



Materiales de construcción

1º de Grado en Ingeniería Civil

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

SESIÓN 5

- Resistencia a compresión del hormigón
- Profundidad de penetración de agua
- Carbonatación del hormigón

Resistencia a compresión del hormigón

1.2.1. OBJETO DE LA PRÁCTICA

En esta práctica se describe el procedimiento para determinar la resistencia a compresión de un hormigón empleando probetas cilíndricas normalizadas refrentadas de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro.

1.2.2. PROCEDIMIENTO (Compresión de un Hormigón)

1. La probeta se coloca centrada en el plato inferior de la máquina de ensayos, ayudándose de las marcas de referencia.
 2. Se moverán los platos de la prensa de forma que el plato superior apoye en la cara superior de la probeta.
 3. Se aplica la carga de forma continua de manera que el aumento de tensión media sobre la probeta sea de $5 \pm 2 \text{ Kg/cm}^2/\text{s}$ ($0,5 \pm 0,2 \text{ MPa/s}$).
 4. La carga se aplica hasta que la probeta deforme rápidamente antes de rotura. A partir de ese momento, no se modificarán las posiciones de los mandos de la maquina, tomándose como carga de rotura la máxima alcanzada.
 5. Se obtendrá el diagrama Fuerza-Acortamiento. Se eligen 15 puntos repartidos uniformemente a lo largo de la curva, de los que se determinará su carga y acortamiento, traducándose a tensiones y deformaciones. Los valores de tensión y deformación se representarán en un gráfico, a partir del cual se obtendrán los parámetros solicitados en la tabla de resultados.
- Norma de referencia: UNE 83-304-84

1.2.3. RESULTADOS (Compresión de un Hormigón)

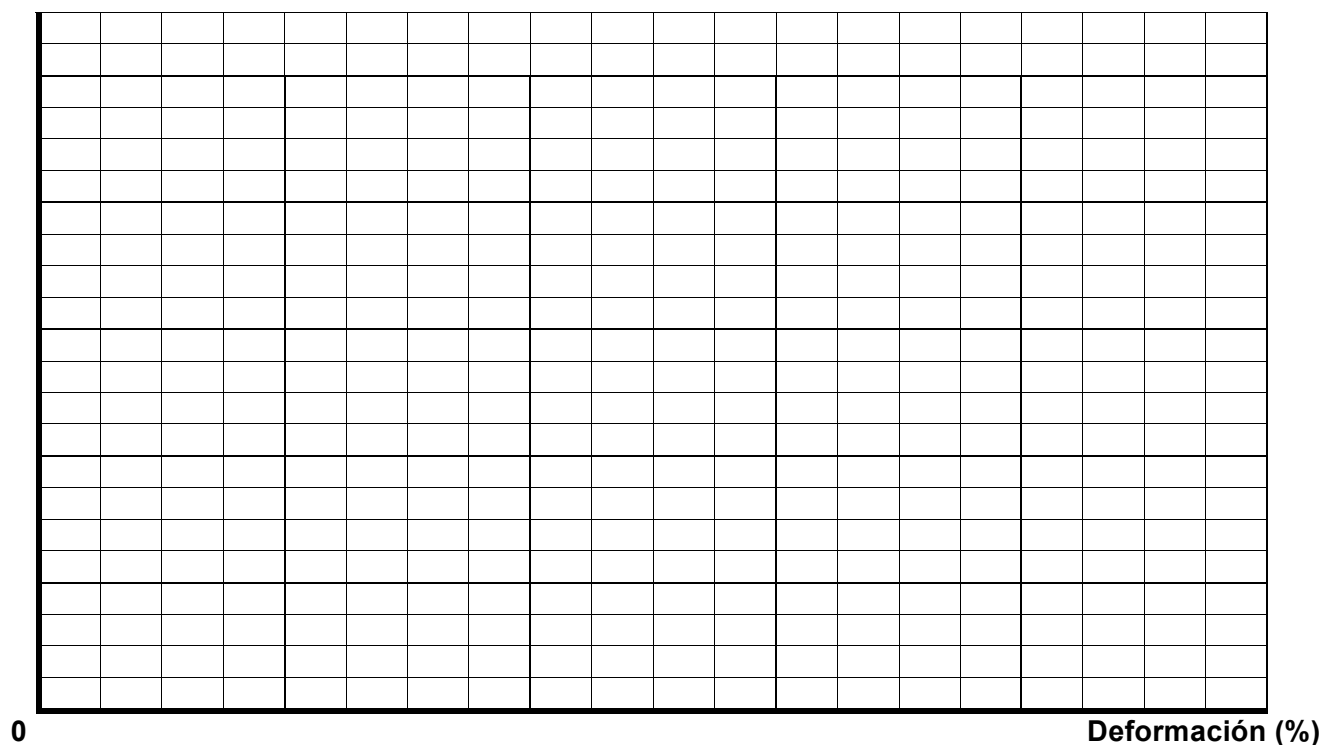
PUNTOS	Carga F (kN)	Acortamiento ΔL (mm)	s (MPa)	e (%)
1				
2				
3				
4				

5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Los valores de tensión y de deformación obtenidos se representarán sobre el siguiente diagrama, eligiendo los fondos de escala adecuados para ambos ejes.

DIAGRAMA TENSION-DEFORMACION

Tensión (MPa)



A partir del diagrama se deberán calcular los parámetros que se indican a continuación:

Parámetro	Valor	Unidades
Carga de rotura		kN
Tensión de rotura		MPa
Tensión de rotura		kgf/cm ²



Prácticas de Laboratorio

Hormigón endurecido

Módulo de elasticidad secante
(40% Tensión de rotura)

GPa

Determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión

En los ensayos de penetración de agua bajo presión, se mantienen las probetas durante 72 horas sometidas a la actuación de una columna de agua, empujada a su vez por una columna de aire a una presión de 5 bares, equivalente a mantener una columna de agua de 50 m de altura sobre las probetas, tal y como establece la norma *UNE-EN 12390-8:2009: Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión*. Transcurrido este tiempo, se procede a romper las muestras mediante el método brasileño (tracción indirecta) para, de esta forma, medir la profundidad de penetración del agua en el seno del hormigón. El registro de la carga de rotura de las probetas, además, da también una medida indirecta de la resistencia a tracción del hormigón ensayado.

En las Fig. 2 y Fig. 3 se muestra en detalle el aspecto que presenta el dispositivo experimental utilizado, que consta, esencialmente, de los siguientes elementos:

- Dos anillos de goma para asegurar la estanqueidad.
- Un cilindro o celda de metacrilato para albergar la columna de agua.
- Una tapa superior por donde se introduce el agua y a través del cual se inyecta el aire a presión.
- Un conducto de suministro de aire comprimido con regulador que permite ajustar la presión a distintos valores.

- Una bancada soporte donde se montan todos los elementos, y es capaz de proporcionar una fuerza de apriete que garantice el mantenimiento de la estanqueidad del conjunto.

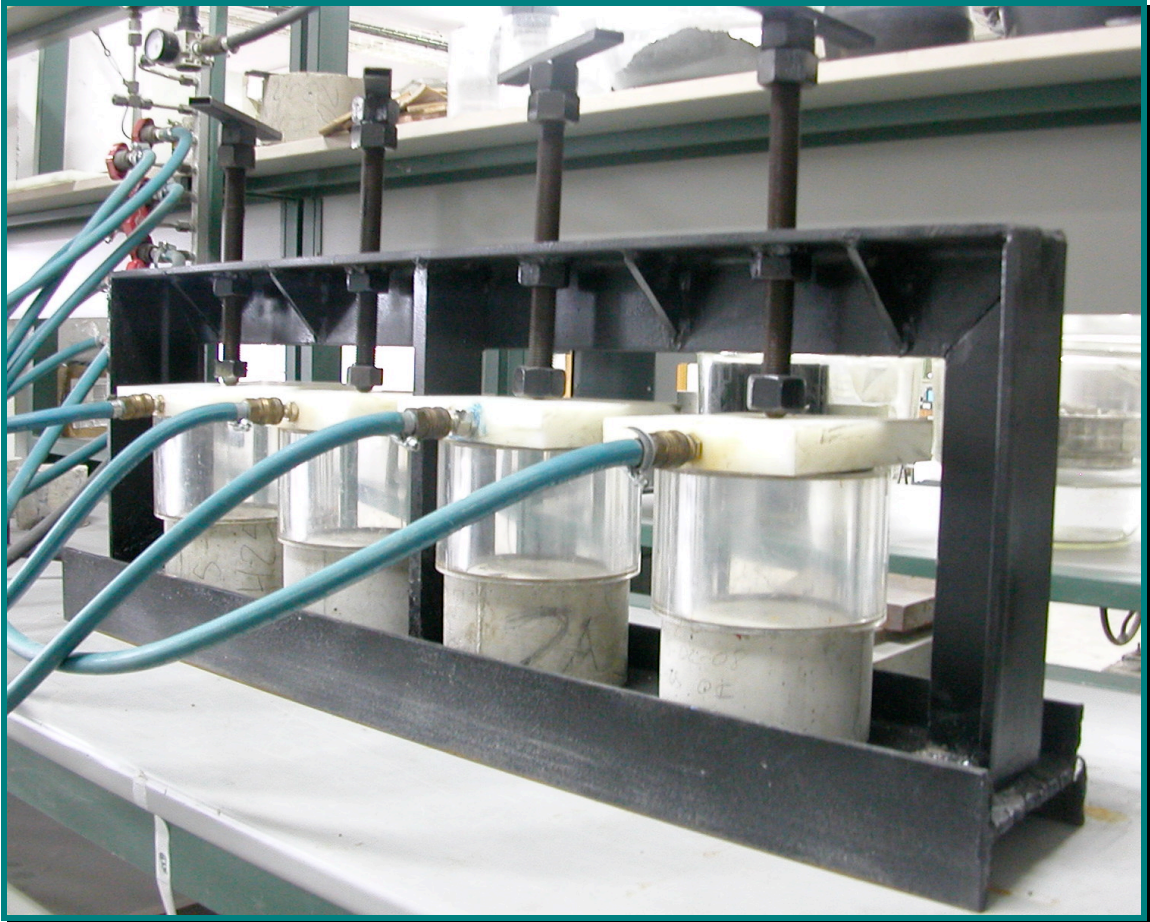


Fig. 2. Dispositivo experimental para los ensayos de penetración de agua bajo presión.

Cumplidas las 72 horas de ensayo, se desmonta el dispositivo y se procede a la rotura longitudinal de las probetas por el método brasileño, observándose el frente de penetración de agua, que es perfilado con ayuda de un rotulador indeleble como se muestra en la Fig. 4.



Fig. 3. *Detalle del dispositivo experimental para los ensayos de penetración de agua bajo presión.*

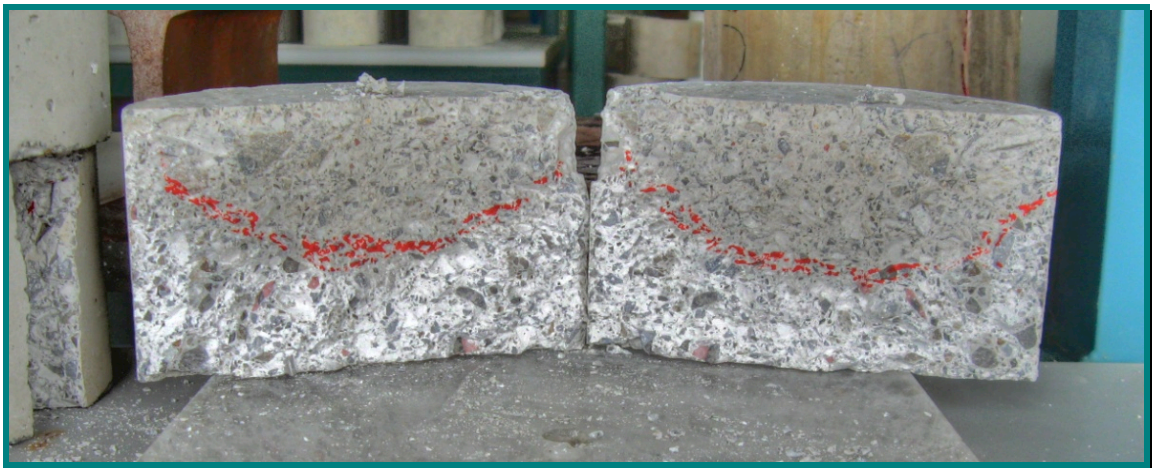


Fig. 4. *Detalle del perfil de profundización del agua en los ensayos de penetración de agua bajo presión.*

El resultado del ensayo se expresa como los valores de penetración máxima registrados en cada probeta.

Parámetro	Valor	Unidades
-----------	-------	----------



Prácticas de Laboratorio

Hormigón endurecido

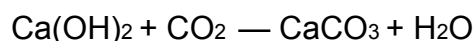
Penetración máxima de agua		mm
Carga de rotura		kN

Carbonatación del hormigón

El análisis de la profundidad del frente de carbonatación proporciona información en cuanto a la situación y durabilidad del hormigón endurecido. El análisis se realiza siguiendo las especificaciones indicadas en la norma *UNE 83993-1:2009: Durabilidad del hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la velocidad de penetración de la carbonatación en el hormigón endurecido. Parte 1: Método natural.*

Una de las cualidades químicas más importantes de la pasta endurecida de cemento portland es su carácter fuertemente básico, pH 12-13, y por tanto el medio ambiente que la circunda, tiende en todo momento a disminuir su pH, mediante reacciones de neutralización, y situarla en su posición más estable desde el punto de vista termodinámico. Entre las reacciones de neutralización se encuentra la carbonatación, que podría definirse como la reacción química mediante la cual los compuestos que integran la pasta endurecida de cemento hidratado se combinan con el dióxido de carbono del ambiente que le rodea.

En presencia de CO₂ el hidróxido cálcico de la pasta de cemento del hormigón reacciona formando carbonato cálcico según la siguiente reacción, reduciendo así de forma notable la alcalinidad del medio:



La determinación de la profundidad de carbonatación, se ha realizado a partir de una solución de fenolftaleína en alcohol etílico. La fenolftaleína es un virador que cambia notablemente de color cuando el pH se sitúa por encima de 9. Para pH por debajo de este valor la solución es transparente. Con este planteamiento, se prepararan distintas secciones transversales de probetas normalizadas y se analiza el frente de carbonatación desde la cara expuesta a la intemperie. A fin de obtener una sección más o menos homogénea de la

probeta, se procede a romper éstas por el método de tracción indirecta o método brasileño; aplicando una carga de compresión, hasta rotura, a lo largo de la generatriz de la probeta, tal y como se muestra en la Fig. 5.

Una vez obtenida la superficie de análisis, se procede a aplicar, mediante un pulverizador, la solución de fenolftaleína en toda la superficie. Tras la aplicación de la solución, se comprueba cómo la pasta de cemento con un pH mayor de 9 hace que el virador cambie rápidamente de color (Fig. 6).

Una vez que la solución aplicada ha secado, puede procederse a registrar el frente de carbonatación, partiendo desde la superficie exterior hacia el interior, como la distancia máxima en la cual no se aprecia variación de color de la solución depositada en ella. En esta longitud el pH del medio se encuentra por debajo de 9 y, por lo tanto, se considera pasta de cemento carbonatada.

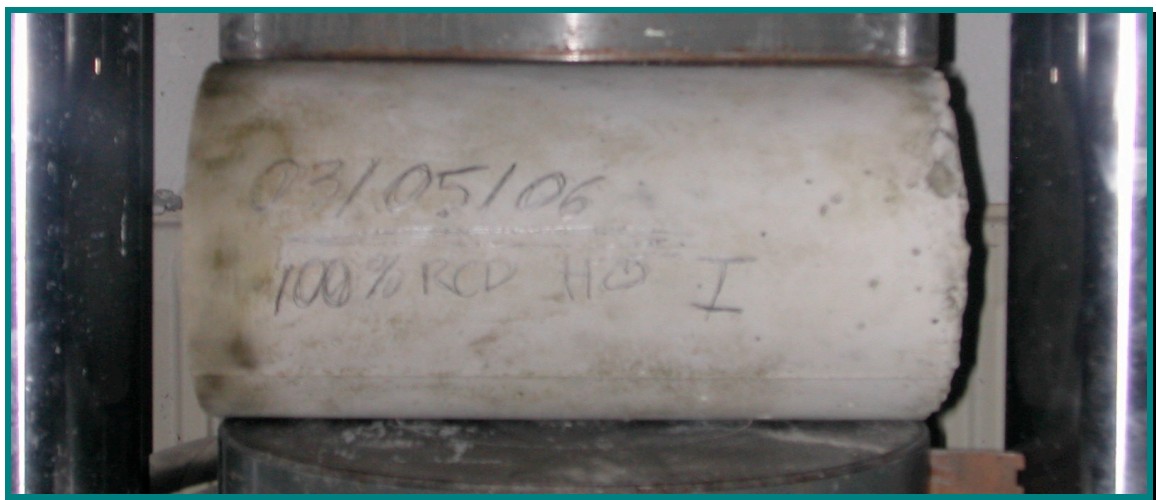


Fig. 5. *Probeta de hormigón durante el ensayo de rotura a tracción indirecta o método brasileño.*



Fig. 6. Superficie interior de una probeta normalizada de hormigón, rota a tracción indirecta, a la que se ha aplicado una fina capa de fenoftaleína.

El resultado del ensayo se expresa como los valores máximo de profundidad de carbonatación en cada probeta.

Parámetro	Valor	Unidades
Profundidad del frente de carbonatación		mm