

## **Ensayos de hormigón endurecido: determinación de la resistencia a compresión de probetas.**

---

### **FUNDAMENTO**

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

### **MATERIAL Y EQUIPOS**

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



*Figura. Máquina de ensayo a compresión*

## PROCEDIMIENTO

### Probetas de ensayo

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.



*Figura. Probeta de ensayo cilíndrica (30cm x 15cm)*

### Ajuste de las probetas de ensayo

Las superficies destinadas a cargarse, deben ser preparadas por pulido o por refrentado. 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. En la siguiente tabla se muestran diferentes métodos y el límite para su uso, en su caso.

Método	Restricción basada en la medida (prevista) de la resistencia
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

*Figura. Limitaciones de los métodos de ajuste*

### 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  $\mu\text{m}$ ). 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. Si las operaciones de refrentado se llevan a cabo repetidamente, es aconsejable usar dos recipientes para fundir controlados termostáticamente. 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.

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 (puede ser necesario recortar el material de refrentado sobrante de los bordes de la probeta)



*Figura. Equipo de refrentado*

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.



*Figura. Probeta refrentada*

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

### **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.

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.

### **Carga**

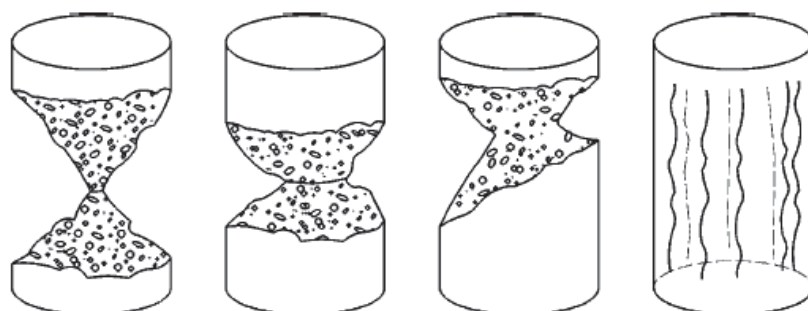
Se selecciona una velocidad de carga constante dentro del rango de 0,2 MPa/s ( $\text{N/mm}^2\cdot\text{s}$ ) a 1,0 MPa/s ( $\text{N/mm}^2\cdot\text{s}$ ). Se aplica la carga a la probeta sin choques y se incrementa continuamente, a la velocidad seleccionada  $\pm 10\%$ , hasta que no se pueda soportar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

## **RESULTADO**

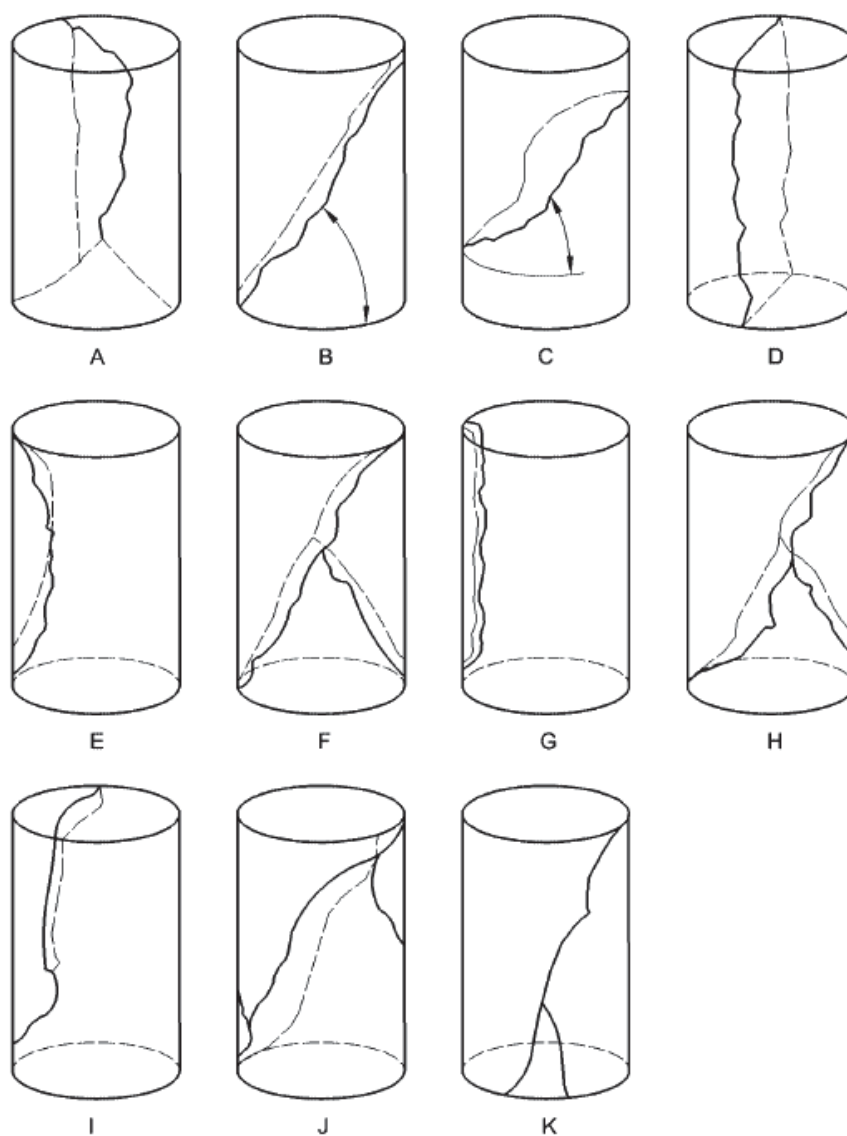
Para las probetas cilíndricas, la rotura del refrentado antes de la rotura del hormigón es una rotura no satisfactoria.

En la siguientes figuras se dan ejemplos de rotura de probetas mostrando que los ensayos se han realizado satisfactoriamente y ejemplos de roturas no satisfactorias. Si

la forma de la rotura no es satisfactoria debe hacerse constar con referencia al tipo de rotura más parecido.



*Figura. Roturas satisfactorias en probetas cilíndricas [1]*



*Figura. Ejemplos de roturas no satisfactorias en probetas cilíndricas [1]*

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; y “ $A_c$ ” es el área transversal de la probeta sobre la que actúa la fuerza de compresión. La resistencia a compresión debe expresarse redondeándolas al 0,5 MPa (N/mm<sup>2</sup>) más cercano.

Según se indica en el “art. 86.3 Realización de Ensayos”, en general, la comprobación de las especificaciones incluidas en la EHE-08 para el hormigón endurecido, se llevará a cabo mediante ensayos realizados a la edad de 28 días. A los efectos de esta Instrucción, cualquier característica medible de una amasada, vendrá expresada por el valor medio de un número de determinaciones, igual o superior a dos

### PARA SABER MÁS

En la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, en su artículo “86.3.2 Ensayos de resistencia del hormigón”, se establece que la determinación de la resistencia a compresión se efectuará según UNE EN 12390-3. En el caso de probetas cilíndricas, sólo será necesario refrentar aquellas caras cuyas irregularidades superficiales sean superiores a 0,1 mm o que presenten desviaciones respecto al eje de la probeta que sean mayores de 0,5°, por lo que, generalmente será suficiente refrentar sólo la cara de acabado.

Una vez fabricadas las probetas, se mantendrán en el molde, convenientemente protegidas, durante al menos 16 horas y nunca más de tres días. Durante su permanencia en la obra no deberán ser golpeadas ni movidas de su posición y se mantendrán a resguardo del viento y del asoleo directo. En este período, la temperatura del aire alrededor de las probetas deberá estar comprendida entre los límites de la siguiente tabla:

Rango de temperatura	$f_{ct}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Periodo máximo de permanencia de las probetas en la obra
15 °C–30 °C	< 35	72 horas
	≥ 35	24 horas
15 °C–35 °C	Cualquiera	24 horas

En el caso de que puedan producirse en obra otras condiciones ambientales, el Constructor deberá habilitar un recinto en el que puedan mantenerse las referidas condiciones.

Para su consideración al aplicar los criterios de aceptación para la resistencia del hormigón, el recorrido relativo de un grupo de tres probetas obtenido mediante la diferencia entre el mayor resultado y el menor, dividida por el valor medio de las tres, tomadas de la misma amasada, no podrá exceder el 20%. En el caso de dos probetas, el recorrido relativo no podrá exceder el 13%.

A los efectos de la determinación de la resistencia del hormigón, se presupone la homogeneidad del hormigón componente de cada amasada, lo cual implica atribuir a errores propios de los métodos de ensayo (momento y forma de la toma de la muestra, ejecución de la probeta, transporte y conservación, etc.), las discrepancias en los resultados obtenidos al operar con partes de la amasada. Cuando la desviación entre los resultados de una misma unidad de producto sobrepase ciertos límites parece razonable no concederles suficiente representatividad sin haber realizado una verificación del proceso seguido.

## ACTIVIDADES PROPUESTAS

1. Indicar el tipo de rotura y calcular el valor de la resistencia a compresión de la probeta ensayada en el laboratorio.

Tipo de rotura	Carga de rotura (N)	Resistencia a compresión (MPa)
		$f_c = \frac{F}{A_c}$

2. ¿Cuál es el mínimo tiempo que debe transcurrir desde que se realiza el refrentado hasta que puede efectuarse el ensayo de rotura de la probeta?

