



# ¿Qué, por qué y cómo? Baja resistencia en los cilindros de prueba de concreto

## EL CONCRETO EN LA PRÁCTICA

## CIPes 9

### ¿QUÉ constituyen los cilindros (probetas) con baja resistencia?

Los resultados de los ensayos de resistencia de los cilindros de concreto (*hormigón*) son utilizados como la base de la aceptación del concreto premezclado cuando se especifica una resistencia. Los cilindros son moldeados a partir de una muestra de concreto fresco, se curan en condiciones normalizadas y se ensayan a una edad particular, tal como se indica en la especificación, usualmente a los 28 días. Los procedimientos deben estar de acuerdo con las normas ASTM. La resistencia promedio de un grupo de 2 ó 3 cilindros hechos de la misma muestra de concreto y ensayadas a 28 días, constituye un ensayo. En algunos casos los cilindros son ensayados a 7 días para tener una indicación temprana de la resistencia potencial, pero estos resultados no son utilizados para la aceptación del concreto. Los cilindros utilizados para la aceptación del concreto no deben ser confundidos con los cilindros curados en el campo, que se hacen para chequear la resistencia a edad temprana en la estructura para desencofrar y continuar la actividad de construcción.

El Código ACI de la edificación, ACI 318 y las Especificaciones normativas para el concreto estructural, ACI 301, reconocen que cuando las mezclas son proporcionadas para cumplir los requerimientos de las normas, los resultados con baja resistencia ocurrirán alrededor de uno o dos por cada 100 ensayos debido a una variación normal.

De acuerdo con lo anterior, para una resistencia especificada menor de 5000 libras por pulgada cuadrada (35 MPa), el concreto es aceptable y cumple con la especificación si:

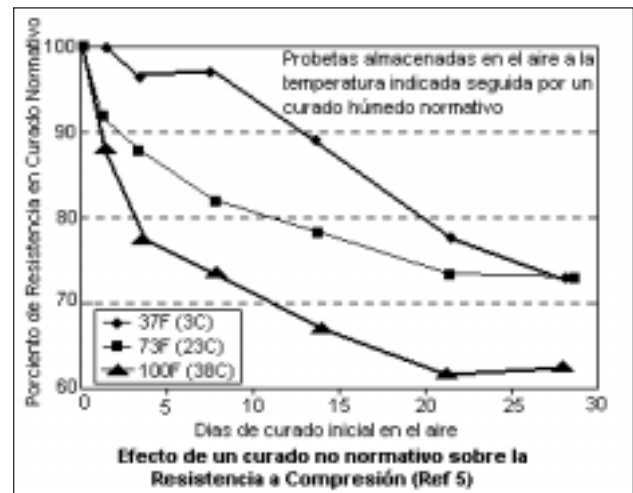
- Ningún valor individual de ensayo es menor que la resistencia especificada en más de 500 libras por pulgada cuadrada (3,5 MPa), y
- El promedio de tres ensayos consecutivos iguala o excede el valor de la resistencia especificada.

Vea el ejemplo en la tabla. Si un promedio de tres ensayos consecutivos en secuencia cae por debajo de la resistencia especificada, deben hacerse suficientes ajustes para incrementar la resistencia del concreto. Si un ensayo individual cae por debajo de la resistencia especificada en más de 500 libras por pulgada cuadrada (3,5 MPa), se deberá hacer una investigación para asegurar la suficiencia estructural de esa porción de la estructura y de nuevo dar pasos concretos para incrementar el nivel de resistencia.

### ¿POR QUÉ se presentan resultados bajos en los ensayos de resistencia a compresión?

Dos razones principales son:

- Una manipulación, curado y ensayo inapropiados de los cilindros – Se ha probado que contribuye en la mayoría de los casos a resultados de baja resistencia y
- Reducida resistencia del concreto debido a un error en la producción, o a la adición de mucha agua al concreto en la obra debido a demoras en el vaciado o a requerimientos para un concreto más fluido. Un elevado contenido de aire incorporado también puede ser una causa de baja resistencia.



En el caso de resultados de ensayo con baja resistencia, reúna todos los reportes y analice los resultados antes de tomar cualquier acción. Observe el patrón de los resultados de los ensayos. ¿Viola realmente la secuencia la conformidad con las especificaciones tal como se discutió anteriormente? ¿Dan los reportes de ensayo alguna pista sobre las causas? El rango de resistencia de 2 o 3 probetas preparadas a partir de la misma muestra raramente excederían de un 8.0% o un 9.5% del promedio, respectivamente. Observe el asentamiento (*revenimiento*), el contenido de aire, el concreto y las temperaturas ambientales, el número de días en que los cilindros estuvieron en el campo, los procedimientos utilizados para el curado inicial en el campo y el curado subsecuente en el laboratorio y cualquier defecto reportado en los cilindros.

### ACEPTACIÓN DEL CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA DE 28 MPa

Ensayo No.	Probetas Individuales		Promedio del ensayo	Promedio de 3 ensayos consecutivos
	No. 1	No. 2		
<b>Ejemplo Aceptable</b>				
1	28.3	29.4	28.8	—
2	26.5	28.1	27.3	—
3	30.5	30.7	30.6	28.9
4	25.3	26.4	25.8	27.9
5	31.8	31.5	31.6	29.3
<b>Ejemplo con baja resistencia</b>				
1	24.9	24.5	24.7	—
2	27.4	27.9	27.6	—
3	28.1	27.5	27.8	26.7*
4	33.5	32.4	32.9	29.4
5	23.4	21.4	22.4†	27.7

\* El promedio de tres ensayos consecutivos es bajo

† Un ensayo con más de 3.5 MPa por debajo

Si la deficiencia justifica la investigación, en primer sitio verifique la precisión del ensayo y entonces compare los requerimientos estructurales con la resistencia medida. Si el ensayo es deficiente o si la resistencia es mayor que la que realmente se necesita en esa porción de la estructura, hay muy poco a favor de la investigación de la resistencia en el sitio. Sin embargo, si los procedimientos están conforme a las normas y una resistencia como la especificada es la que se requiere para la capacidad estructural del miembro en cuestión, pueden ser requeridas investigaciones posteriores del estado del concreto en la estructura. (Ver el CIP-10 acerca de La Resistencia del Concreto en el sitio).

¿Se ejecutaron los procedimientos de ensayo de acuerdo con las Normas ASTM? Pequeñas deficiencias en el curado de los cilindros en un tiempo moderado probablemente no afectarán mucho, pero si son descubiertas alteraciones mayores, pueden ocurrir grandes reducciones en la resistencia. Casi todas las deficiencias en la manipulación y el ensayo de los cilindros bajarán la resistencia. Se puede combinar un número de violaciones para causar reducciones significativas en la resistencia medida. Algunos de los factores más significativos son las superficies terminadas inapropiadamente, un curado inicial por encima de los 80°F (27°C); probetas congeladas; estancia de días extras en el campo; impactos durante el transporte; demoras en el curado en el laboratorio; refrentado (**cabeceo de cilindros**) **inapropiado** y un **insuficiente cuidado en la realización de los ensayos**.

El laboratorio debe mantener la responsabilidad por las deficiencias en sus procedimientos. El empleo de técnicos y personal de laboratorio certificados en los ensayos de campo es esencial; los trabajadores de la construcción no entrenados en los ensayos del concreto no deben fabricar ni manipular los cilindros. Todos los laboratorios deben cumplir con los criterios de la ASTM C1077 para los laboratorios de ensayo del concreto y de los agregados para el concreto y ser inspeccionados por el Laboratorio de Referencia para el Cemento y el Concreto (CCRL), un laboratorio de inspección o un programa equivalente. El personal de los ensayos de campo debe tener el Grado I del ACI de Certificación de los Técnicos para los ensayos de campo, o equivalente. El personal de laboratorio debe tener el Grado I y II del ACI de Certificación de los Técnicos para los ensayos de laboratorio y/o la Certificación para los ensayos de resistencia del ACI, o equivalente.

## ¿CÓMO hacer que los ensayos de los cilindros sean estandarizados?

Todos los pasos detallados para la obtención de una muestra, a través de la fabricación (moldeo), curado, transporte, ensayo y reporte de los ensayos de resistencia, son importantes. A continuación se expondrán los procedimientos críticos en la aplicación adecuada de las Normas (estándares) ASTM para los ensayos de resistencia en los cilindros fabricados en el campo y curados en el laboratorio.

- Extraer la muestra de concreto de la canal en dos incrementos, a partir de la parte media de la carga, después de que una parte ha sido descargada.
- Transporte la muestra a la ubicación del curado durante el primer día
- Remezcle la muestra para asegurar su homogeneidad
- Utilice los moldes de los cilindros que estén conformes a las normas
- Utilice una varilla normalizada, o un vibrador, compacte el concreto en dos o tres capas iguales, tal como se requiere y golpee los laterales del molde para cerrar los huecos dejados por la varilla.
- Termine la superficie de forma lisa y nivelada para dar posibilidad a un refrentado (*cabeceo*) fino.
- Si es necesario, mueva los cilindros inmediatamente después de moldeadas, soportándolas por el fondo.
- Para el curado inicial de los cilindros en el sitio de trabajo durante las primeras 24 a 48 horas, almacene los cilindros en un ambiente húmedo, a una temperatura entre 60 a 80°F (16 a

27°C). Si es posible, mantenga los cilindros moldeados inmersos en agua y manténgalos dentro de este rango de temperatura. Los cuartos o sitios de curado sin control de la temperatura pueden sobrecalentarse y dar sitio a resistencias más bajas.

- Si los cilindros son almacenados expuestos al medioambiente, manténgalos fuera de la exposición de los rayos solares y protéjalos de la pérdida de humedad.
- Transporte cuidadosamente los cilindros de un día de edad al laboratorio y manipúlelas delicadamente.
- En el laboratorio, desmolde los cilindros, póngales un marca clara de identificación y colóquelos rápidamente en curado húmedo a  $73 \pm 3^\circ\text{F}$  ( $23 \pm 2^\circ\text{C}$ )
- Cure los cilindros en el laboratorio de acuerdo con la ASTM C31; mantenga agua sobre la superficie de los cilindros todo el tiempo.
- Determine la masa de los cilindros y lleve un récord de la misma. Esta información es útil para ubicar los problemas de bajas resistencias.
- El refrentado de los cilindros debe ser plano y el espesor promedio debe ser menor de ¼ pulgada (6 mm) y preferiblemente menor que 1/8 pulgada (3 mm). Esto es especialmente importante cuando se ensayan concretos con resistencias que exceden las 7000 libras por pulgada cuadrada (48 MPa).
- Utilice un material de refrentado de 5000 libras por pulgada cuadrada (35 MPa) como mínimo. Restrinja la re-utilización de los compuestos de sulfuro (azufre) para el refrentado.
- Espere como mínimo 2 horas y preferiblemente más tiempo para que endurezca el refrentado de sulfuro. Los refrentados de sulfuro con 1 o 2 días de edad frecuentemente aportan más alta resistencia, especialmente cuando se ensayan concretos con resistencias que exceden las 5000 libras por pulgada cuadrada (35 MPa).
- Cuando se utiliza un refrentado con almohadilla de neopreno, asegure que es utilizado el Durómetro apropiado para el nivel de resistencia ensayado; que la almohadilla de refrentado haya sido calificada para su uso; que la almohadilla no esté muy usada y que no se haya excedido el número permitido de usos; vea la ASTM C1231. Las almohadillas muy usadas reducen la resistencia medida.
- Asegure que la máquina de ensayo esté calibrada.
- Mida el diámetro del cilindro y verifique la planeidad del refrentado.
- Centre el cilindro en la máquina de ensayo y utilice la velocidad apropiado de aplicación de las cargas.
- Rompa el cilindro para completar la falla. Observe el patrón de falla; las grietas verticales a través del refrentado o un astillado lateral indican una inapropiada distribución de las cargas.

Los reportes de ensayo deben ser rápidamente distribuidos al productor de concreto, así como al contratista y el Ingeniero. Esto es esencial para la solución a tiempo de los problemas.

### Referencias

- Normas ASTM C31, C39, C172, C470, C617, C1077 y la C1231, Libro de Normas de la ASTM. Volumen 04.02, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- Building Code Requirements for Reinforced Concrete*, ACI 318, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- Standard Specifications for Structural Concrete*, ACI 301, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- In-place Concrete Strength Evaluation-A Recommended Practice*. NRMCA Publication 133, NRMCA, Silver Spring, MD.
- Effect of Curing Condition on Compressive Strength of Concrete Test Specimens*, NMRCA Publication 53, NRMCA, Silver Spring, MD.
- Review of Variables that Influence Measured Concrete Compressive Strength*, David N. Richardson, NMRCA Publication 179, NRMCA, Silver Spring, MD.
- Low Strength Test? May Not!* E.O. Goeb, Concrete Products, December 1992.
- Why Low Cylinder Test in Hot Weather?* E.O. Goeb, Concrete Construction, Jan. 1986.



Información Técnica preparada por  
National Ready Mixed Concrete Association  
900 Spring Street  
Silver Spring, Maryland 20910

Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org), para su consulta.

©National Ready Mixed Concrete Association  
Todos los derechos reservados.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado