratorio debe ser mínimo 20 mm, y máximo 40 mm. La longitud del eje sumada a la del elemento vibrador debe ser superior a la profundidad máxima de la sección que se está haciendo vibrar, al menos en 75 mm. Para cilindros, el diámetro del elemento vibratorio no debe ser superior a una cuarta parte del diámetro de estos. Para vigas, el diámetro del elemento vibrador no debe ser mayor que una tercera parte del ancho del molde. Se debe usar un tacómetro de lengüetas para verificar la frecuencia de la vibración.

4.6 MARTILLO

Se debe usar un martillo con cabeza de cuero o de caucho con un peso aproximado de 0,6 kg ± 0,2 kg.

4.7 HERRAMIENTAS PEQUEÑAS

Algunas herramientas y elementos que se pueden requerir son: palas, palustres, cucharones, y un tacómetro de lengüetas.

4.8 APARATOS DE ASENTAMIENTO

Los aparatos para la medida del asentamiento del concreto deben cumplir los requisitos de la NTC 396 (ASTM C143).

4.9 RECIPIENTE DE MUESTREO

Se debe disponer de un recipiente metálico grueso, una carretilla o una tabla plana y limpia no absorbente, con una capacidad suficiente para remezclar fácilmente la muestra entera, con una pala o palustre.

4.10 APARATO PARA MEDIR EL CONTENIDO DE AIRE

El aparato para medir el contenido de aire debe cumplir los requisitos de las NTC 1028 (ASTM C73) o NTC 1032 (ASTM C231).

5. REQUISITOS PARA EL ENSAYO

5.1 ESPECÍMENES CILÍNDRICOS

Deben ser cilindros de concreto fundidos y fraguados en posición vertical, con una altura igual a dos veces el diámetro. El espécimen patrón debe ser un cilindro de 150 mm de diámetro interior por 300 mm de altura, si el tamaño máximo nominal de agregado grueso es menor a 50 mm (Véase la Nota 1), pero si excede los 50 mm, la muestra de concreto debe ser tratada ya sea por tamizado húmedo, como se describe en la NTC 454 (ASTM C172), o se debe utilizar un cilindro cuyo diámetro mínimo sea 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. No se deben emplear cilindros más pequeños de 150 mm por 300 mm para los ensayos de aceptación a menos que sea requerido por las especificaciones del proyecto. (Véase la Nota 2).

Nota 1. El tamaño máximo nominal del agregado es la menor abertura del tamiz inmediatamente superior a aquél cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15 %.

Nota 2. Cuando los ensayos sean diferentes a los de aceptación para comprobar la resistencia especificada, puede ser adecuado un cilindro de 100 mm x 200 mm, o de 125 mm x 250 mm. Sin embargo, el diámetro de cualquier cilindro debe ser al menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso en el concreto (véase la Nota 1). Cuando se usan cilindros de menor tamaño que el estándar, la variabilidad dentro del ensayo ha demostrado ser mayor, pero no a un grado estadísticamente significativo. Los resultados de la resistencia a la compresión se ven afectados por varios factores, dentro de los que se incluye el tamaño del cilindro.

5.2 ESPECÍMENES DE VIGA RECTANGULARES

Los especímenes para la determinación de la resistencia a la flexión deben ser vigas de concreto, rectangulares, fundidas y endurecidas en posición horizontal. La longitud debe ser por lo menos de 50 mm, mayor que tres veces la profundidad. La relación de ancho a profundidad, de los especímenes moldeados, no debe exceder 1,5. La viga patrón debe medir 150 mm por 150 mm de sección transversal, y se debe usar para concreto con agregado grueso de un tamaño máximo nominal hasta de 50 mm. Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso excede los 50 mm, la menor dimensión transversal de la viga debe ser mínimo tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. A menos que se exija así por las especificaciones del proyecto, las vigas elaboradas en obra no deben tener un ancho o una profundidad inferior a 150 mm.

5.3 TÉCNICOS EN CAMPO

Los técnicos en campo que elaboran y curan especímenes para el ensayo de aceptación deben ser certificados de acuerdo con ACI Field Testing Technicians, Grade I, o equivalente. Los programas de certificación de personal equivalentes deben incluir exámenes tanto orales como escritos, como se establece en ACI-CP-1 o equivalente.

6. MUESTREO DEL CONCRETO

6.1 Las muestras usadas para la elaboración de especímenes de ensayo de acuerdo con esta norma se deben obtener de acuerdo con la NTC 454 (ASTM C172), a menos que se apruebe un procedimiento alterno.

6.2 Se identifica la muestra de concreto anotando el elemento de la estructura que representa, y la fecha y hora de su elaboración.

7. ASENTAMIENTO, CONTENIDO DE AIRE Y TEMPERATURA

7.1 ASENTAMIENTO

El asentamiento se debe medir y registrar de acuerdo con la NTC 396 (ASTM C143), de las mismas bachadas de donde se tomaron los especímenes para los ensayos de flexión y de compresión, inmediatamente después de realizar la remezcla.

7.2 CONTENIDO DE AIRE

Se determina y registra el contenido de aire, de acuerdo con la NTC 1028 (ASTM C173) o la NTC 1032 (ASTM C231). El concreto usado para el ensayo de contenido de aire no se debe usar para fabricar especímenes de ensayo.

7.3 TEMPERATURA

La temperatura se debe determinar y registrar de acuerdo con el método de ensayo de la NTC 3357 (ASTM C1064).

Nota 3. Algunas normas pueden exigir la medición del peso de concreto unitario. El volumen de concreto producido por bachada se puede requerir en algunos proyectos, al igual que información adicional sobre las mediciones de contenido de aire. La NTC 1926 (ASTM C138) se usa para medir el peso unitario, el rendimiento, y el contenido gravimétrico del aire del concreto recién mezclado.

Tabla 2. Requisitos de tamaño, tipo y moldeo

Tipo y tamaño del espécimen, profundidad, (mm)	Método de compactación	Número de capas	Profundidad aproximada de la capa, (mm)
Cilindros:			
300 o menos	Apisonamiento	3 iguales	100 o menos
más de 300	Apisonamiento	Las que se requieran	100 o menos
300 o menos	Vibración	2 iguales	150 o menos
300 a 450	Vibración	2 iguales	Media profundidad del espécimen
más de 450	Vibración	3 ó más	200 o lo más cerca posible
Vigas:			
150 a 200	Apisonamiento	2 iguales	Profundidad media del espécimen
más de 200	Apisonamiento	3 o más	100
150 a 200	Vibración	1	Profundidad del espécimen
más de 200	Vibración	2 ó más	200 lo más cerca posible

8. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES

8.1 SITIO DE ELABORACIÓN

Los especímenes se deben elaborar pronto sobre una superficie nivelada, rígida, libre de vibración o de cualquier otra perturbación y en un sitio lo más cercano posible a donde van a ser almacenados.

8.2 FUNDIDA DE LOS CILINDROS

El método de compactación, el número y profundidad aproximada de las capas y el número de golpes por capa se determinan a partir de las Tablas 1, 2 y 3. Si la compactación se hace por apisonamiento, se selecciona el tamaño de la varilla de compactación, con la Tabla 1. Pero si es por vibración interna, se selecciona el vibrador apropiado que cumpla con los requisitos del numeral 4.5. Se selecciona una herramienta pequeña, como una cuchara, una pala o palustre, de una forma y tamaño suficientes, de manera que cada cantidad de concreto obtenida del recipiente de muestreo sea representativa, y lo suficientemente pequeña para no desperdiciar el concreto al colocarlo en el molde. Mientras se coloca el concreto en el molde, se debe mover la pala o cuchara en el perímetro del molde, para garantizar la completa distribución del concreto y reducir al mínimo la segregación. Cada capa de concreto se debe compactar de acuerdo con el método seleccionado que se requiera. Al colocar la capa final, se debe agregar la cantidad de concreto necesaria para llenar el molde, después de realizada la compactación. Durante la compactación de la capa superior los moldes llenados en exceso o en forma deficiente se deben ajustar con concreto representativo.

Tabla 3. Requisitos para el método de compactación

Asentamiento, (mm)	Método de compactación
>75	Apisonamiento
25 a 75	Apisonamiento o vibración
<25	Vibración

Nota. Se usa el método de compactación de la Tabla 3, a menos que se especifique algo diferente.

8.3 FUNDIDA DE LAS VIGAS

El método de compactación, la profundidad aproximada y el número de capas se determinan a partir de las Tablas 2 y 3. Si la compactación se hace mediante apisonamiento, se usa una varilla de compactación de 16 mm. Se determina el número de golpes por capa, uno por cada 14 cm² del área de la cara superior de la viga. Si la compactación es por vibración interna, se selecciona el vibrador apropiado que cumpla los requisitos del numeral 4.5. Se selecciona una herramienta pequeña, como una cuchara, una pala o palustre, de una forma y tamaño suficientes, de manera que cada cantidad de concreto obtenida del recipiente de muestreo sea representativa, y lo suficientemente pequeña para que el concreto no se desperdicie al colocarlo en el molde. Mientras se coloca el concreto en el molde, se debe mover la pala o cuchara en el perímetro del molde, para garantizar la completa distribución del concreto y reducir al mínimo la segregación. Cada capa de concreto se debe compactar de acuerdo con el método seleccionado lo que se requiera. Al colocar la capa final, se debe agregar la cantidad de concreto necesaria para llenar el molde, después de realizada la compactación. Durante la compactación de la capa superior, los moldes llenados en exceso o en forma deficiente se deben ajustar con concreto representativo.

8.4 COMPACTACIÓN

Los métodos de compactación de esta norma son el apisonamiento o vibración interna.

8.4.1 Apisonamiento

Se coloca el concreto en el molde, en el número requerido de capas de volumen aproximadamente igual. Se apisona cada capa con el extremo redondeado de la varilla, usando el número de golpes requerido. La capa del fondo se apisona en toda su profundidad. Los golpes se distribuyen uniformemente sobre la sección transversal del molde. Para cada capa que se va colocando, se deja que la varilla penetre aproximadamente 12 mm en la capa inferior, cuando la profundidad de la capa es menor de 100 mm y aproximadamente 25 mm cuando la profundidad es de 100 mm o más. Después de apisonar cada capa, se golpea suavemente de 10 veces a 15 veces los bordes del molde con el martillo, para tapar cualquier orificio que haya quedado y sacar las burbujas de aire atrapadas. Los moldes desechables que se pueden dañar si se golpean con el martillo, se pueden golpear con la mano abierta. Después de aplicar estos golpes, se consolida el concreto en los lados y los extremos del molde, con un palustre u otra herramienta adecuada.

8.4.2 Vibración

La duración de la vibración se mantiene durante un período uniforme para el tipo particular de concreto, vibrador y molde del espécimen involucrado. La duración de la vibración requerida depende de la trabajabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador. Normalmente se ha aplicado vibración suficiente tan pronto como la superficie del concreto está relativamente suave. Se continúa la vibración solo el tiempo suficiente para lograr la compactación apropiada del concreto. La vibración excesiva puede causar segregación. Los moldes se llenan y se someten a vibración en el número requerido de capas aproximadamente iguales. Se coloca

todo el concreto para cada capa en el molde antes de comenzar la vibración de esa capa. Al compactar el espécimen, no se debe dejar descansar el vibrador en el fondo o los lados del molde. Se retira el vibrador cuidadosamente, de manera tal que no queden bolsas de aire en el espécimen. Cuando se coloca la capa final, se debe evitar un sobrellenado de más de 6 mm.

8.4.2.1 Cilindros. Se hacen tres inserciones del vibrador en diferentes puntos de cada capa. Se deja que el vibrador penetre la capa que se está sometiendo a vibración y en la capa inferior, aproximadamente 25 mm. Después de someter a vibración cada capa, se golpea suavemente la parte exterior del molde con el martillo, de 10 veces a 15 veces, para tapar cualquier orificio que haya quedado y para liberar las burbujas que hayan quedado atrapadas. Los moldes desechables que se puedan dañar, se pueden golpear con la mano abierta.

8.4.2.2 Vigas. Se inserta el vibrador a intervalos no superiores a 150 mm a lo largo del eje central longitudinal del espécimen. Para especímenes con un ancho superior a 150 mm, se hacen inserciones alternas a lo largo de dos líneas. Se deja que el eje del vibrador penetre en la capa del fondo aproximadamente 25 mm. Después de someter a vibración cada capa, se golpea suavemente la parte exterior del molde de 10 veces a 15 veces con el martillo, para tapar los orificios que hayan quedado y para liberar las burbujas que hayan quedado atrapadas.

8.5 ACABADO

Después de compactar el espécimen, se enrasa la superficie de éste para quitar el exceso de concreto, utilizando la varilla de compactación, una llana de madera o palustre. Este acabado se realiza con el mínimo de manipulación necesaria para producir una superficie homogénea y lisa que esté a nivel con el borde del molde y no tenga depresiones ni proyecciones mayores de 3 mm.

8.5.1 Cilindros

Después de la compactación, se debe enrasar la superficie con la varilla compactadora, si la consistencia del concreto lo permite, o con una llana de madera o palustre. Si se desea, se refrenta la superficie fresca con una capa delgada de pasta de cemento Pórtland, que se deja endurecer y curar junto con el cilindro. Véase el capítulo de materiales de refrentado, de la NTC 504 (ASTM C617).

8.5.2 Vigas

Después de compactar el concreto, se debe enrasar la superficie del espécimen con una llana, hasta la tolerancia requerida para producir una superficie plana y uniforme.

8.6 IDENTIFICACIÓN

Los especímenes se marcan para poder identificarlos a ellos y al concreto que representan. Se usa un método que no altere la superficie del concreto. No se deben marcar las tapas removibles. Una vez retirados los especímenes de los moldes, se marcan para mantener su identificación.

9. CURADO

9.1 PROTECCIÓN

Inmediatamente después del acabado, se deben tomar una serie de precauciones para evitar la evaporación y pérdida de agua de los especímenes. Las superficies exteriores de los moldes de cartón se deben proteger del contacto con cualquier fuente de humedad. Los especímenes

se deben cubrir con una platina u hoja no absorbente y no reactiva, o con una lámina de plástico impermeable. Se pueden emplear costales húmedos sobre esta lámina para retardar la evaporación, sin que estos hagan contacto con el concreto.

9.2 CURADO ESTÁNDAR

Es el método de curado utilizado cuando los especímenes se elaboran y curan para los propósitos establecidos en el numeral 3.2.

9.2.1 Almacenamiento

Inmediatamente después del acabado se trasladan los especímenes a un sitio de curado inicial para almacenamiento (véase la Nota 4). Si se trasladan los cilindros de los moldes desechables, se levantan y sostienen con un palustre grande o un dispositivo similar. Si la superficie se estropea durante el traslado del espécimen al sitio de almacenamiento inicial, se hace un reacabado inmediatamente.

9.2.2 Curado inicial

Después del moldeo, los especímenes se deben almacenar a un intervalo de temperatura de 16 °C a 27 °C y en un ambiente húmedo, de manera que se impida la pérdida de humedad hasta por 48 h (véase la Nota 4). La temperatura en los especímenes y entre ellos se debe controlar en todo momento protegiéndolos de la luz solar directa y de dispositivos de calefacción radiantes. Los especímenes que van a ser transportados antes de 48 h, al laboratorio para el curado final según el numeral 9.2.3, deben permanecer en los moldes en un ambiente húmedo, hasta que sean recibidos en el laboratorio, desmoldados y sometidos a curado final. Si los especímenes no son transportados en un lapso de 48 h, los moldes se deben retirar dentro de 24 h \pm 8 h y se debe aplicar el curado final hasta que sean transportados (véase el numeral 10.1).

Nota 4. Puede ser necesario crear un ambiente durante el curado inicial, para proporcionar condiciones de humedad satisfactorias y controlar la temperatura. Los especímenes se pueden sumergir inmediatamente en agua saturada con cal, y/o almacenar en cajas herméticas de madera, entre arena húmeda, bajo techo en los sitios de la obra, debajo de costales húmedos o en bolsas plásticas gruesas cerradas. La inmersión en agua saturada de cal no es adecuada para especímenes que se encuentran en moldes de cartón u otro material que se expanda al sumergirse en agua. Se pueden utilizar otros métodos adecuados, si cumplen los requisitos anteriores que limitan la temperatura y la pérdida de humedad del espécimen. La temperatura se puede controlar mediante ventilación, o por dispositivos de enfriamiento controlados termostáticamente, o por dispositivos de calentamiento como estufas, bombillos o elementos de calefacción controlados. El registro de la temperatura de los especímenes se puede establecer con termómetros de máximo y mínima. Los resultados a una edad temprana pueden ser inferiores cuando el almacenamiento se ha hecho a una temperatura cercana o menor a 16 °C y mayores cuando la temperatura es cercana a 27 °C.

9.2.3 Curado final

9.2.3.1 Cilindros. Al terminar el curado inicial y antes de que transcurran 30 min después de retirado el molde, se deben almacenar los especímenes en un ambiente húmedo, con agua libre sobre la superficie de estos, a una temperatura de 23 °C \pm 2,0 °C sobre la superficie del cilindro. Se permiten temperaturas entre 20 °C y 30 °C por períodos no mayores de 3 h, inmediatamente antes del ensayo, si se mantiene humedad libre sobre la superficie de los especímenes en todo momento, excepto cuando se ha aplicado un refrentado con un compuesto de azufre. Cuando se ha aplicado refrentado con este material, los extremos del cilindro se deben secar como se indica en la NTC 504 (ASTM C617). Los especímenes no se deben exponer a goteo o a corrientes de agua. Los requisitos de curado para los tanques de almacenamiento de agua, cuartos y cabinas húmedas se presentan en la NTC 3512 (ASTM C511).

9.2.3.2 Vigas. Las vigas se deben curar de la misma manera que los cilindros (véase el numeral 9.2.3.1) excepto que se deben sumergir mínimo 20 h antes del ensayo en agua saturada con cal a $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Se debe evitar que las superficies de los especímenes se sequen en el período comprendido entre la remoción del agua saturada con cal y la terminación del ensayo.

Nota 5. En especímenes para flexión con cantidades relativamente pequeñas de secado superficial se pueden inducir esfuerzos de tensión en las fibras de los extremos, lo cual reduce notablemente la resistencia a la flexión indicada.

9.3 CURADO EN CAMPO

Método de curado usado para los especímenes hechos y curados como se establece en el numeral 3.3.

9.3.1 Cilindros

Los cilindros se deben almacenar dentro de la estructura o sobre ésta, tan cerca como sea posible del punto de depósito del concreto representado. Se deben proteger todas las superficies de los cilindros de igual forma como se protege la estructura; los cilindros deben estar a la misma temperatura y ambiente húmedo que la estructura. Los especímenes se ensayan en las condiciones de humedad resultantes del tratamiento de curado especificado. Para cumplir con estas condiciones, los especímenes fabricados, para el propósito de determinar cuándo se permite poner una estructura en servicio, se deben retirar de los moldes en el momento en que se retiran las formaletas de la estructura.

9.3.2 Vigas

En cuanto sea posible, el curado de las vigas se debe llevar a cabo de la misma manera que el concreto de la estructura. Al terminar las $48\text{ h} \pm 4\text{ h}$ después del moldeado, se toman las vigas del sitio de almacenamiento y se retiran de los moldes. Los especímenes representativos de pavimentos de placas se almacenan colocándolos en el suelo, como se moldearon, con la cara superior hacia arriba. Se rellenan los lados y las caras de la viga con tierra o con arena, se mantienen húmedas y se deja la cara superior expuesta al tratamiento de curado especificado. Se almacenan los especímenes que representan el concreto de la estructura tan cerca como sea posible del sitio de la estructura que representan, y deben tener la misma protección contra temperatura y ambiente de humedad que la estructura. Al finalizar el curado, se debe permitir que los especímenes estén expuestos a las mismas condiciones ambientales de la estructura. Se retiran los especímenes del almacenamiento en campo y se almacenan en agua con cal a $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ durante $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ inmediatamente antes del momento del ensayo, para asegurar una condición uniforme de humedad entre especímenes. Se deben tener en cuenta las precauciones del numeral 9.2.3.2 para evitar el secado antes del ensayo.

10. TRANSPORTE DE LOS ESPECÍMENES AL LABORATORIO

10.1 Antes de transportar los especímenes, estos se deben curar y proteger como se exige en el numeral 9. Durante el transporte, los especímenes se deben proteger con un material amortiguador para evitar daño por golpes, por temperaturas de congelación, o por pérdida de humedad. La pérdida excesiva de humedad se evita envolviendo los especímenes muy bien en plástico o rodeándolos de arena húmeda o aserrín húmedo. El tiempo de transporte no debe ser superior a 4 h.

11. INFORME

11.1 La siguiente información se debe informar al laboratorio que ensaya los especímenes:

11.1.1 Número de identificación.

11.1.2 Ubicación del concreto representado por las muestras.

11.1.3 Fecha, hora y tipo del espécimen moldeado.

11.1.4 Asentamiento, contenido de aire y temperatura del concreto, resultados del ensayo y de cualquier otro ensayo realizado en el concreto fresco, y cualquier desviación de los métodos de ensayo normalizados referenciados.

11.1.5 Método de curado.

12. PALABRAS CLAVE

12.1 Vigas, elaboración de muestras; concreto; curado; cilindros; ensayo.

DOCUMENTO DE REFERENCIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field. Philadelphia, 1996, 5 p. (ASTM C31).