

2010-02-17

**CONCRETOS.
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE
ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO**



E: CONCRETES. STANDARD TEST METHOD FOR
COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE
SPECIMENS.

CORRESPONDENCIA: esta norma es una adopción idéntica
(IDT) de la norma ASTM C39:2005,
Copyright © ASTM International. 100
Barr Harbor Drive, PO Box C700,
West Conshohocken, PA 19429-
2959. United States.

DESCRIPTORES: cilindro de concreto; producto de
concreto; ensayo compresión; ensayo
mecánico.

I.C.S.: 91.100.30

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435

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 673 (Tercera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 2010-02-17.

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 100 Concretos, morteros y agregados a cargo de la STN: ASOCRETO.

ASOCRETO -ASOCIACIÓN COLOMBIANA
DE PRODUCTORES DE CONCRETO-
BASF QUÍMICA
BRK LTDA.
CEMEX CONCRETOS
CONCRETO S.A.
CONCRELAB
CONCRETERA TREMIX
CONCRETOS ARGOS S.A.
E.A.A.B -EMPRESA DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ-

ESCUELA DE INGENIERÍA
GRAVILLERA ALBANIA
HOLCIM COLOMBIA S.A.
ICPC
MANUFACTURAS DE CEMENTO S.A.
SIKA DE COLOMBIA S.A.
TOXEMENT S.A.
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

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

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

CONTENIDO

	Página
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. RESUMEN	2
4. SIGNIFICADO Y USO	2
5. EQUIPOS	3
6. ESPECIMENES	7
7. PROCEDIMIENTO	8
8. CÁLCULOS	10
9. INFORME	11
10. PRECISIÓN SESGO	11
10.1 PRECISIÓN	11
10.2 TENDENCIA	12
11. PALABRAS CLAVE	12
DOCUMENTO DE REFERENCIA	13

FIGURAS

Figura 1. Diagrama de un bloque de asiento esférico típico.....6

Figura 2 Esquema de los modelos de fractura típicos9

TABLAS

Tabla 1. Diámetro máximo de la cara de apoyo.....5

Tabla 2. Edad de ensayo de los especímenes8

Tabla 3. Factor de corrección longitud diámetro10

**Tabla 4. Precisión del ensayo en ensayos de cilindros de 150 mm por 300 mm
[6 pulgadas por 12 pulgadas] y 100 mm por 200 mm [4 pulgadas por 8 pulgadas].....11**

**CONCRETOS.
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE
ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO**

1. OBJETO

1.1 Este método de ensayo trata sobre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Se encuentra limitado al concreto que tiene un peso unitario mayor que 800 kg/m^3 [50 lb/ft^3].

1.2 Los valores normativos se expresan de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. Véase la NTC 1000 (ISO 1000). Los valores informativos se expresan entre paréntesis en el sistema libra-pulgada y pueden no ser equivalentes al sistema internacional.

1.3 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 así como determinar la aplicación de las limitaciones regulatorias antes de su uso. Las mezclas frescas de concreto o mortero hidráulico son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas al contacto directo con la piel. Cualquier caso de exposición se debe tratar con la atención de un profesional médico.

1.4 El texto de las notas de referencia y pies de página de esta norma proveen material informativo. Estas notas no deben ser consideradas como requisitos de la norma.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier corrección).

NTC 504, Ingeniería civil y arquitectura. Refrentado de especímenes cilíndricos de concreto. (ASTM C617).

NTC 550, Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra (ASTM C31).

NTC 3658, Ingeniería civil y arquitectura. Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas. (ASTM C42M).

NTC 3708, Ingeniería civil y arquitectura. Uso de refrentado no adherido para la determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto endurecido. (ASTM C1231M).

ASTM C670, *Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials.*

ASTM C873, *Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds.*

ASTM C1077, *Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation.*

ASTM E4, *Practices for Force Verification of Testing Machines.*

ASTM E74, *Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines.*

3. RESUMEN

3.1 Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos a una velocidad que se encuentra dentro de un rango prescrito hasta que ocurra la falla. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo por la sección transversal de área del espécimen.

4. SIGNIFICADO Y USO

4.1 Se debe tener cuidado con la interpretación del significado de las determinaciones de resistencia a la compresión por este método de ensayo, dado que la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del concreto hecho de materiales dados. Los valores obtenidos dependen del tamaño y la forma del espécimen, dosificación, procedimientos de mezclado, los métodos de muestreo, moldeo, la fabricación, la edad, temperatura y las condiciones de humedad durante el curado.

4.2 Este método de ensayo es usado para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos preparados y curados de acuerdo con las Prácticas NTC 550, NTC 1377, NTC 504 y NTC 3708 y los métodos de ensayo NTC 3658 y ASTM C873.

4.3 Los resultados de este método de ensayo son usados como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto, determinación del cumplimiento de las especificaciones, control para la evaluación de la efectividad de aditivos; y usos similares.

4.4 El individuo que ensaye los cilindros de concreto para el ensayo de aceptación debe cumplir los requisitos de técnico de laboratorio de concreto de la Práctica ASTM C1077, incluyendo un examen donde se requiera una demostración del desempeño que es evaluado por un examinador independiente.

NOTA 1 La certificación equivalente a las pautas mínimas del Técnico de Laboratorio de Concreto de ACI, Nivel I o Técnico de Ensayo de Resistencia de Concreto de ACI, satisfarán este requisito.

5. EQUIPOS

5.1 Máquina de ensayo. La máquina de ensayo debe ser de un tipo que tenga suficiente capacidad y sea capaz de proveer las velocidades de carga prescritas en el numeral 7.5.

5.1.1 Verifique la calibración de las máquinas de ensayo de acuerdo a la norma ASTM E4, pero el rango de carga verificado debe ser como se requiere en el numeral 5.3.

La verificación es requerida bajo las siguientes condiciones:

5.1.1.1 Como mínimo anualmente, pero sin exceder los 13 meses,

5.1.1.2 En la instalación original o inmediatamente después del traslado,

5.1.1.3 Inmediatamente después de efectuar reparaciones o ajustes que afecten la operación del sistema de aplicación de fuerza o los valores mostrados en el sistema de indicación de carga, excepto en los ajustes de cero que compensan la masa de los bloques de apoyo o especímenes o ambos o

5.1.1.4 Cada vez que haya una razón para sospechar de la precisión de las cargas indicadas.

5.1.2 Diseño. El diseño de la máquina debe incluir las siguientes características:

5.1.2.1 La máquina debe ser operada por medio de electricidad y debe aplicar la carga continuamente, no en forma intermitente y sin impacto. Si solo tiene una velocidad de carga, cumpliendo los requisitos del numeral 7.5, esta debe ser provista con un medio adicional para cargar a una velocidad adecuada para la verificación. Este medio adicional de carga puede funcionar por medio de electricidad o manual.

5.1.2.2 El espacio provisto para los especímenes de ensayo debe ser suficiente para acomodar de tal forma que se pueda leer, un dispositivo de calibración elástico que tenga suficiente capacidad para cubrir el rango de carga potencial de la máquina de ensayo y que cumpla con los requisitos de la norma ASTM E74.

NOTA 2 Los tipos de dispositivos de calibración elásticos más generalmente disponibles y más comúnmente usados para este propósito son los aros de calibración circulares o celdas de carga.

5.1.3 Precisión. La precisión de la máquina de ensayo debe estar de acuerdo con las siguientes disposiciones:

5.1.3.1 El porcentaje de error de las cargas dentro del rango de uso propuesto para la máquina de ensayo no debe exceder $\pm 1,0$ % de la carga indicada.

5.1.3.2 La precisión de la máquina de ensayo debe ser verificada aplicando cinco ensayos de carga en cuatro incrementos aproximadamente iguales en orden ascendente. La diferencia entre cualquiera de dos ensayos sucesivos de carga no debe exceder de un tercio de la diferencia entre los ensayos de carga mínima y máxima.

5.1.3.3 La carga de ensayo indicada por la máquina de ensayo y la carga aplicada calculada a partir de las lecturas del dispositivo de verificación deben ser registradas en cada punto del ensayo. Calcule el error, E y el porcentaje de error, E_p , para cada punto de estos datos de esta manera:

$$E = A - B \quad 1)$$

$$E_p = 100(A - B) / B$$

en donde

- A = carga, lbf [kN] indicada por la máquina que es verificada y
B = la carga aplicada, lbf [kN] determinada por el dispositivo de calibración.

5.1.3.4 El informe sobre la verificación de una máquina de ensayo debe indicar el rango de carga que fue encontrado y si cumple los requisitos de la especificación, más que informar una aceptación o un rechazo general. En ningún caso debe ser reportado el rango de carga incluyendo cargas debajo del valor equivalente a 100 veces el cambio más pequeño de carga estimable en el mecanismo indicador de carga de la máquina de ensayo o cargas dentro de la porción del rango debajo del 10 % de la máxima capacidad del rango.

5.1.3.5 En ningún caso debe ser reportado el rango de carga incluyendo cargas fuera del rango de cargas aplicadas durante el ensayo de verificación.

5.1.3.6 La carga indicada por una máquina de ensayo no debe ser corregida ni por cálculos ni por el uso de un diagrama de calibración para obtener valores dentro de la variación admisible requerida.

5.2 La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de apoyo de acero con caras endurecidas (véase la Nota 3), uno de los cuales es un bloque de asiento esférico que se apoyará sobre la superficie superior del espécimen y el otro un bloque sólido sobre el cual se debe apoyar el espécimen. Las dimensiones mínimas de las caras de apoyo de los bloques deben tener como mínimo más del 3 % del valor del diámetro del espécimen que será ensayado. Excepto por los círculos concéntricos descritos abajo, las caras de soporte no se deben desviar de cada plano más 0,02 mm [0,001 pulgada] en cualquier parte de los 150 mm [6 pulgadas] de bloques de 150 mm [6 pulgadas] de diámetro o mayores, o en más de 0,02 mm [0,001 pulgada] en el diámetro de cualquier bloque más pequeño. Los bloques nuevos se deben fabricar con la mitad de esta tolerancia. Cuando el diámetro de la cara de apoyo del bloque de asiento esférico excede el diámetro del espécimen por más de 13 mm [0,5 pulgadas], los círculos concéntricos de no más de 0,8 mm [0,03 pulgadas] de profundidad y no más de 1 mm [0,04 pulgadas] de ancho deben estar inscritos para facilitar un centrado adecuado.

NOTA 3 Es conveniente que las caras de apoyo de los bloques usadas para el ensayo de compresión del concreto posean una dureza *Rockwell* no menor a 55 HRC.

Los bloques de apoyo inferior deben cumplir los siguientes requisitos:

5.2.1.1 El bloque de apoyo inferior está diseñado con el objetivo de proveer una superficie fácilmente abrasible para el mantenimiento de las condiciones de superficie especificadas (véase la Nota 4). Las superficies superiores e inferiores deben ser paralelas. Si la máquina de ensayo está diseñada para que la platina por sí sola sea fácilmente mantenida en la condición de la superficie especificada, no se requiere un bloque inferior. Su dimensión horizontal mínima debe ser 3 % mayor que el diámetro del espécimen a ser ensayado. En el bloque inferior los círculos concéntricos descritos en el numeral 5.2 son opcionales.

NOTA 4 El bloque puede ser asegurado a la platina de la máquina de ensayo.

5.2.1.2 El centrado final debe ser hecho respecto al boque esférico superior. Cuando el bloque de apoyo inferior es usado para asistir el centrado del espécimen, el centro de los aros concéntricos, cuando se provee o el centro del bloque en sí mismo debe estar directamente debajo del centro de la cabeza esférica. Se deben tomar precauciones respecto a la platina de la máquina para asegurar tal posición.

5.2.1.3 El bloque de apoyo inferior debe ser de al menos de 25 mm [1 pulgada] de espesor cuando es nuevo y al menos de 22,5 mm [0,9 pulgadas] de espesor después de cualquier operación de realizado.

5.2.2 El bloque de apoyo de asiento esférico debe cumplir los siguientes requisitos:

5.2.2.1 El diámetro máximo de la cara de apoyo del bloque de asiento esférico suspendido no debe exceder los valores dados debajo:

Tabla 1. Diámetro máximo de la cara de apoyo

Diámetro de especímenes de ensayo, mm [pulgadas]	Diámetro máximo de la cara de apoyo, mm [pulgadas]
50 [2]	105 [4]
75 [3]	130 [5]
100 [4]	165 [6,5]
150 [6]	255 [10]
200 [8]	280 [11]

NOTA 5 Se pueden usar caras de apoyo cuadradas, si el diámetro del círculo inscrito posible más grande no excede los anteriores diámetros.

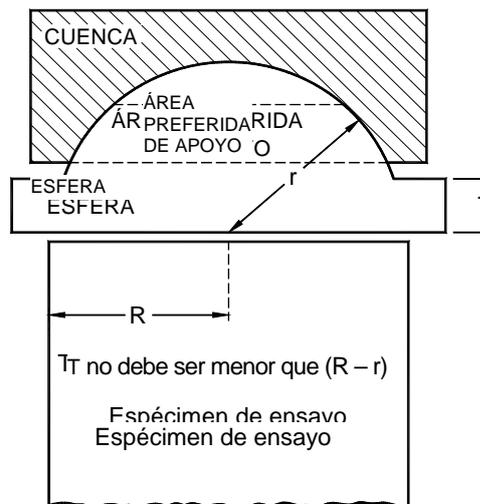
5.2.2.2 El centro de la esfera debe coincidir con la superficie de la cara de apoyo dentro de una tolerancia de $\pm 5\%$ del radio de la esfera. El diámetro de la esfera debe ser al menos el 75 % del diámetro del espécimen que será ensayado.

5.2.2.3 La esfera y la cuenca deben ser diseñados para que el acero en el área de contacto no las deforme permanentemente cuando sea cargada a la capacidad de la máquina de ensayo.

NOTA 6 El área de contacto preferida es en forma de aro (descrita como área de "apoyo" preferida) como se muestra en la Figura 1.

5.2.2.4 Las superficies curvadas de la cuenca y de la parte esférica deben ser mantenidas limpias y deben ser lubricadas con un aceite fósil como el aceite convencional para motores, no con una grasa de tipo de presión. Después del contacto con el espécimen y de la aplicación de la pequeña carga inicial, no se debe permitir una inclinación en el bloque de asiento esférico.

5.2.2.5 Si el radio de la esfera es más pequeño que el radio del espécimen más grande a ser ensayado, la parte de la cara de apoyo que se extiende más allá de la esfera debe tener un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la esfera y el radio del espécimen. La dimensión mínima de la cara de apoyo debe ser al menos tan grande como el diámetro de la esfera (véase la Figura 1).



NOTA Se deben tomar precauciones para mantener la bola en la cuenca y para mantener la unidad entera en la máquina de ensayo.

Figura 1. Diagrama de un bloque de asiento esférico típico

5.2.2.6 La parte móvil del bloque de apoyo debe ser estrechamente mantenida en el asiento esférico, pero el diseño debe ser tal que la cara de apoyo pueda ser rotada libremente e inclinada al menos 4° en cualquier dirección.

5.2.2.7 Si la parte de la bola del bloque de apoyo superior es un diseño de dos piezas compuesto de una parte esférica y una placa de apoyo, debe ser provisto un medio mecánico para asegurar que la parte esférica esté fija y centrada sobre la placa de apoyo.

5.3 Lectura de carga

5.3.1 Si la carga de una máquina de compresión usada en los ensayos de concreto es registrado en un cuadrante, el cuadrante debe estar provisto con una escala graduada que sea legible para, al menos, al 0,1 % de la escala completa de carga más cercano (véase la Nota 7). El cuadrante debe ser legible dentro del 1 % de la carga indicada en cualquier nivel de carga dado dentro del rango de carga. En ningún caso se debe considerar que el rango de carga de un cuadrante incluye cargas debajo de 100 veces el cambio de carga más pequeño que puede ser leído en la escala. Debe proporcionarse a la escala, una línea de graduación igual a cero y luego numerada. La aguja del cuadrante debe tener la longitud suficiente para alcanzar las líneas de graduación, el ancho del extremo de la aguja no debe exceder la distancia libre entre las graduaciones más pequeñas. Cada cuadrante debe estar equipado con un ajuste a cero, ubicado fuera de la caja del cuadrante y fácilmente accesible desde el frente de la máquina, mientras se observa la marca de cero y la aguja del cuadrante. Cada cuadrante debe estar equipado con un dispositivo adecuado que todas las veces, hasta el reinicio, indicará dentro del 1 % de precisión, la máxima carga aplicada al espécimen.

NOTA 7 Se considera que la legibilidad es 0,5 mm [0,02 pulgadas] a lo largo del arco descrito por el extremo de la aguja. Además, una mitad del intervalo de la escala es legible con certeza razonable cuando el espaciamiento en el mecanismo indicador de carga está entre 1 mm [0,04 pulgadas] y 2 mm [0,06 pulgadas]. Cuando el espaciamiento está entre 2 mm y 3 mm [0,06 pulgadas y 0,12 pulgadas], un tercio del intervalo de la escala es legible con certeza razonable. Cuando el espaciamiento es 3 mm [0,12 pulgadas] o más, un cuarto del intervalo de la escala es legible con certeza razonable.

5.3.2 Si la carga de la máquina de ensayo se indica en forma digital, la pantalla numérica debe ser lo suficientemente grande para ser leída fácilmente. El incremento numérico debe ser igual o menor que el 0,10 % de la escala de carga completa de un rango de carga dado. En ningún caso el rango de carga verificado debe incluir cargas menores que el mínimo incremento numérico multiplicado por 100. La precisión de la carga indicada debe estar dentro del 1,0 % para cualquier valor mostrado dentro del rango de carga verificado. Se deben tomar precauciones para ajustar e indicar el verdadero cero en la carga cero. Debe ser provisto un indicador de carga máxima que todas las veces hasta el reinicio indicará, dentro del 1 % de la precisión del sistema, la carga máxima aplicada al espécimen.

6. ESPECÍMENES

6.1 Los especímenes no deben ser ensayados si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más del 2 %.

NOTA 8 Esto puede ocurrir cuando los moldes de un solo uso son dañados o deformados durante el envío, cuando los moldes de un solo uso flexibles son deformados durante el moldeo o cuando un perforador de núcleo se desplaza o desvía durante la perforación.

6.2 Previo al ensayo, ningún extremo de los especímenes de ensayo debe apartarse de la perpendicularidad a los ejes en más de 0,5°, aproximadamente equivalente a 1 mm en 100 mm [0,12 pulgadas en 12 pulgadas]. Los extremos de los especímenes de ensayo de compresión que no sean planos en más de 0,050 mm [0,002 pulgadas] deben ser aserrados o alineados para cumplir aquella tolerancia o encabezados de acuerdo tanto con la práctica NTC 504 o cuando se permita, con la practica NTC 3708.

El diámetro usado para calcular la sección transversal del espécimen de ensayo debe ser determinado al más cercano 0,25 mm [0,01 pulgadas] promediando dos diámetros medidos en ángulos rectos uno del otro alrededor de la altura media del espécimen.

6.3 El número de los cilindros individuales medidos para determinación del diámetro promedio puede ser reducido en uno por cada diez especímenes o tres especímenes, por cada día, el que sea mayor, si se conoce que todos los cilindros han sido hechos de un solo lote de moldes reusables o moldes de un solo uso que consecuentemente producen especímenes de diámetros promedio dentro de un rango de 0,5 mm [0,02 pulgadas]. Cuando los diámetros promedio no caen dentro del rango de 0,5 mm [0,02 pulgadas] o cuando los cilindros no están hechos de un solo lote de moldes, cada cilindro ensayado debe ser medido y el valor usado en el cálculo de la resistencia a la compresión unitaria de ese espécimen. Cuando los diámetros son medidos a una frecuencia reducida, las secciones transversales de todos los cilindros ensayados en ese día deben ser calculadas a partir del promedio de los diámetros de los tres o más cilindros que representen el grupo ensayado ese día.

6.4 Sí el comprador de los servicios de ensayo pide una medición de la densidad de los especímenes de ensayo, determine la masa de los especímenes antes de encabezar. Quite cualquier humedad superficial con una toalla y mida la masa del espécimen usando una balanza o escala que sea precisa dentro del 0,3 % de la masa que está siendo medida. Mida la longitud del espécimen al 1 mm [0,05 pulgadas] más cercano en tres posiciones espaciadas regularmente alrededor de la circunferencia. Calcule la longitud promedio y registre al 1 mm [0,05 pulgadas] más cercano. Alternativamente, determine la densidad del cilindro pesando el cilindro en el aire y después de sumergido en el agua a 23,0 °C ± 2,0 °C (73,5 °F ± 3,5 °F) y calcule el volumen de acuerdo al numeral 8.3.1.

6.5 Cuando no se requiere la determinación de la densidad y la relación de la longitud al diámetro es menor que 1,8 o mayor que 2,2, mida la longitud del espécimen a las 0,05 D más cercanas.

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Los ensayos de compresión de especímenes curados en aire húmedo deben ser hechos tan pronto como sea practicable después de sacarlos del almacenamiento húmedo.

7.2 Los especímenes de ensayo deben ser mantenidos húmedos por cualquier método conveniente durante el período entre que se sacan del almacenamiento húmedo y el ensayo. Deben ser ensayados en la condición húmeda.

7.3 Todos los especímenes de ensayo para una edad de ensayo dada deben romperse dentro de las tolerancias de tiempo admisibles, prescritas como sigue:

Tabla 2. Edad de ensayo de los especímenes

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 h	± 0,5 h o 2,1 %
3 d	2 h o 2,8 %
7 d	6 h o 3,6 %
28 d	20 h o 3,0 %
90 d	2 d o 2,2 %

7.4 Ubicación del espécimen. Ubique el bloque de apoyo plano (inferior), con su cara endurecida hacia arriba, sobre la mesa o platina de la máquina de ensayo directamente debajo del bloque de apoyo de asiento esférico (superior). Limpie las caras de apoyo de los bloques de apoyo superior e inferior y del espécimen de ensayo y coloque el espécimen de ensayo sobre el bloque de apoyo inferior. Se deben alinear cuidadosamente los ejes del espécimen con el centro de empuje del bloque de asiento esférico.

7.4.1 Verificación de cero y asentamiento del bloque. Previo al ensayo del espécimen, verifique que el indicador de carga esté colocado en cero. En los casos en los que el indicador no está adecuadamente colocado en cero, ajuste el indicador (véase la Nota 9). Como el bloque de asiento esférico es llevado a apoyar sobre el espécimen, gire manualmente y suavemente su parte móvil de modo tal de obtener un asentamiento uniforme.

NOTA 9 La técnica usada para verificar y ajustar el indicador de carga a cero variará dependiendo del fabricante de la máquina. Consulte el manual del propietario o el calibrador de la máquina de compresión para una técnica adecuada.

7.5 Velocidad de carga. Aplique la carga continuamente y sin impactos.

7.5.1 La carga debe ser aplicada a una velocidad de movimiento, medida desde la platina a la cruceta, correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre el espécimen de 0,25 MPa/s ± 0,05 MPa/s [35 psi/s ± 7 psi/s] (véase la Nota 10). La velocidad de movimiento designada debe ser mantenida al menos durante la última mitad de la fase de carga anticipada.

NOTA 10 Para una máquina de ensayo milimétrica o de desplazamiento controlado, será necesario un ensayo preliminar para establecer la velocidad de movimiento requerida para lograr la velocidad de esfuerzo especificada. La velocidad de movimiento requerida dependerá del tamaño del espécimen de ensayo, del módulo elástico del concreto y de la rigidez de la máquina de ensayo.

7.5.2 Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga anticipada, debe ser permitida una velocidad de carga mayor. La velocidad de carga mayor debe ser aplicada de manera controlada de modo tal que el espécimen no esté sometido a una carga de impacto.

7.5.3 No haga ajustes en la velocidad de movimiento (desde la platina a la cruceta) cuando está siendo alcanzada la carga última y la velocidad de esfuerzo decrece debido a fisuración en el espécimen.

7.6 Aplique la carga de compresión hasta que el indicador de carga muestre que la carga está decreciendo constantemente y el espécimen muestre un patrón de fractura bien definido (Tipos 1 a 4 en Figura 2). Una máquina de ensayo equipada con un detector de rotura de espécimen, no se debe apagar automáticamente hasta que la carga registre un valor menor que el 95 % de la carga pico. Cuando se ensaya con cabezales no adheridos, puede ocurrir una fractura en la esquina, similar a los modelos Tipo 5 o Tipo 6 mostrados en la Figura 2, antes de que haya sido alcanzada la capacidad última del espécimen. Continúe comprimiendo el espécimen hasta que el usuario esté seguro de que se ha alcanzado la capacidad última. Registre la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo y anote el tipo de modelo de fractura de acuerdo a la Figura 2. Si el modelo de fractura no es uno de los modelos típicos mostrados en la Figura 2, bosqueje y describa brevemente el modelo de fractura. Si la resistencia medida es menor de lo esperado, examine el concreto fracturado y anote la presencia de vacíos de aire grandes, evidencia de segregación, si las fracturas pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas de agregado grueso y verifique si los procedimientos extremos se llevaron de acuerdo con la NTC 504 o la NTC 3708.

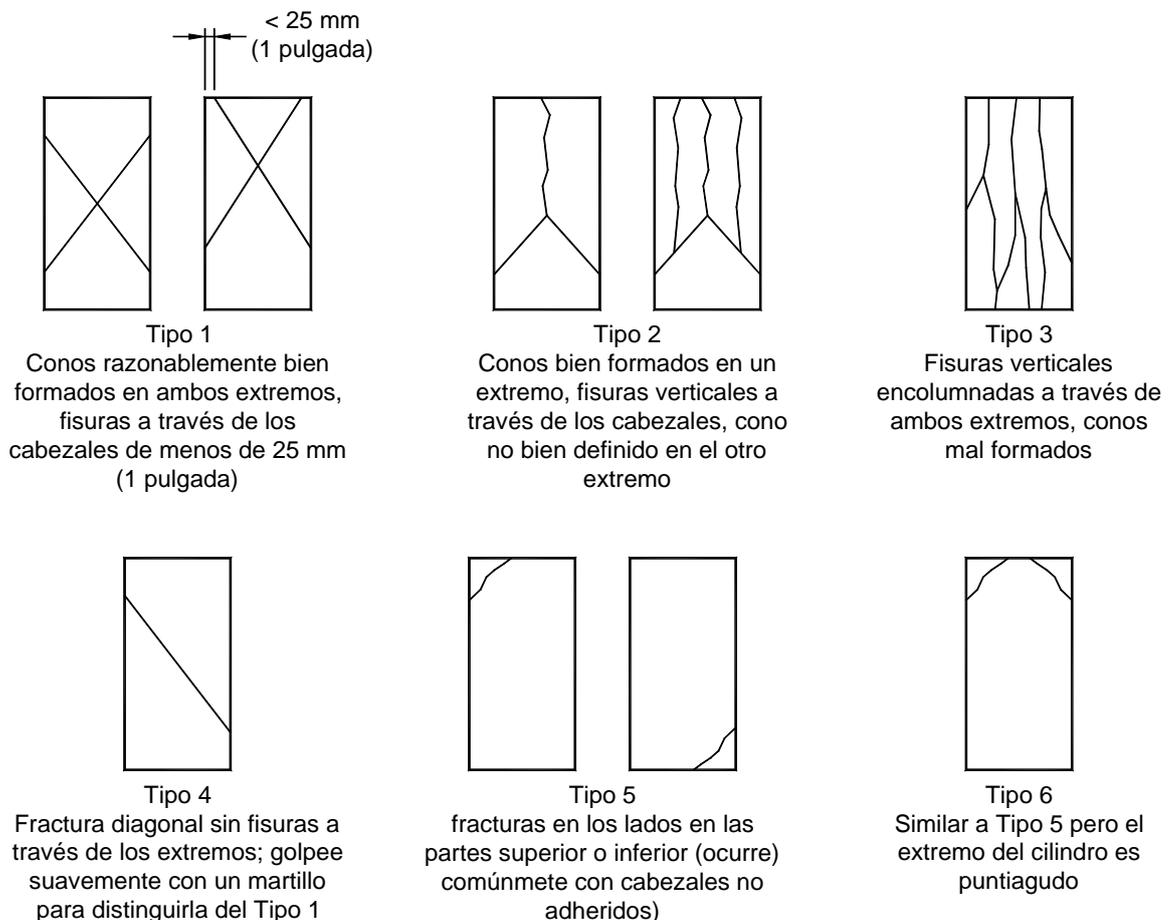


Figura 2 Esquema de los modelos de fractura típicos

8. CÁLCULOS

8.1 Calcule la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo por el promedio de la sección transversal determinado como se describe en el numeral 6 y exprese el resultado a los 0,1 MPa [10 psi] más cercanos.

8.2 Si la relación de longitud a diámetro del espécimen es de 1,75 o menos, corrija el resultado obtenido en el numeral 8.1 multiplicando por el factor de corrección apropiado mostrado en la Tabla 3:

Tabla 3. Factor de corrección longitud diámetro

L/D:	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87
NOTA Use interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D intermedios entre los valores dados en la tabla.				

NOTA 11 Los factores de corrección dependen de varias condiciones tales como condiciones de humedad, nivel de resistencia y módulo elástico. Los valores promedio están dados en la tabla. Estos factores de corrección se aplican a concreto de baja densidad entre 1 600 kg/m³ y 1 920 kg/m³ [100 lb/ft³ y 120 lb/ft³] y a concreto de densidad normal. Ellos son aplicables al concreto seco o empapado en el momento de carga y para resistencias de concreto nominales desde 14 MPa a 42 MPa [2 000 psi a 6 000 psi]. Para resistencias mayores a 42 MPa [6 000 psi] los factores de corrección pueden ser mayores que los valores listados arriba¹.

8.3 Cuando sea requerido, calcule la densidad del espécimen a 10 kg/m³ [1 lb/ft³] más cercana como sigue:

$$Densidad = \frac{W}{V} \tag{2}$$

en donde

W = masa del espécimen, lb [kg] y

V = volumen del espécimen, calculado a partir del diámetro promedio y la longitud promedio o de pesar el cilindro en el aire y sumergido, ft³ [m³].

8.3.1 Cuando el volumen sea determinado por el peso sumergido, calcule el volumen de la siguiente manera:

$$V = \frac{W - W_s}{\gamma_w} \tag{3}$$

en donde

W = masa aparente del espécimen sumergido, lb [kg] y

γ_w = densidad del agua a 73,5 °F [23 °C] = 62,27 lbs/ft³ [997,5 kg/m³].

¹ Bartlett, F.M. y MacGregor, J.G., "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength," ACI Journal, Vol 91, N°4, Julio-Agosto, 1994, pp. 339-348.

9. INFORME

9.1 Proporcione la siguiente información:

9.1.1 Número de identificación,

9.1.2 Diámetro y longitud, si se encuentra fuera del rango de 1,8 *D* a 2,2 *D*, en mm [pulgadas],

9.1.3 Sección transversal, en pulgadas cuadradas [milímetros cuadrados],

9.1.4 Carga máxima, en libras-fuerza [kilonewtons],

9.1.5 Resistencia a la compresión calculada a los 10 psi [0,1 MPa] más cercanos,

9.1.6 Tipo de fractura, si es diferente que el cono habitual (véase la Figura 2),

9.1.7 Defectos en cada espécimen o cabezal y,

9.1.8 Edad del espécimen.

9.1.9 Cuando se determine, la densidad a 1 lb/ft³ [10 kg/m³] más cercana.

10. PRECISIÓN SESGO

10.1 PRECISIÓN

10.1.1 Precisión dentro del ensayo. La Tabla 4 siguiente provee la precisión dentro del ensayo en ensayos de cilindros de 150 mm por 300 mm [6 pulgadas por 12 pulgadas] y 100 mm por 200 mm [4 pulgadas por 8 pulgadas] hechos de una muestra de concreto correctamente mezclada bajo condiciones de laboratorio y bajo condiciones de obra (véase el numeral 10.1.2).

Tabla 4. Precisión del ensayo en ensayos de cilindros de 150 mm por 300 mm [6 pulgadas por 12 pulgadas] y 100 mm por 200 mm [4 pulgadas por 8 pulgadas]

	Coeficiente de variación ⁴	Rango aceptable ⁴ de resistencia de cilindros Individuales	
		2 cilindros	3 cilindros
150 mm por 300 mm [6 pulgadas por 12 pulgadas]			
Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %
Condiciones de obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %
100 mm por 200 mm [4 pulgadas por 8 pulgadas]			
Condiciones de laboratorio	3,2 %	9,0 %	10,6 %

10.1.2 El coeficiente de variación dentro del ensayo representa la variación esperada de la resistencia medida de los cilindros acompañantes preparados de la misma muestra de concreto y ensayados por un laboratorio a la misma edad. Los valores dados para el coeficiente de variación dentro del ensayo de cilindros de 150 mm por 300 mm [6 por 12 pulgadas] son aplicables para resistencias a compresión entre 15 MPa a 55 MPa [2 000 psi y 8 000 psi] y aquellos cilindros de 100 mm por 200 mm [4 pulgadas por 8 pulgadas] son aplicables para resistencias a compresión entre 17 MPa a 32 MPa [2 500 psi y 4 700 psi]. Los coeficientes de

variación dentro del ensayo de cilindros de 150 mm por 300 mm [6 pulgadas por 12 pulgadas] son obtenidos de los datos de las muestras de competencia del concreto CCRL para las condiciones de laboratorio y una compilación de 1 265 informes de ensayos de 225 laboratorios comerciales de ensayos en 1978.^{5,2}

El coeficiente de variación dentro del ensayo de cilindros de 100 mm por 200 mm [4 pulgadas por 8 pulgadas] es obtenido de los datos de las muestras de competencia del concreto CCRL para condiciones de laboratorio.^{6,3}

10.1.3 Precisión de Varios Laboratorios. El coeficiente de variación de varios laboratorios para los resultados de ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de 150 mm por 300 mm [6 pulgadas por 12 pulgadas] ha sido encontrado que es 5,0 %^{4,4}, por lo tanto, los resultados de los ensayos apropiadamente realizados por dos laboratorios sobre especímenes preparados de la misma muestra de concreto, no se espera que difieran en más que un 14 %⁴ del promedio (véase la Nota 12). El resultado de un ensayo de resistencia es el promedio de dos cilindros ensayados a la misma edad.

NOTA 12 La precisión de varios laboratorios no incluye variaciones asociadas con operadores diferentes que preparan especímenes de ensayos de muestras de concreto divididas o independientes. Se espera que estas variaciones incrementen el coeficiente de variación de varios laboratorios.

10.1.4 Los datos de varios laboratorios fueron obtenidos de seis ensayos de resistencia separados organizados a través de programas de todos contra todos⁶ donde los especímenes cilíndricos de 150 mm x 300 mm [6 pulgadas x 12 pulgadas] fueron preparados en una sola ubicación y ensayados por laboratorios diferentes. El rango de resistencia promedio de estos programas fue de 17,0 MPa a 90 MPa [2 500 psi a 13 000 psi].

NOTA 13 Se indicará a través de la actualización de esta norma cuando los datos indiquen que las precisiones pueden ser extendidas para cubrir un rango más amplio de resistencias y tamaños de especímenes.

10.2 TENDENCIA

Dado que no hay material de referencia aceptado, no se están haciendo declaraciones de tendencia.

11. PALABRAS CLAVE

Resistencia, concreto, compresión, esfuerzo, cilindros.

² Estos números representan respectivamente los límites del (1s %) y (d2s %) como se describe en la Práctica ASTM C670.

³ Los datos de apoyo se encuentran disponibles por el CTN 100 de ICONTEC y pueden obtenerse solicitando el Informe de Investigación ASTM RR: C09-1006.

⁴ Los datos de apoyo se encuentran disponibles por el CTN 100 de ICONTEC y pueden obtenerse solicitando el Informe de Investigación ASTM RR:C09-1027.

DOCUMENTO DE REFERENCIA

ASTM C39M *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens* ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA.