

EL CONCRETO EN LA OBRA

# PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES



EDITADO POR EL INSTITUTO MEXICANO  
DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO AC

Junio ■ 2008



Ilustraciones: Felipe Hernández

Tiempo de  
**fraguado** de mezclas  
de concreto

10  
SECCIÓN  
COLECCIONABLE

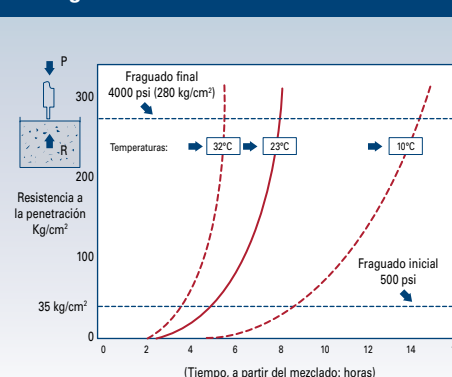
# Tiempo de fraguado de mezclas de concreto

**E**n el resumen que a continuación le mostramos se presenta la determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto mediante la resistencia a la penetración conforme a la Norma Mexicana NMX-C-177-1997 ONNCCE. Usted puede usar este documento para familiarizarse con los procedimientos básicos de la Norma. Sin embargo, este resumen no tiene la intención en ningún momento, de reemplazar los estudios completos que usted haga de la Norma NMX C-177-1997. Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto, mediante la resistencia a la penetración.

Esta Norma Mexicana establece el método para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto, con revenimiento mayor de cero, mediante el mortero obtenido que pasa la criba 4,75 mm (No.4) de la mezcla.

Puede emplearse para determinar los efectos de variables, tales como temperatura, cemento, diseño de mezclas, aditivos, modificadores del tiempo de fraguado y características del endurecimiento del concreto. También puede emplearse para verificar el cumplimiento de especificaciones en lo relativo al tiempo de fraguado.

## Influencia de la temperatura sobre el tiempo de fraguado del concreto



### Tiempo de fraguado inicial

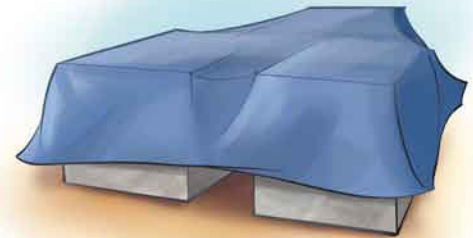
Es el tiempo que transcurre a partir del momento del contacto inicial del cemento con el agua, hasta que el mortero obtenido por el cribado del concreto presenta una resistencia a la penetración de 3 431,3 kPa (35 kg/cm<sup>2</sup>).

### Tiempo de fraguado final

Es el tiempo que transcurre, a partir del momento que el cemento entra en contacto con el agua, hasta que el mortero obtenido por el cribado del concreto presenta una resistencia a la penetración de 27 451 kPa (280,7 kg/cm<sup>2</sup>).

### Condiciones de humedad

Para evitar una evaporación excesiva de humedad, se mantienen los especímenes cubiertos con una tela húmeda durante todo el tiempo de la prueba, excepto al momento de remover el agua de sangrado, o al efectuar las pruebas de penetración.



### Número de especímenes

Se deben hacer mínimo 3 mezclas por separado para cada condición de ensaye y mezclas testigo para efectuar en cada una de ellas la prueba de tiempo de endurecimiento. Se debe efectuar por lo menos una prueba para cada variable en un día determinado. Se debe repetir en el menor número posible de días, la elaboración de las series.

### Muestreo, método y equipo

La muestra debe obtenerse de acuerdo a la Norma NMX C 161. Los recipientes para los especímenes de mortero deben ser rígidos, estancos, no absorbentes, de sección transversal circular o rectangular con dimensión mínima de 150 mm y altura de al menos 150 mm, sin aceitar.



Éstos deben permitir una superficie del mortero suficiente para efectuar lecturas de 10 penetraciones, sin que haya alteración entre ellas. La distancia entre las penetraciones deben ser por lo menos dos veces el diámetro de la aguja que se emplee, pero no menor de 13 mm.

#### Penetrómetro

Debe ser un aparato equipado con resorte, sistema hidráulico o mecánico con capacidad mínima de 588,2 N (60 kg) y una precisión mínima de 9,8 N (1 kg). Se debe disponer de agujas removibles con las siguientes áreas de contacto: 6,45 cm<sup>2</sup>; 3,23 cm<sup>2</sup>; 1,61 cm<sup>2</sup>; 0,65 cm<sup>2</sup>; 0,32 cm<sup>2</sup> y 0,16 cm<sup>2</sup>. Cada vástago de las agujas debe tener una marca periférica a una distancia de 25 mm de la superficie de apoyo. La longitud de la aguja con área de 0,16 cm<sup>2</sup> no debe ser mayor 80 mm, con objeto de reducir la flexión a un mínimo.



#### Varilla de compactación

Debe ser una varilla redonda, recta, de acero de 16 mm de diámetro y aproximadamente de 600 mm de longitud. El extremo para apisonar debe ser de forma hemisférica con diámetro de 16 mm.

#### Pipeta

Debe contarse con una pipeta para retirar el agua libre de las superficies de los especímenes.

#### Cronómetro y un termómetro

Con rango de medición 0 a 100°C.



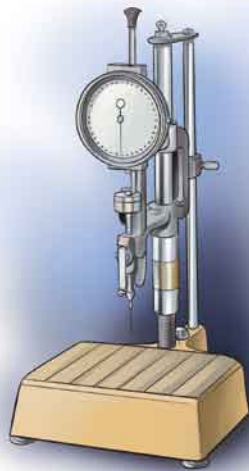
#### Preparación de la muestra

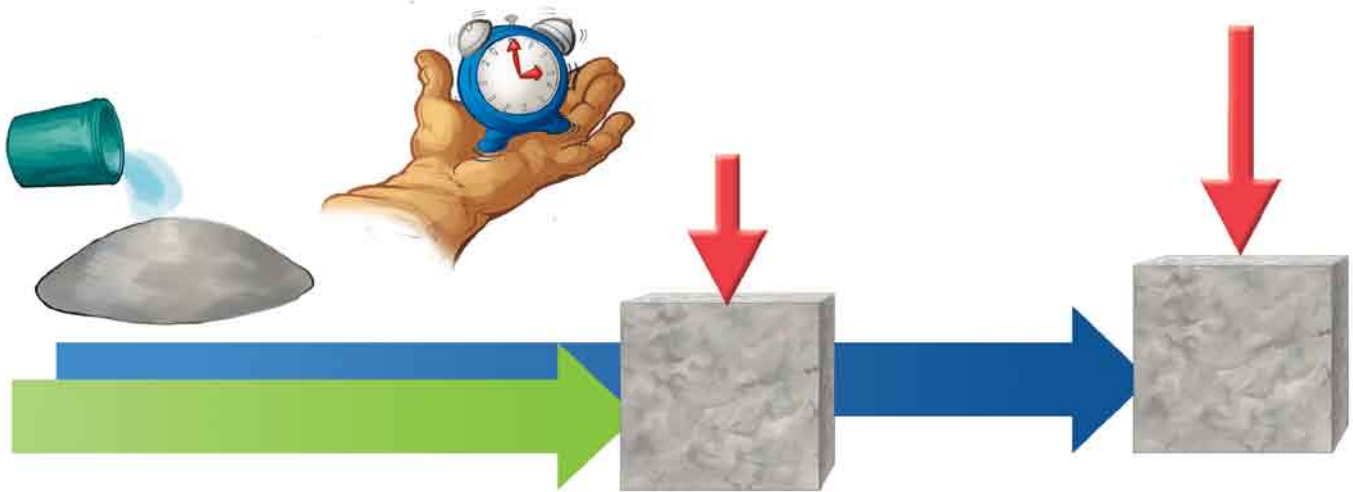
De la muestra de concreto obtenida, se separa todo el mortero, cribándolo por la malla de 4,75 mm (No 4), en un recipiente no absorbente, con un volumen suficiente para llenar los moldes de prueba a una altura de 140 mm. El mortero se mezcla a mano en el recipiente no absorbente y se coloca dentro de los moldes y se compacta mediante varillado, el cual se efectúa haciendo penetrar la varilla por el extremo redondeado sobre el mortero una vez cada 6 cm<sup>2</sup> del área

expuesta del espécimen y se distribuyen los golpes uniformemente sobre la superficie expuesta. Una vez terminada la compactación, se golpean ligeramente las paredes del recipiente con la varilla de compactación, a fin de eliminar los vacíos que haya dejado tal varilla y para nivelar la superficie libre del mortero. Después de la preparación completa del espécimen, la superficie del mortero debe quedar aproximadamente 10 mm abajo del borde superior del recipiente, para dejar espacio al agua de sangrado que permita ser eliminada evitando el contacto entre la superficie del mortero y la cubierta protectora.

#### Procedimiento

Se elimina el agua de sangrado de la superficie de los especímenes de mortero con la pipeta ó un instrumento adecuado, en el preciso momento de ir a efectuar la prueba de penetración. Para facilitar la recolección del agua de sangrado, se inclina cuidadosamente el espécimen a un ángulo apropiado sobre la horizontal,





mediante la colocación de un bloque debajo de uno de los lados, 2 minutos antes de eliminar el agua de sangrado.

**Ensayo**

Se le coloca al penetrómetro una aguja del diámetro adecuado, de acuerdo con el grado de endurecimiento del mortero de concreto, se pone en contacto la superficie de apoyo de la aguja con la del mortero. Gradualmente y en forma uniforme, se aplica en el aparato una fuerza vertical hacia abajo hasta que la aguja penetre a una profundidad de 25 mm como lo indica la marca grabada en la aguja.

El tiempo requerido para la penetración de 25 mm debe ser aproximadamente de 10 segundos; se registra la fuerza requerida y el tiempo de aplicación, medido como el lapso transcurrido entre el contacto inicial del cemento con el agua y el de la resistencia a la penetración. En las siguientes penetraciones, se debe cuidar de no efectuarlas sobre áreas del mortero que hayan sido alteradas por penetraciones previas. La distancia libre entre las marcas hechas por la aguja, debe ser por lo menos 2 veces el diámetro de la aguja empleada, pero no menor de 13 mm. La distancia libre entre cualquier impresión hecha por la aguja y el lado del recipiente no debe ser menor de 25 mm.

**Penetración inicial**

La penetración se debe hacer después 2 ó 3 horas. Las pruebas subsecuentes

se pueden efectuar en intervalos de 1 hora hasta que el incremento en la resistencia de penetración indique que son aconsejables intervalos más cortos o más largos.

**Número de penetraciones**

Se deben efectuar en cada prueba de endurecimiento un mínimo de 6 determinaciones de resistencia de penetración y los intervalos entre éstas debe ser de tal manera que se obtenga una gráfica satisfactoria de tiempo de endurecimiento, como lo deben indicar los puntos igualmente espaciados. Se continúa la prueba hasta que se alcance una resistencia a la penetración mayor de 27451 kPa (280 kg/cm<sup>2</sup>).

**Cálculos**

La resistencia a la penetración debe ser el promedio de 3 o más determinaciones en kPa (kg/cm<sup>2</sup>), que es el cociente de la fuerza requerida para alcanzar una penetración de 25 mm de la aguja entre el área de la superficie de contacto de la misma.

$R_i = F/A$ , donde:

$R_i$  es la resistencia a la penetración en kPa (kg/cm<sup>2</sup>).

$F$  es la fuerza requerida para penetración de 25 mm.

$A$  es el área de contacto de la aguja (cm<sup>2</sup>).

$R = \sum N R_i / N$ , donde:

$R$  es la resistencia a la penetración promedio en kPa (kg/cm<sup>2</sup>)

N es el número de muestra (ensayos).  
 $\sum R_i$  es la suma de los ensayos individuales.

### Precisión

El coeficiente de variación para el tiempo de fraguado inicial efectuado por un solo operador no debe ser mayor al 7,1 %. Además, el rango de resultados obtenidos por un mismo operador en tres mezclas diferentes, con el mismo aparato, utilizando materiales similares en tres días diferentes, no debe exceder del 23 % de su promedio.

El coeficiente de variación para el tiempo de fraguado final efectuado por un solo operador, no debe ser mayor al 4,7 %. Además, el rango de resultados obtenidos en tres mezclas diferentes por el mismo operador, con el mismo aparato y utilizando materiales similares, en tres días diferentes, no debe exceder del 16 % de su promedio.

### Informe de la prueba

Éste debe incluir los siguientes datos:

- Tipo de cemento y proporcionamiento, propiedades físicas de los agregados y la relación agua-cemento.
- Designación, naturaleza y porcentaje de cualquier adición o aditivo empleado.
- Contenido de aire en el concreto fresco y método empleado en su determinación, (cuando se emplea aditivo inclusor de aire).
- Revenimiento.
- Temperatura del mortero después de haber sido cribado.
- Temperatura ambiente durante el periodo de prueba.
- Fecha de la prueba.
- Gráficas de resistencia a la penetración-tiempo, para cada variable y condición del concreto; los resultados para cada una de las 3 o más pruebas de tiempo de endurecimiento deben ser anotados por separado, indicando la resistencia de penetración, en kPa (kg/cm<sup>2</sup>), como ordenadas y el tiempo transcurrido en horas y minutos como las abscisas; en



donde para graficar adecuadamente la posición de las coordenadas correspondientes a 3431,3 kPa (35 kg/cm<sup>2</sup>) y 1 h se debe tener una longitud libre de por lo menos 10 mm.

Cabe decir que los tiempos de fraguado inicial y final, deben obtenerse de la gráfica trazada para las resistencias de penetración de 3 431.3 kPa (35 kg/cm<sup>2</sup>) para fraguado inicial y 27 451 kPa (280 kg/cm<sup>2</sup>) para fraguado final expresados en horas y minutos. c

### BIBLIOGRAFÍA

- ASTM C 403, *Standard Method of Test for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance*.  
NOM-008-SCFI-1993, "Sistema General de Unidades de Medida".  
NMX-Z-013-SCFI-1977, "Guía para la redacción y presentación de las normas mexicanas".  
NMX-C-251-1997-0NNCCE, "Industria de la Construcción - Concreto - Muestreo".

**Nota:** Tomado de la Norma NMX C-177-1997, ONNCCE, con fines de promover la capacitación y el buen uso del cemento y del concreto. Usted puede obtener ésta norma y las relacionadas a: agua, aditivo, cemento, concreto y acero de refuerzo, en: [normas@mail.onnce.org.mx](mailto:normas@mail.onnce.org.mx) o al tel. 52733 33 99. México, D.F.