

Junio 2003

### TÍTULO

**Ensayos de hormigón endurecido**

**Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas**

*Testing hardened concrete. Part 3: Compressive strength of test specimens.*

*Essais pour béton durci. Partie 3: Résistance à la compression des éprouvettes.*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 12390-3 de diciembre de 2001.

### OBSERVACIONES

Esta norma anulará y sustituirá a las Normas UNE 83303 de diciembre de 1984 y UNE 83304 de diciembre de 1984 antes de 2004-01-01.

### ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 83 *Hormigón* cuya Secretaría desempeña ANEFHOP.



ICS 91.100.30

Versión en español

**Ensayos de hormigón endurecido**  
**Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas**

Testing hardened concrete.  
Part 3: Compressive strength of test specimens.

Essais pour béton durci.  
Partie 3: Résistance à la compression des éprouvettes.

Prüfung von Festbeton.  
Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern.

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2001-09-02. Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

**CEN**  
**COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN**  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung  
**SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles**

## ÍNDICE

	Página
ANTECEDENTES.....	5
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	6
2 NORMAS PARA CONSULTA .....	6
3 FUNDAMENTO .....	6
4 APARATOS .....	6
5 PROBETAS DE ENSAYO .....	6
6 PROCEDIMIENTO.....	7
7 EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS .....	8
8 INFORME DEL ENSAYO .....	8
9 PRECISIÓN.....	11
ANEXO A (Normativo) AJUSTE DE LAS PROBETAS DE ENSAYO.....	12
ANEXO B (Normativo) PROCEDIMIENTO PARA ENSAYAR PROBETAS CON DIMENSIONES QUE ESTÁN FUERA DE LAS TOLERANCIAS DE LAS DIMENSIONES NORMALIZADAS EN LA NORMA EN 12390-1 .....	17
<b>Figuras</b>	
Figura 1 Roturas satisfactorias de probetas cúbicas.....	9
Figura 2 Algunas roturas no satisfactorias de probetas cúbicas.....	9
Figura 3 Roturas satisfactorias de probetas cilíndricas.....	10
Figura 4 Algunas roturas no satisfactorias de probetas cilíndricas.....	10
Figura A.1 Refrentado: Método de la caja de arena .....	15
Figura A.2 Detalle de la caja de arena .....	15
Figura A.3 Dispositivo de posicionamiento.....	16
Figura B.I Líneas de puntos que muestran las posiciones de medida para las caras de carga en los cubos .....	18
Figura B.2 Líneas de puntos que muestran las posiciones de medida para las caras que no son de carga en los cubos .....	18
Figura B.3 Líneas de puntos que muestran las posiciones de medida para las caras de un cilindro .....	18
Figura B.4 Líneas de puntos que muestran las posiciones de medida para la altura de un cilindro .....	19
<b>Tablas</b>	
Tabla 1 Datos de precisión de los resultados de la medida de la resistencia a compresión del hormigón endurecido, expresada como un porcentaje de la media de las resistencias de dos cubos, cuya diferencia se compara con la repetibilidad ( <i>r</i> ) o reproducibilidad ( <i>R</i> ).....	11
Tabla 2 Datos de precisión de los resultados de la medida de la resistencia a compresión del hormigón endurecido, expresada como un porcentaje de la media de las resistencias de tres probetas cilíndricas cuya diferencia se compara con la repetibilidad ( <i>r</i> ) o reproducibilidad ( <i>R</i> ).....	11
Tabla A.1 Limitaciones en los métodos de ajuste .....	12

## ANTECEDENTES

Esta Norma Europea EN 12390-3:2001 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 104 *Hormigón (comportamiento, fabricación, puesta en obra y criterios de conformidad)*, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de junio de 2002, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de diciembre de 2003.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

Está basada en la Norma Internacional ISO 4012 – *Hormigón. Determinación de la resistencia a compresión de probetas*.

Es de buena práctica incluir la medida de la densidad antes de determinar la resistencia a compresión.

Los métodos de ajuste de las caras de las probetas, dados en el anexo A, han sido validados en un ensayo interlaboratorio de comparación realizado recientemente, copatrocinado por la CE bajo el programa Medidas y Ensayos, Contrato MATI-CT-94-0043.

Un borrador de esta norma fue publicado en 1996 para encuesta CEN como proyecto de Norma prEN 12394. Pertenece a una serie de normas destinadas al ensayo del hormigón fresco u hormigón endurecido que se numeraron individualmente. Ahora por conveniencia se ha decidido combinar estos proyectos de normas individuales en tres nuevas normas con partes independientes para cada método de ensayo, como se indica a continuación:

- *Ensayos de hormigón fresco (EN 12350)*.
- *Ensayos de hormigón endurecido (EN 12390)*.
- *Ensayos del hormigón en estructuras (EN 12504)*.

Esta serie EN 12390 incluye las partes siguientes, dándose entre paréntesis los números bajo los que estos métodos de ensayo se publicaron para encuesta CEN:

EN 12390 – *Ensayos de hormigón endurecido*.

*Parte 1: Forma, dimensiones y otros requisitos para probetas y moldes (anteriormente prEN 12356:1996)*.

*Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia (anteriormente prEN 12379:1996)*.

*Parte 3: Resistencia a compresión de probetas de ensayo (anteriormente prEN 12394:1996)*.

*Parte 4: Resistencia a compresión. Características de las máquinas de ensayo (anteriormente prEN 12390:1996)*.

*Parte 5: Resistencia a flexión de probetas de ensayo (anteriormente prEN 12359:1996)*.

*Parte 6: Rotura por tracción indirecta de probetas de ensayo (anteriormente prEN 12362:1996)*.

*Parte 7: Densidad del hormigón endurecido (anteriormente prEN 12363:1996)*.

*Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión (anteriormente prEN 12364:1996)*.

Los anexos A y B son normativos.

## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma especifica un método para la determinación de la resistencia a compresión de probetas de ensayo de hormigón endurecido.

## 2 NORMAS PARA CONSULTA

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras publicaciones por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Para las referencias con fecha, no son aplicables las revisiones o modificaciones posteriores de ninguna de las publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo modificaciones).

EN 197-1 – *Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad para los cementos comunes.*

EN 12350-1 – *Ensayos de hormigón fresco. Parte 1: Toma de muestras.*

EN 12390-1:2000 – *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 1: Forma, dimensiones y otros requisitos para probetas y moldes.*

EN 12390-2 – *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia.*

EN 12390-4 – *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 4: Resistencia a compresión. Características de las máquinas de ensayo.*

EN 12504-1 – *Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 1: Testigos. Extracción, examen y ensayos a compresión.*

ISO 3310-1 – *Tamices de ensayo, exigencias técnicas y ensayo. Parte 1: Tamices de ensayo de hilo de metal.*

ISO 5725-1 – *Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 1: principios generales y definiciones.*

Serie BS 1881 – *Ensayos de hormigón.*

## 3 FUNDAMENTO

Las probetas se comprimen hasta rotura en una máquina de ensayo de compresión conforme a la Norma EN 12390-4. Se registra la máxima carga alcanzada por la probeta y se calcula la resistencia a compresión del hormigón.

## 4 APARATOS

Máquina de ensayo a compresión, conforme a la Norma EN 12390-4.

## 5 PROBETAS DE ENSAYO

### 5.1 Especificaciones

Las probetas deben ser cúbicas, cilíndricas o testigos que cumplan las especificaciones de las Normas EN 12350-1, EN 12390-1, EN 12390-2, o EN 12504-1. Si las dimensiones de las probetas de ensayo no satisficieran las tolerancias para las dimensiones normalizadas en la Norma EN 12390-1, se podrán ensayar de acuerdo con el procedimiento descrito en el anexo B.

NOTA – No deberían ensayarse probetas dañadas o probetas que hayan sido mal compactadas.

## 5.2 Ajuste de las probetas de ensayo

Cuando las dimensiones o forma de las probetas no cumplan con los requisitos dados en la Norma EN 12390-1 porque exceden de sus respectivas tolerancias, deben rechazarse, ajustarse o ensayarse de acuerdo con el anexo B.

Para ajustar las probetas debe usarse uno de los métodos dados en el anexo A.

## 6 PROCEDIMIENTO

### 6.1 Preparación y posicionamiento de las probetas

Se seca el exceso de humedad de la superficie de la probeta antes de ponerla en la máquina de ensayos.

Se secan los platos de carga de la máquina, debiendo eliminarse cualquier resto de gravilla u otro material extraño de las superficies de la probeta que han de estar en contacto con los platos.

No usar de ensamblaje, otra cosa que no sean los platos auxiliares o bloques espaciadores (véase la Norma EN 12390-4) entre la probeta y los platos de ensayo de la máquina.

Las probetas cúbicas se colocan de tal forma que la carga se aplique perpendicularmente a la dirección de hormigonado.

Las probetas deben centrarse respecto al plato inferior con una aproximación de  $\pm 1\%$  de la dimensión normalizada del lado de la probeta cúbica o del diámetro de la probeta cilíndrica.

Si se usan platos auxiliares, se alinean con las caras superior e inferior de las probetas.

En las prensas con dos columnas, las probetas cúbicas deberían situarse con la cara rugosa enfrente de una de ellas.

### 6.2 Carga

Se selecciona una velocidad de carga constante dentro del rango de 0,2 MPa/s ( $N/mm^2 \cdot s$ ) a 1,0 MPa/s ( $N/mm^2 \cdot s$ ). Se aplica la carga a la probeta sin choques y se incrementa continuamente, a la velocidad seleccionada  $\pm 10\%$ , hasta que no se pueda soportar más carga.

Cuando se use una prensa de control manual, cualquier tendencia a disminuir la velocidad de carga cuando la probeta se aproxima al punto de rotura, debe ser corregida mediante el ajuste apropiado de los controles.

Se registra la carga máxima indicada.

### 6.3 Valoración del tipo de rotura

En la figura 1 se dan ejemplos de rotura de probetas mostrando que los ensayos se han realizado satisfactoriamente para probetas cúbicas y en la figura 3 para las cilíndricas.

En la figura 2 se muestran ejemplos de roturas no satisfactorias de probetas cúbicas y en la figura 4 para las probetas cilíndricas.

Si la forma de la rotura no es satisfactoria debe hacerse constar con referencia al tipo de rotura más parecido y que está designado por una letra en las figuras 2 ó 4.

NOTA – Las roturas no satisfactorias pueden ser causadas por:

- atención insuficiente a los procedimientos de ensayo, especialmente al posicionamiento de la probeta;
- algún fallo de la máquina de ensayo.

Para las probetas cilíndricas, la rotura del refrentado antes de la rotura del hormigón es una rotura no satisfactoria.

## 7 EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

La resistencia a compresión viene dada por la ecuación:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

donde

$f_c$  es la resistencia a compresión, en megapascales (newtons por milímetro cuadrado);

$F$  es la carga máxima en rotura, en newtons;

$A_c$  es el área transversal de la probeta sobre la que actúa la fuerza de compresión, calculada a partir de las dimensiones normalizadas de la probeta (véase la Norma EN 12390-1) o de las medidas de la probeta de acuerdo con el anejo B en mm<sup>2</sup>.

La resistencia a compresión debe expresarse redondeándolas al 0,5 MPa (N/mm<sup>2</sup>) más cercano.

## 8 INFORME DEL ENSAYO

El informe debe incluir:

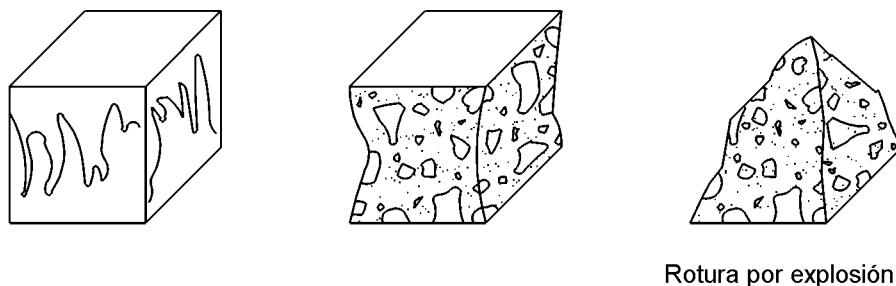
- a) identificación de la probeta;
- b) dimensiones normalizadas de la probeta o si es de mayor tamaño y se ensaya de acuerdo con el anejo B, dimensiones reales;
- c) condiciones de la superficie de la probeta en el momento del ensayo;
- d) detalles del ajuste de las caras por pulido/refrentado (si procede);
- e) fecha del ensayo;
- f) carga máxima de rotura, en kilonewtons;
- g) resistencia a compresión de la probeta en megapascales (redondeándola al 0,5 MPa más cercano) o en newtons por milímetro cuadrado (con aproximación al 0,5 N/mm<sup>2</sup> más cercano);
- h) rotura no satisfactoria (si procede) y tipo más cercano de rotura no satisfactoria;
- i) cualquier desviación del método normalizado de ensayo;
- j) una declaración de la persona técnicamente responsable del ensayo de que el ensayo se ha realizado de acuerdo con esta norma, excepto lo que se haya detallado en i).

El informe puede también incluir:

- k) masa de la probeta;
- l) densidad aparente de la probeta, redondeada a los 10 kg/m<sup>3</sup> más cercanos;
- m) condiciones de la probeta en la recepción;
- n) condiciones de curado desde la recepción;

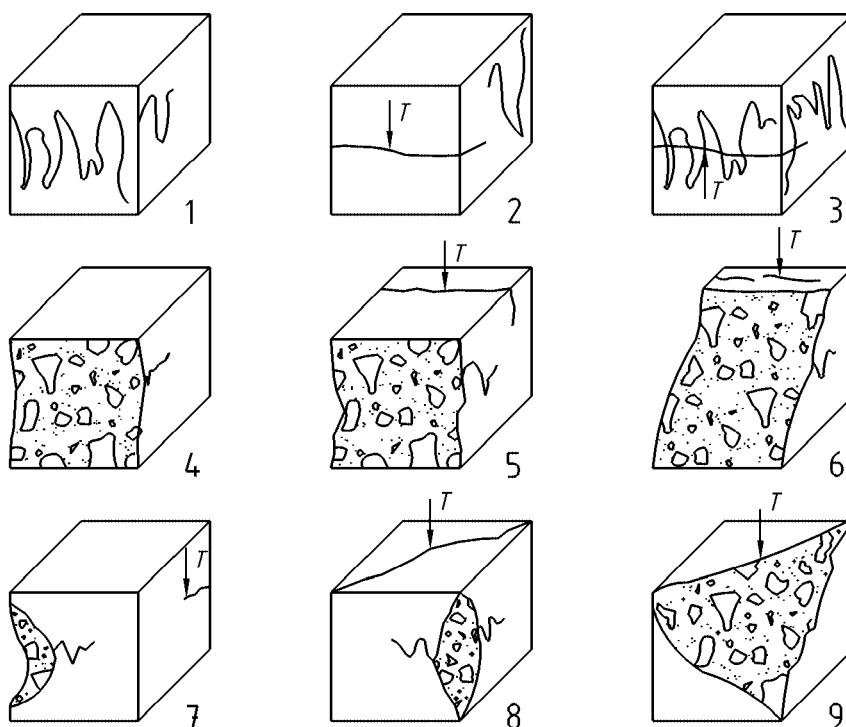


- o) hora del ensayo (si procede);
- p) edad de la probeta en el momento del ensayo.



NOTA – Las cuatro caras expuestas se rompen aproximadamente igual, generalmente con poco daño en las caras que están en contacto con los platos.

**Fig. 1 – Roturas satisfactorias en probetas cúbicas**



NOTA – T = Líneas de rotura.

**Fig. 2 – Ejemplos de roturas no satisfactorias en probetas cúbicas**

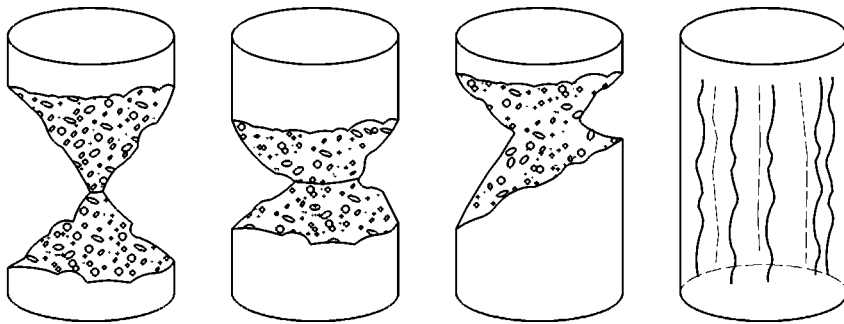


Fig. 3 – Roturas satisfactorias en probetas cilíndricas

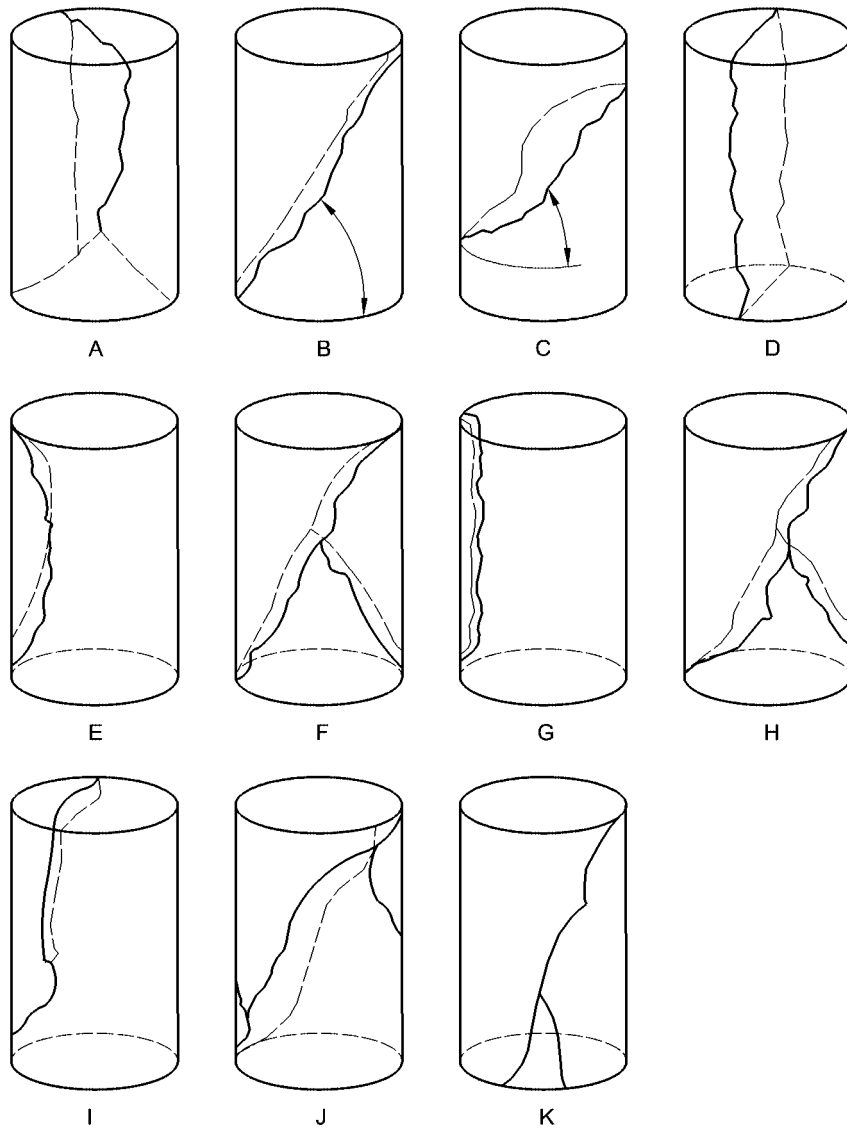


Fig. 4 – Ejemplos de roturas no satisfactorias en probetas cilíndricas

## 9 PRECISIÓN

**Tabla 1**  
**Datos de precisión de los resultados de la medida de la resistencia a compresión del hormigón endurecido, expresada como un porcentaje de la media de las resistencias de dos cubos, cuya diferencia se compara con la repetibilidad (*r*) o la reproducibilidad (*R*)**

Método de ensayo	Condiciones de repetibilidad		Condiciones de reproducibilidad	
	<i>s<sub>r</sub></i> %	<i>r</i> %	<i>s<sub>R</sub></i> %	<i>R</i> %
Cubos de 100 mm	3,2	9,0	5,4	15,1
Cubos de 150mm	3,2	9,0	4,7	13,2

NOTA 1 – Los datos de precisión fueron determinados en el Reino Unido como parte de un experimento llevado a cabo en 1987, en él se obtuvieron muchos datos de precisión para muchos de los ensayos descritos en la Norma BS 1881. Los hormigones se hicieron utilizando un cemento Portland ordinario y arena y áridos de 10 y 20 mm del valle del Támesis. Se usó compactación manual.

NOTA 2 – La diferencia entre dos resultados de ensayo de la misma muestra por un operador utilizando los mismos aparatos y en el mínimo espacio de tiempo factible excederá el valor de la repetibilidad *r*, por regla general, no más de una vez por cada 20 casos en la correcta y normal operación del método.

NOTA 3 – Los resultados de ensayo en la misma muestra, obtenidos en el mínimo espacio de tiempo por dos operadores cada cual utilizando sus propios aparatos, diferirá del valor de la reproducibilidad *R*, por regla general, no más de una vez cada 20 casos en una correcta y normal operación del método.

Para mayor información sobre la precisión y para las definiciones de los términos estadísticos usados en relación con la precisión, véase la Norma ISO 5725.

**Tabla 2**  
**Datos de precisión de los resultados de la medida de la resistencia a compresión del hormigón endurecido, expresada como un porcentaje de la media de las resistencias de tres probetas cilíndricas, cuya diferencia se compara con la repetibilidad (*r*) o la reproducibilidad (*R*)**

Método de ensayo	Condiciones de repetibilidad		Condiciones de reproducibilidad	
	<i>s<sub>r</sub></i> %	<i>r</i> %	<i>s<sub>R</sub></i> %	<i>R</i> %
Cilindros (160 mm de diámetro, 320 mm de altura)	2,9	8,0	3,1	11,7

NOTA 1 – Los datos de precisión se determinaron en Francia como parte de un Round Robin Test llevado a cabo en 1992. Están basados en los resultados obtenidos por 89 laboratorios que participaron en la prueba.

NOTA 2 – El hormigón se confeccionó utilizando cemento CPA55 (CEMI), arena del Sena y árido de 20 mm. El valor medio fue de 38,87 MPa.

NOTA 3 – Los datos de precisión solamente incluyen el procedimiento de ensayo para la resistencia a compresión.

## ANEXO A (Normativo)

## AJUSTE DE LAS PROBETAS DE ENSAYO

**A1 General**

Cuando sea necesario reducir las dimensiones de la probeta, deben rectificarse o serrarse.

Las superficies destinadas a cargarse, deben ser preparadas por pulido o por refrentado (véase la tabla A.1).

**Tabla A. 1**  
**Limitaciones en los métodos de ajuste**

<b>Método</b>	<b>Restricción basada en la medida (prevista) de la resistencia</b>
Pulido	ilimitado
Mortero de cemento con alto contenido en Aluminio (aluminoso)	hasta aproximadamente 50 MPa (N/mm <sup>2</sup> )
Mezcla de azufre	hasta aproximadamente 50 MPa (N/mm <sup>2</sup> )
Refrentador (caja de arena)	ilimitado

En caso de disputa, el método de referencia será el del pulido.

Se pueden emplear otros métodos de ajuste, si son previamente validados contra el método del pulido.

**A2 Pulido**

Las probetas curadas en agua deben sacarse de la misma, para el pulido durante no más de 1 hora y deben volverse a introducir en agua durante al menos una hora antes de volver a pulirlas o a ensayarlas.

**A3 Refrentado. (Utilizando mortero de cemento de alto contenido en alúmina)**

Antes de refrentar, asegurarse que la superficie de la probeta a refrentar esta húmeda, limpia y que todas las partículas sueltas han sido eliminadas.

El refrentado debe ser tan fino como sea posible y no debe tener más de 5 mm de grosor, aunque pueden permitirse pequeñas desviaciones locales.

El material de refrentar debe consistir en un mortero compuesto de tres partes en peso de cemento con alto contenido en alúmina, más una parte en peso de arena fina (la mayor parte de la cual pase por el tamiz de malla de alambre de 300 µm, ISO 3310-1).

Se pueden usar otros cementos que cumplan con la Norma EN 197-1 si se tiene la certeza de que a la hora del ensayo el mortero tiene al menos igual resistencia que el hormigón.

Se coloca la probeta con un extremo sobre un plato metálico horizontal. Se sujeta rígidamente un collarín de acero de dimensiones correctas y que tenga el borde superior mecanizado al extremo superior de la probeta a refrentar, de manera que el borde superior sea horizontal y sobrepase la posición más alta de la superficie de hormigón

Se llena el collarín con el material de refrentado hasta que forme una superficie convexa sobre el borde del collarín. Se presiona con un plato de refrentado de cristal, que este revestido con una fina capa de aceite desmoldante, hacia abajo sobre el material de refrentado con un movimiento rotatorio hasta que haga un completo contacto con el borde del collarín.

Inmediatamente se coloca la probeta con collarín y plato en posición en un ambiente con aire húmedo que tenga  $\geq 95\%$  de humedad relativa y a una temperatura de  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . El plato y el collarín deben retirarse cuando el mortero está lo suficientemente endurecido para poder ser manejado sin deteriorarlo.

NOTA – En el momento del ensayo, el refrentado debería ser al menos tan resistente como la probeta de hormigón.

#### **A.4 Refrentado. Método del mortero de azufre**

Antes de refrentar, la superficie de la probeta debe estar seca., limpia y deben retirarse toda clase de partículas sueltas.

El refrentado debe ser tan fino como sea posible y no debe tener más de 5 mm de grosor, aunque pueden permitirse pequeñas desviaciones locales.

Pueden aceptarse mezclas comercializadas de azufre para refrentar que sean adecuadas. Alternativamente, el material de refrentado puede consistir de una mezcla compuesta en partes iguales en peso de azufre y arena silíceo fina (la mayor parte que pase por el tamiz de 250  $\mu\text{m}$  y que sea retenida por el tamiz de 125  $\mu\text{m}$  conforme a la Norma ISO 3310-1). Puede añadirse una pequeña proporción de negro de humo, de hasta el 2%.

La mezcla debe calentarse a la temperatura recomendada por el suministrador o a una temperatura tal, que mientras se remueve continuamente, se alcance la consistencia requerida.

La mezcla se remueve continuamente para asegurar su homogeneidad y para impedir que se formen sedimentos en el fondo del recipiente de fundir.

NOTA 1 – Si las operaciones de refrentado se llevan a cabo repetidamente, es aconsejable usar dos recipientes para fundir controlados termostáticamente.

NOTA 2 – El nivel de mezcla en el recipiente de fundir no debe dejarse demasiado bajo, pues con ello se incrementa la producción de vapores sulfurosos y el peligro de ignición.

**ATENCIÓN: Un sistema extractor de humos debe funcionar durante todo el proceso de fundido del azufre para asegurar la completa extracción de los vapores de azufre, que son más pesados que el aire. Se ha de tener cuidado de que la temperatura de la mezcla se mantiene entre los límites especificados, para reducir los riesgos de polución.**

Se baja un extremo de la probeta, mantenida verticalmente, hasta apoyar en el plato horizontal que contenga la mezcla de azufre fundida. Se deja que la mezcla se endurezca antes de repetir el procedimiento con el otro extremo. Se utiliza un equipo de refrentado que asegure que las dos caras refrentadas estén paralelas y se utiliza aceite mineral como desmoldante de los platos

NOTA 3 – Puede ser necesario recortar el material de refrentado sobrante de los bordes de la probeta.

Se debe inspeccionar la probeta para asegurarse de que el material de refrentado se ha adherido perfectamente a ambas caras de la misma. Si la capa de refrentado suena a hueco, debe eliminarse y refrentarse de nuevo.

El ensayo de compresión no debe efectuarse hasta que hayan transcurrido al menos 30 min desde la operación de refrentado.

## **A.5 Refrentado. Método de la caja de arena. Uso de cajas de arena para el refrentado de probetas cilíndricas**

### **A.5.1 Preparación**

Este método se muestra en la figura A.1.

Antes de refrentar, comprobar que la superficie de la probeta a refrentar estar limpia y que todas las partículas sueltas han sido retiradas.

La arena a usar ha de ser fina y silíceas, y cuya mayor parte pase por el tamiz de tejido de alambre de 250  $\mu\text{m}$  y que sea retenida por el tamiz de 125  $\mu\text{m}$ , conforme a la Norma ISO 3310-1.

### **A.5.2 Aparatos**

**A.5.2.1 Cajas de acero;** que cumplan con la forma y las dimensiones que se muestran en la figura A.2.

- el acero debe tener un límite elástico de al menos 900 MPa ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );
- las tolerancias en las dimensiones debe ser de  $\pm 0,1$  mm;
- cada caja ha de estar provista de una abertura para conectar un compresor y la abertura ha de estar provista de un sistema para cerrarla durante la colocación y el ensayo.

**A.5.2.2 Marco de colocación.** (figura A.3) consistente en:

- un sistema de guía capaz de asegurar que la tolerancia de la perpendicularidad de la generatriz de la probeta y la superficie de contacto de la caja en el marco sea de 0,5 mm y capaz de asegurar que la tolerancia de coaxialidad de cada caja y la probeta sea de 0,5 mm;
- dos topes para centrar la caja, solidario con el plano horizontal del marco;
- un sistema para asegurar la caja de arena contra los topes;
- un sistema para sujetar la probeta contra la guía de la probeta;
- un vibrador montado bajo el plano horizontal del marco y solidario con él, que sirve para asegurar la distribución homogénea y la compactación de la arena en las cajas;
- un conjunto, aislado para no transmitir la vibración al soporte y capaz de asegurar la correcta colocación relativa entre la probeta y las dos cajas.

**A.5.2.3 Sistema de aire comprimido,** para aflojar las cajas.

**A.5.2.4 Frasco,** para contener la cera de parafina.

**A.5.2.5 Plato caliente,** controlado termostáticamente para fundir la cera de parafina a la temperatura de  $(110 \pm 10)$  °C.

**A.5.2.6 Recipiente calibrado,** para medir un volumen de arena correspondiente a la altura de  $(10 \pm 2)$  mm en la caja de arena.

**A.5.2.7 Cera de parafina,** con una temperatura de fundido de  $(60 \pm 10)$  °C.

### A.5.3 Procedimiento

Se instala el marco de colocación en una superficie de trabajo horizontal. Una de las cajas de arena debe colocarse en el marco y bloquearse en esta posición. Se vierte el volumen requerido de arena, sin derramarla, en el centro de la caja. Después de limpiar con un trapo las caras de carga, la probeta se pone en el montón de arena y se sujeta en su posición.

Se hace funcionar el vibrador durante  $(20 \pm 5)$  s asegurándose que las guías ruedas soportan correctamente la probeta.

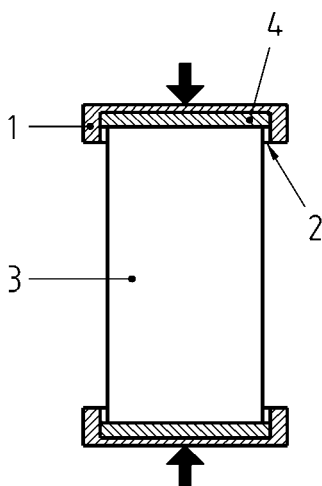
Se vierte la cera de parafina hasta el borde de la caja y se deja endurecer. Se libera la probeta y se gira sobre la otra cara. Se repiten las operaciones con la segunda caja.

Cuando se transporte la probeta, se sujeta apoyada en la caja inferior.

Después de acabado el ensayo de compresión, se separan las dos cajas de los restos de la probeta metiendo aire a través de las aberturas previstas a tal efecto.

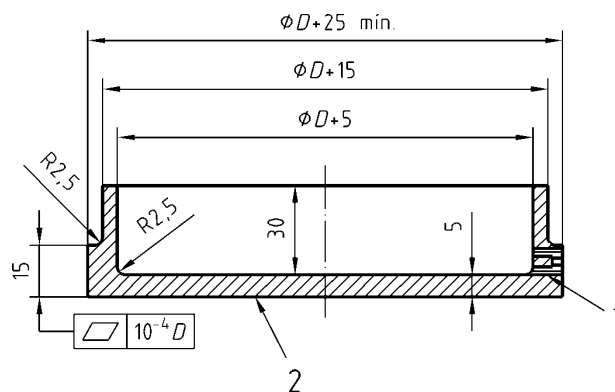
**ATENCIÓN:** Se recomienda que se construya una tapa que tenga un agujero ovoide y se coloque sobre una tolva llena de grava. Con la caja cara hacia abajo, el borde de la caja debe ponerse en el filo de la abertura, usando una mano para sostener la caja mientras la otra manipula el soplador de aire. El agujero de forma ovoide debe tener el tamaño necesario para asegurar la correcta posición del borde de la caja, en las raras ocasiones en las que la probeta se rompe completamente y las dos cajas se quedan en cada uno de los extremos de la probeta. La disposición de los agujeros debe de ser tal que limite la producción de polvo.

Dimensiones en milímetros



Leyenda

- 1 Caja
- 2 Parafina
- 3 Probeta
- 4 Arena

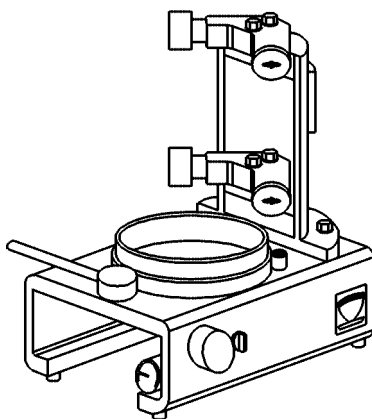


Leyenda

- 1 Abertura para despegar el refrentador
- 2 Superficie en contacto con el plato

Fig. A.1 – Refrentado: Método de la caja de arena

Fig. A.2 – Detalle de la caja de arena



**Fig. A.3 – Marco de posicionamiento**



## ANEXO B (Normativo)

### PROCEDIMIENTO PARA ENSAYAR PROBETAS CON DIMENSIONES QUE ESTÁN FUERA DE LAS TOLERANCIAS DE LAS DIMENSIONES NORMALIZADAS EN LA NORMA EN 12390-1

#### B.1 Fundamento

Antes de realizar un ensayo de compresión, se miden las dimensiones de la probeta en varias posiciones y se calculan los valores medios. Se calcula el área de la sección transversal de las caras que reciben la carga. La probeta se ensaya de acuerdo con el apartado 6, excepto los requisitos adicionales existentes relativos a los platos de la máquina de ensayo, bloques o espaciadores auxiliares.

#### B.2 Aparatos

Calibres o reglas: capaces de medir las dimensiones de las probetas con una exactitud del 0,5% de la dimensión,

#### B.3 Procedimiento

##### B.3.1 Cubos

**B.3.1.1** Se realizan tres medidas de las dimensiones (véanse las figuras B.1 y B.2) en cada uno de las direcciones ortogonales (x, y, z), con una exactitud del 0,5% de las dimensiones. Si cualquier dimensión es mayor que, o menor que, el 2% del tamaño designado, la probeta se rechaza o se ajusta (anexo A).

**B.3.1.2** Se calculan los valores medios ( $x_m$ ,  $y_m$ ) de las seis medidas realizadas en cada dirección de las caras de carga y se expresan con una exactitud del 0,5% de la dimensión.

**B.3.1.3** Se calcula el área media de la cara de carga del cubo,  $A_c = x_m \cdot y_m$  y se redondea al 1% del área más cercano.

##### B.3.2 Cilindros o testigos

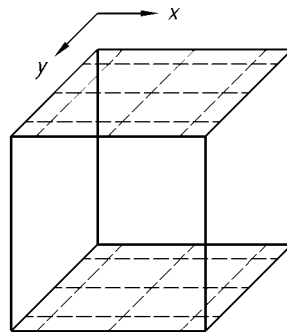
**B.3.2.1** Se realizan tres medidas del diámetro, con una exactitud del 0,5% de la dimensión, en cada extremo del cilindro o testigo, en posiciones separadas entre sí aproximadamente 60° (véase la figura B.3). Se mide la altura del cilindro o testigo, con una exactitud del 0,5% de la dimensión, en tres posiciones aproximadamente a 120° cada una de otra (véase la figura B.4). Si cualquier dimensión excede el  $\pm 2\%$  del tamaño designado, la probeta se rechaza o se ajusta (anexo A).

**B.3.2.2** Se calcula el diámetro medio,  $d_m$ , de las caras de carga del cilindro o testigo, a partir de las seis medidas y se expresa al 0,5% más cercano de la dimensión.

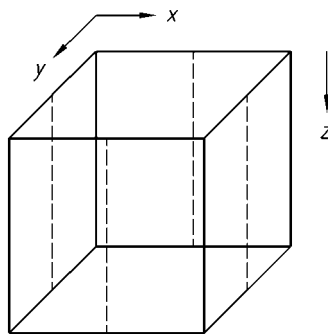
**B.3.2.3** Se calcula el área media de la cara de carga del cilindro o testigo,  $A_c = \pi \cdot d_m^2 / 4$ , y se expresa al 1% más cercano del área.

##### B.3.3 Ensayo de la resistencia a compresión

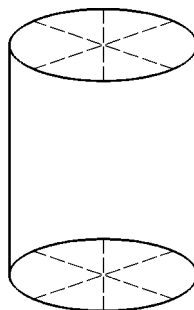
Las probetas se ensayan de acuerdo con el capítulo 6, teniendo en cuenta que las dimensiones de los platos de la máquina de ensayo, platos auxiliares o bloques espaciadores deben ser mayores que, o igual, a las dimensiones de las caras de las probetas en contacto con ellos.



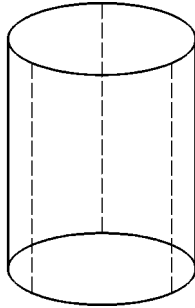
**Fig. B.1 – Líneas de puntos que muestran las posiciones de medida para las caras de carga en los cubos**



**Fig. B.2 – Líneas de puntos que muestran las posiciones de medida para las caras que no son de carga en los cubos**



**Fig. B.3 – Líneas de puntos que muestran las posiciones de medida para las caras de un cilindro**



**Fig. B.4 – Líneas de puntos que muestran las posiciones de medida para la altura de un cilindro**

---

---

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32