

PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

Mayo ■ 2013



EDITADO POR EL INSTITUTO
MEXICANO DEL CEMENTO Y
DEL CONCRETO, A.C.

Industria de la Construcción –
Concreto hidráulico – Determinación
de la variación en la longitud
de especímenes de
mortero de cemento
y de concreto
endurecidos.



69

SECCIÓN
COLECCIONABLE

Industria de la Construcción – Concreto hidráulico – Determinación de la variación en la longitud de especímenes de mortero de cemento y de concreto endurecidos.

En este resumen se presenta la Norma Mexicana NMX-C-173-ONNCCE-2010. Usted puede emplear la siguiente información para familiarizarse con los procedimientos básicos de la misma. Sin embargo, cabe advertir que las líneas que siguen no reemplazan al estudio completo.

Objetivo y campo de aplicación

Esta norma mexicana establece el método para determinar la variación en la longitud aplicable a los especímenes de mortero de cemento y de concreto hidráulico endurecidos, no sometidos a fuerzas externas.

Referencias

La Norma se complementa con las siguientes normas mexicanas:

- NMX-C-061-ONNCCE:
Industria de la construcción-Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.
- NMX-C-085-ONNCCE:
Industria de la Construcción-Método de mezclado mecánico de pastas y morteros de cementantes hidráulicos.
- NMX-C-156-ONNCCE:
Industria de la Construcción-Cemento fresco-Determinación del revenimiento.
- NMX-C-159-ONNCCE:
Industria de la Construcción-Concreto-Elaboración y curado en el laboratorio de especímenes.

Definición

Para efectos de esta norma se establece la siguiente definición:

Variación de la longitud: Es un aumento o disminución en la longitud en un espécimen que ha sido sometido a cambios de humedad o temperatura, sin estar sometido a fuerzas exteriores.

Materiales auxiliares

Agua potable

Papel filtro: El papel filtro que se usa en el atmómetro debe ser blanco, con textura uniforme del tipo CC-310 o similar. Asimismo, debe tener un diámetro de 150 mm (6”), y debe colocarse en el aparato con la textura lisa hacia arriba.

Equipo

Moldes: Los moldes para elaborar los especímenes deben ser rígidos, no absorbentes, resistentes al ataque del cemento. Pueden tener uno o más compartimentos de forma prismática con dimensiones, tal como se muestran en las figuras 1 y 2.

Comparador de longitudes: El comparador de longitudes está constituido por un micrómetro de carátula de alto grado de precisión o de otro dispositivo de medición graduado.

Las terminales del instrumento deben estar endurecidas térmicamente, pulidas y fijadas con firmeza de acuerdo con las características que se muestran en la Fig. 4. Al usarse para medir especímenes elaborados en los moldes, los índices de calibración deben estar fijados en su posición, con cuidado, para que el micrómetro, con una carrera de no menos de 6 mm, proporcione un intervalo amplio en el instrumento.

La calibración debe hacerse cuando menos al principio y al final de las lecturas realizadas durante la jornada de trabajo, cuando el aparato esté en un cuarto que se mantenga a temperatura constante y con una mayor frecuencia, cuando la temperatura del cuarto no sea constante.

Barra calibradora: La barra calibradora debe diseñarse para que se adapte al tamaño del espécimen.

Fig. 1: Detalle del molde

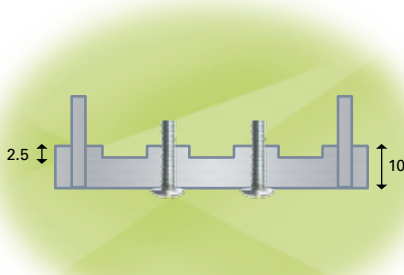


Fig. 2: Detalle de la placa del molde

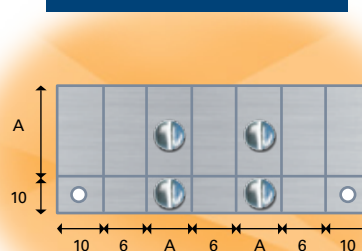


Fig. 3: Tornillo y placa de sostén del índice de calibración

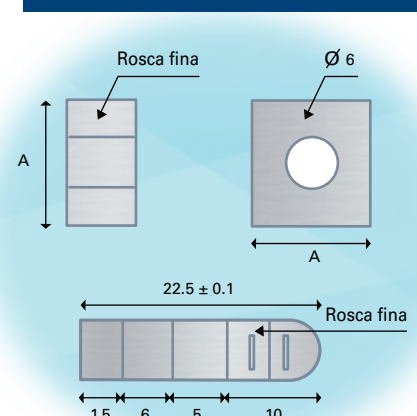


Fig. 4: Aparato para medir la variación de longitud en los especímenes

men empleado y permita un contacto adecuado con los índices de calibración, además de una rápida medición de la longitud del espécimen (Fig. 4).

Se recomienda que el micrómetro del dispositivo de medir se calibre con la barra durante la operación, para determinar los errores periódicos y acumulativos para la corrección de los datos observados. La barra debe ser de aleación de acero, que tenga un coeficiente de expansión térmica no mayor de 2×10^{-6} por $^{\circ}\text{C}$. Cada extremo debe estar maquinado de la misma forma que los extremos de los índices, deben estar endurecidos térmicamente y luego pulidos.

La parte central de la barra calibradora debe estar cubierta de hule para disminuir el efecto de la variación de la temperatura durante su manejo. La barra debe tener en un extremo una marca de posición y debe colocarse en el instrumento en la misma posición cada vez que se tome una medida.

Pisón: Éste debe ser de un material no absorbente ni abrasivo; puede ser de hule endurecido o madera dura seca no absorbente que se hace sumergiéndola por 15 min en parafina caliente a 200°C . Debe tener una sección transversal de 12 mm x 25 mm y un largo de 150 mm. Cabe decir que la cara que apisona debe ser plana y perpendicular respecto del eje del pisón.

Varilla para compactación: La varilla para compactar debe ser de acero, recta de 250 mm de largo y 10 mm ($3/8''$) de diámetro. Debe tener cuando menos uno de los extremos de forma semiesférica, del mismo diámetro de la varilla.

Cuarto de secado y de controles: El cuarto de secado debe estar provisto con entrepaños para almacenar los especímenes. Los entrepaños deben diseñarse de tal forma que permitan la libre circulación del aire alrededor de los especímenes; excepto en sus dos apoyos, que deben ser horizontales, de material no absorbente, con área de soporte de no más de 6 mm de ancho.

Si es necesario puede hacerse circular aire acondicionado en el cuarto, tanto hacia adentro como hacia fuera, de manera uniforme, de tal modo que se logre la velocidad de evaporación especificada en el área que circula a cada uno de los especímenes. La temperatura y la humedad relativa del aire del cuarto deben medirse en forma adecuada cuando menos dos veces por día de trabajo, para lo cual es recomendable un psicrómetro del tipo de onda.

Montaje del atmómetro: La Fig. 3 muestra el ensamble sugerido para adaptar un atmómetro.

Se hace una perforación de 13 mm ($1/2''$) de diámetro en el papel filtro que se coloca; se asegura en su lugar en el atmómetro, girando la manivela hasta que se empieza a apretar (Fig. 6). Se monta el atmómetro en el soporte y es colocada una probeta de vidrio de tal modo que la marca de 100 ml tenga de 25 mm a 75 mm abajo del papel filtro. Se tapa la probeta de tal manera que tenga entradas por medio de dos tubos de vidrio que no lleguen al nivel del agua, y otro que permita que un tubo largo llegue al fondo de la probeta (Fig. 5).

El tubo de vidrio que llega al fondo de la probeta se conecta al atmómetro por medio de un tubo flexible transparente de plástico. Se conecta una botella de plástico flexible que contenga agua destilada o desionizada, por medio de un tubo transparente de plástico, con uno de los tubos cortos de la probeta. Se introduce agua a la probeta hasta que se llene a la mitad y luego se cierra el otro tubo corto. Se continúa la introducción de agua de la probeta al atmómetro, hasta que el papel filtro esté saturado y no se den burbujas de aire en el sistema.

Se deja libre el tubo de vidrio de la probeta para bajar la presión de la botella flexible y evitar atrapar aire del tubo que llega al atmómetro. Se ajusta al nivel del agua en la probeta hasta la marca de 100 ml. Si el atmómetro va a usarse a temperaturas variables, la botella de plástico flexible debe desconectarse después de llenar la probeta, para evitar la posibilidad de que se le introduzca más agua. Se permite la evaporación del agua del papel filtro durante una hora, antes de registrar el tiempo y la lectura inicial de la probeta.

El permitir la evaporación del agua del papel filtro puede omitirse durante el uso subsecuente del atmómetro, si se logra que el papel filtro no se seque, es recomendable cambiar el papel filtro por lo menos dos veces por semana.

Índices de calibración: Se trata de barras de acero inoxidable o de algún otro metal resistente a la corrosión y de similar dureza.

Las dimensiones son las que se indican en la Fig. 3.

Preparación del espécimen

Antes de iniciar el llenado de los moldes deben fijarse adecuadamente los índices para asegurar que la distancia libre entre ellos sea la indicada en la Norma.

Especímenes

Mortero: El espécimen para mortero debe ser un prisma cuadrangular de 25 mm ($1''$) de lado, y 285 mm ($11 \frac{1}{4}''$) de largo. Se deben preparar tres especímenes cuando menos para cada condición de este ensayo.

Concreto: El espécimen para concreto, en el cual todo el agregado pasa la malla de 50.8 mm ($2''$) tamaño nominal 40 mm ($1 \frac{1}{2}''$), debe ser un prisma cuadrangular de 100 mm ($4''$) de lado y 285 mm ($11 \frac{1}{4}''$) de largo. Se puede usar un prisma cuadrangular de 75 mm ($3''$) por lado si todo el agregado pasa la criba 25.4 mm ($1''$), con un tamaño máximo nominal de 20 mm ($3/4''$). Se deben preparar tres especímenes por lo menos para cada una de las condiciones del ensayo.

Puesto que la deformación longitudinal puede ser influenciada por el tamaño de los especímenes,

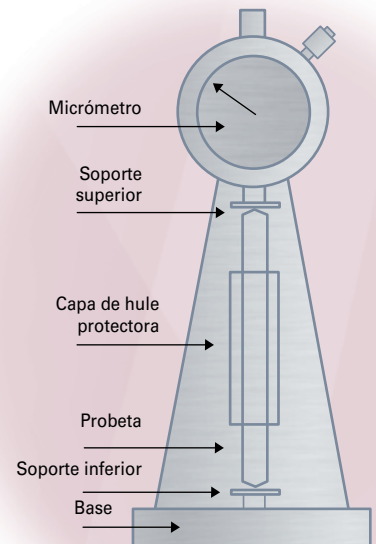
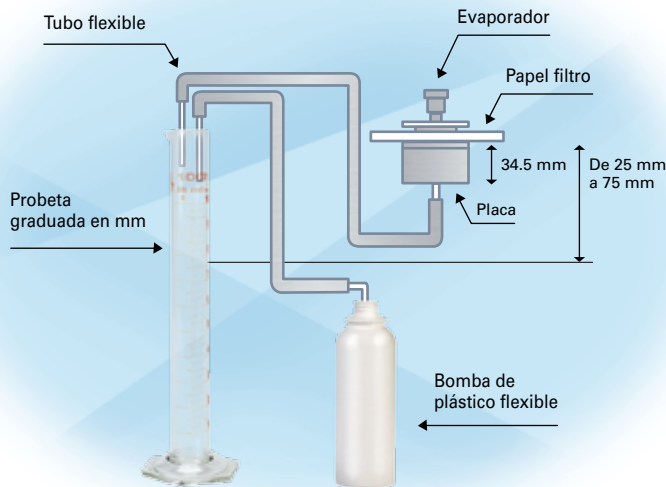


Fig. 5: Atmómetro



los que vayan a compararse deben tener las mismas dimensiones y cualquier especificación límite basada en este método debe aplicarse a un tamaño determinado.

Mezclado del mortero y del concreto en laboratorio: Se llevan todos los materiales a una temperatura de entre 18° C y 24° C antes de elaborar el mortero o el concreto. Se dosifican los materiales en masa, el agua y los aditivos líquidos en masa o volumen. Para calcular las cantidades de una mezcla se debe suponer que los agregados están saturados y superficialmente secos, si no están en estas condiciones, se deben hacer correcciones correspondientes, basadas en los datos de absorción y humedad de los propios agregados.

Mortero: Se mezclan los materiales que integran el mortero en un mezclador adecuado, La secuencia del mezclado debe ser de acuerdo con la Norma mexicana NMX-C-085-ONNCCE. El mezclador mecánico descrito en esa norma es el mezclador apropiado, sin embargo, el claro especificado entre la paleta y la olla en este método es adecuado únicamente para morteros hechos con agregados más finos que los que pasan por la criba 0.850 mm (No. 20).

Los morteros hechos con agregados retenidos en esa criba pueden requerir mayores claros y/u otro tipo diferente de paleta para permitir que el mezclador opere libremente y evite su deterioro y el de la olla. Se determina la consistencia del mortero por el método de fluidez de acuerdo con la Norma mexicana NMX-C-061-ONNCCE. A menos que se especifique otra cosa, debe usarse agua de mezcla suficiente para alcanzar una fluidez de 110%±5%

Concreto: Se mezclan los materiales que integran el concreto en un mezclador apropiado de laboratorio, de acuerdo con la Norma mexicana NMX-C-159-ONNCCE. Se determina la consistencia del concreto mediante el método de ensayo establecido en el Norma mexicana NMX-C-156-ONNCCE, y a menos que se especifique otra cosa, debe usarse agua suficiente para producir un revenimiento de 10 cm±1 cm.

Moldeo de los especímenes

Mortero: Se coloca el mortero en un molde en dos capas del mismo espesor, la segunda capa debe sobresalir un poco de los bordes del molde. Posteriormente, se compacta cada capa con el pisón ya descrito.

Se acomoda el mortero con el pisón en las esquinas alrededor de los índices acomodándose con el dedo y a lo largo de la superficie del molde (dos pasadas en cada capa) con la intensidad necesaria para obtener una compactación uniforme y adecuada en todo espécimen. Después de compactar cada capa es necesario golpear ligeramente las paredes del molde para expulsar las burbujas de aire que quedan atrapadas; ya compactadas la capa superior, se elimina el excedente y se alisa con la llana para uniformar la superficie.

En seguida, después de haber terminado el moldeo, se afloja el dispositivo que mantiene los índices en su posición en cada extremo del molde, con el fin de prevenir cualquier desajuste durante la contracción inicial del espécimen.

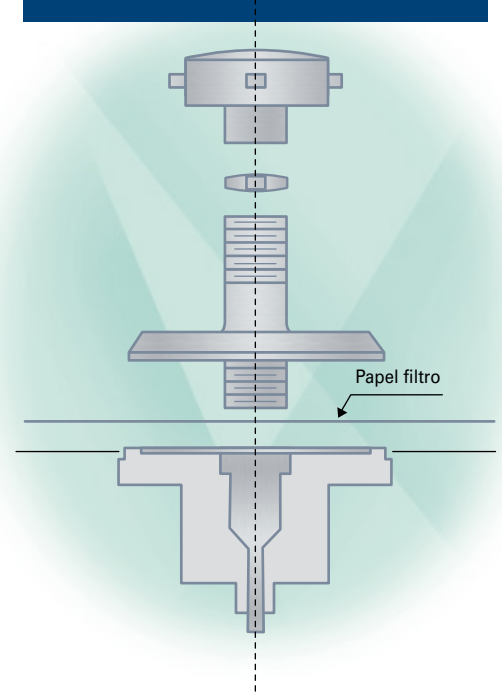
Concreto: Se coloca el concreto en el molde, en dos capas del mismo espesor según la norma mexicana NMX-C-159-ONNCCE. Se compacta cada capa por varillado. Se debe usar vibración externa en el caso de revenimientos menores de 10 cm con los requisitos de compactación para ser sometidos a flexión según la norma citada. Debe usarse el mismo método de compactación para todos los especímenes en ensayos comparativos; además, al colocar la capa interior, se debe compactar el concreto con el dedeo alrededor de cada uno de los índices. La capa superior debe sobresalir un poco de los bordes del molde. Después que se ha compactado, se enrasa el concreto con una regla o llana, e inmediatamente después de terminar la operación del moldeo se suelta el dispositivo que sostiene los índices en su posición en cada extremo del molde, con el fin de prevenir cualquier desajuste de los índices durante la contracción inicial de los especímenes.

Procedimiento

Curado y determinación inicial de la longitud de los especímenes: Se curan los especímenes en sus moldes a una humedad relativa de 95% a 100%, y a una temperatura de 23° C±2° C.

Deben protegerse los especímenes del goteo de agua. Se retiran los especímenes de los moldes cuando tengan una edad mínima de 24 hrs. a partir de la adición de agua en la operación de mezclado, teniendo mucho cuidado de no ejercer presión directamente contra los índices de medición.

En algunos casos, y en particular cuando el cemento es de fraguado lento, puede ser necesario dejar los especímenes en el molde por más de 24 hrs. para evitar su deterioro al desmoldar. Para este efecto puede usarse un dispositivo mecánico que ayude al desmoldeo, manteniendo los dedos índices en su lugar. Las marcas colocadas en los especímenes para su identificación, o su posición, deben hacerse con grafito o con tinta indeleble. Después de la remoción de los especímenes de sus moldes, se



sumergen en un recipiente con agua salada saturada con cal, mantenida a 23°C , $\pm 2^{\circ}\text{C}$ por un mínimo de 15 min cuando los especímenes sean de 25 mm por lado, y mínimo de 30 min cuando sean de 75 mm o más por lado, esto se hace antes de la medición. A continuación se sacan los especímenes del agua y se efectúa la medición inicial.

Curado en agua saturada de cal (3/ 1 000 aproximadamente) y determinación de la longitud de los especímenes.

Después de la observación inicial de la longitud se curan los especímenes en agua saturada con cal a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta que alcancen una edad de 28 días, incluyendo el tiempo dentro del molde, a menos que otras condiciones o duración del curado se especifique. Al final del período de curado se hace una segunda determinación de la longitud.

Almacenamiento de los especímenes:

Dependiendo del objetivo del ensayo, el almacenamiento de los especímenes, posterior al período de curado de los primeros 28 días, debe efectuarse en agua o aire, como se indica a continuación, o en cualquier otro medio que se especifique.

En agua: Se sumergen lo especímenes en agua saturada de cal a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Se hacen determinaciones de la longitud en cada espécimen cuando hayan alcanzado las edades de 56 días, 224 días y 448 días, incluyendo el tiempo de curado especificado en esta norma, a menos que se especifiquen otras edades.

En aire: Se almacenan los especímenes en un cuarto de secado, según los requerimientos ya descritos con el aire mantenido a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de $50\% \pm 4\%$. La corriente de aire que pase por todos los especímenes debe ser tal que la rapidez de evaporación sea de 77 cm^3 por 24 hrs. de un atmómetro que cumpla con los requerimientos descritos en esta norma, o bien de 13 cm^3 por 24 hrs. de un caso Griffin de 400 cm^3 de forma baja, lleno hasta 20 mm abajo del borde.

Los especímenes se almacenan con una separación mínima de 25 mm en todos sus lados. Se hacen determinaciones de la longitud de cada espécimen después de los periodos totales de almacenamiento en aire de 4 días, 7 días, 28 días, 56 días, 112 días, 224 días y 448 días, a menos que se especifiquen otras edades.

Preferentemente se hacen estas determinaciones en el mismo cuarto de secado, cuya humedad relativa se mantenga en $50\% \pm 4\%$ y la temperatura a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Informe del ensayo

El informe del ensayo debe incluir lo siguiente:

- Identificación y número de los especímenes de mortero, o de concreto, para cada condición y fecha de los moldes.
- Origen e identificación de cada uno de los materiales empleados.
- Tipo, tamaño máximo y granulometría del agregado.

- Tamaño de los especímenes.

- Datos de la mezcla del mortero o del concreto, incluyendo su consistencia.

- Descripción del método de compactación del concreto, indica si se usó varillado o vibración externa.

- Condiciones y periodos de curado húmedo antes y después del desmoldado, si son diferentes de los especificados en esta norma.

- Descripción de las condiciones de almacenamiento, indicando si éste fue en agua o en aire, como se indica en esta norma, o bien deben darse los detalles de cualquier procedimiento que no se haya descrito en esta norma.

- Duración total del periodo de almacenamiento y edad total del curado y almacenamiento; se ha empleado para ambos las mismas condiciones en cada determinación.

- Datos sobre el cambio de longitud, calculados como porcentaje del aumento o disminución de la longitud, con una aproximación de 0.001% o bien como deformación unitaria expresada en millonésimas, basadas en la medición considerada como inicial. **C**

Bibliografía:

ASTM-C-490-04:

Standard Practice for "Uses of apparatus for the determination of length change of hardened cement paste, mortar and concrete"

Concordancia con normas internacionales

Esta Norma no es equivalente con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna en el momento de su elaboración.

Nota: Tomado de la Norma Mexicana NMX-C-173-ONNCCE-2010. Industria de la Construcción-Concreto Hidráulico-Determinación de la Variación en Longitud de Especímenes de Mortero de Cemento y de Concreto Endurecidos.

Especificaciones y métodos de ensayo. Usted puede obtener esta norma y las relacionadas con agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo en: normas@mail.onncce.org.mx, o al teléfono del ONNCCE 5663 2950, de México, DF.