

Control de la conformidad del hormigón en la EHE-08 (II)

Continuamos en este número de la revista la serie de artículos relacionados con el control de la conformidad del hormigón que establece la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. En éste se abordan los ensayos para comprobar la docilidad, resistencia y durabilidad del hormigón

Almudena Jardón Giner y Gustavo Furest Aycart.

Colegios Oficiales de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Valencia y Alicante

La conformidad de un hormigón con lo establecido en el proyecto se comprobará durante su recepción en la obra, e incluirá su comportamiento en relación con la docilidad, la resistencia y la durabilidad.

El control de recepción incluye una serie de comprobaciones de carácter documental y experimental. En los apartados siguientes se desarrollan las especificaciones relativas a estas últimas.

I. DOCILIDAD DEL HORMIGÓN

Referencias en la EHE-08: Apartados 31.5, 86.3.1 y 86.5.2.

Descripción

La docilidad del hormigón será la necesaria para que, con los métodos previstos de puesta en obra y compactación, el hormigón rodee las armaduras sin solución de continuidad con los recubrimientos exigibles y rellene completamente los encofrados sin que se produzcan coqueas. La docilidad se valora determinando su consistencia, por medio del ensayo de asentamiento, según UNE-EN 12350-2.

Nueva consistencia líquida

El apartado 31.5 de la EHE-08 establece las distintas consistencias y los valores límite del asentamiento. Destaca en la Instrucción el nuevo tipo de consistencia líquida, al que corresponde un asentamiento entre 16 y 20 cm, y que debe conseguirse mediante el empleo de aditivos superplastificantes.

Tipo de consistencia	Asentamiento en cm
Seca (S)	0 – 2
Plástica (P)	3 – 5
Blanda (B)	6 – 9
Fluida (F)	10 – 15
Líquida (L)	16 – 20

Consistencias seca y plástica

Si bien ya la anterior Instrucción EHE recomendaba que el asiento en el cono no fuera inferior a 6 centímetros, ahora la EHE-08 establece que, salvo en aplicaciones específicas que así lo requieran, se evitará el empleo de las consistencias seca y plástica. Además, aconseja para consistencias plásticas la realización del ensayo Vebe (UNE-EN 12350-3).

Hormigones vistos y bombeados

Para hormigones vistos se indica la conveniencia de alcanzar consistencias fluidas, obtenidas mediante el empleo de aditivos superplastificantes. En cuanto a los hormigones para bombeo, se recomienda el empleo de consistencias fluidas, especialmente en el caso de hormigones fabricados con áridos de machaqueo.

Áridos reciclados

En el caso de utilizar áridos procedentes de residuos en la confección del hormigón, conviene requerir estudios previos para analizar su influencia en la docilidad.

Realización de los ensayos

Los ensayos de consistencia se realizarán cuando se produzca alguna de las siguientes circunstancias:

Cuando se fabriquen probetas para controlar la resistencia.

En todas las amasadas que se coloquen en obra con un control indirecto de la resistencia.

Siempre que lo indique la Dirección Facultativa o lo establezca el Pliego de prescripciones técnicas particulares.

Conformidad de la consistencia

La especificación para la consistencia se considerará conforme cuando el asentamiento obtenido en los ensayos se encuentre dentro de los límites de la tabla 86.5.2.1. El incumplimiento de los criterios de aceptación, implicará el rechazo de la amasada.

Tolerancias para la consistencia del hormigón

Consistencia definida por su tipo

Tipo de consistencia	Tolerancia en cm	Intervalo resultante
Seca	0	0 – 2
Plástica	± 1	2 – 6
Blanda	± 1	5 – 10
Fluida	± 2	8 – 17
Líquida	± 2	14 – 22

Consistencia definida por su asiento

Asiento en cm	Tolerancia en cm	Intervalo resultante
Entre 0 – 2	± 1	A ± 1
Entre 3 – 7	± 2	A ± 2
Entre 8 – 12	± 3	A ± 3
Entre 13 – 18	± 3	A ± 3

Tabla 86.5.2.1



Ensayo consistencia, mediante el cono de Abrams.

II. RESISTENCIA DEL HORMIGÓN

Referencias en la EHE-08:

Ensayos de resistencia: Apartado 86.3.2

Distintivos de calidad: Anejo nº 19

Modalidades del control de resistencia: Apartado 86.5.3

Control estadístico: Apartado 86.5.4

Control al 100 por 100: Apartado 86.5.5

Control indirecto: Apartado 86.5.6

Ensayos de resistencia del hormigón

La resistencia del hormigón se comprobará mediante ensayos de resistencia a compresión efectuados sobre probetas cilíndricas de hormigón endurecido de 15 x 30 cm, fabricadas y curadas según UNE-EN 12390-2. Podrán emplearse también probetas cúbicas, en cuyo caso habrá que aplicar determinados coeficientes de conversión.

Distintivos oficialmente reconocidos (DOR)

El Anejo 19 de la Instrucción detalla los niveles de garantía y requisitos para los distintivos oficialmente reconocidos (DOR). En el apartado 5.1 se establecen los específicos para el hormigón. Asimismo en el apartado 6 de este mismo Anejo 19 se especifica el reconocimiento de otro distintivo para el hormigón, con carácter transitorio hasta el 31 de diciembre de 2010. Como veremos a continuación, las ventajas en la utilización de hormigones que posean un DOR conforme al apartado 5.1 ó al 6 del Anejo 19 son muy diferentes, ya que también son distintos los niveles de garantía entre ambos casos. En la sección “Reconocimiento de distintivos” de la página web de la Comisión Permanente del Hormigón (www.fomento.es/CPH) pueden consultarse los hormigones que están en posesión de un DOR.

Modalidades del control de resistencia durante el suministro

Al igual que en la anterior Instrucción, se establecen tres modalidades de control que pasan a denominarse:

Modalidad 1: Control estadístico.

Modalidad 2: Control al 100 por 100.

Modalidad 3: Control indirecto.

1. Control estadístico

Esta modalidad de control es de aplicación general en estructuras de hormigón. Presenta novedades que, aunque no modifican la metodología general, dan como resultado diferencias importantes en la intensidad del muestreo respecto a la anterior EHE.

1.1. FORMACIÓN DE LOTES

Se mantienen los tamaños máximos para los distintos tipos de elementos estructurales pero hay que destacar que desaparece la posibilidad, recogida en la anterior EHE, de aplicar la columna izquierda de la tabla de formación de lotes, de forma conjunta, a los hormigones destinados a pilares y a forjados, cuando se trata del mismo tipo de hormigón. En la EHE-08 no se puede incluir en un mismo lote el hormigón de elementos a compresión y a flexión y esto supone, en la práctica, la formación de un número de lotes mayor que con la EHE.

Límite superior	TIPOS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m ³	100 m ³	100 m ³
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m ²	1.000 m ²	-----
Número de plantas	2	2	-----

Tabla 86.5.4.1

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un DOR, podrá aumentarse su tamaño, multiplicando los valores de la tabla por 5 ó por 2, en función de que el nivel de garantía sea conforme con el apartado 5.1 ó con el 6 (transitorio) del Anejo 19, respectivamente. Estas reducciones tienen dos límites:

- Como mínimo deberán ensayarse 3 lotes.
- El hormigón de un mismo lote debe haberse suministrado en un plazo máximo de 6 semanas.

En la fecha de redacción de este artículo (comienzos de enero de 2010) sólo se ha publicado el DOR transitorio de Aidico que puede consultarse en la sección "Reconocimiento de distintivos" de www.fomento.es/CPH.

Ejemplos de formación de lotes.

Para comparar el número mínimo de lotes a ensayar, según se aplique una u otra Instrucción, se plantea el caso de una cimentación por zapatas, con muros de sótano, seis forjados de 500 m² de superficie y otros tantos tramos de pilares, con HA-25 para toda la obra. En este caso práctico, a la hora de aplicar los criterios de formación de lotes de la anterior EHE, se ha agrupado de forma conjunta el hormigón de pilares y forjados. El ejemplo recoge cinco posibilidades: dos para la EHE (según que el hormigón disponga o no de DOR) y tres para la EHE-08 (en función de que el hormigón no disponga de DOR o de que éste sea conforme al apartado 6 ó al 5.1 del citado Anejo 19), arrojando los siguientes resultados: (ver tabla en la página siguiente)

Como puede observarse, la dispersión en el número de lotes es muy elevada. Cabe resaltar que aún aplicando los criterios de la nueva Instrucción para hormigones con DOR, según el apartado 5.1 del Anejo 19, en los que se multiplican los valores de la tabla por 5, el número de lotes (7) es mayor que si se calculan con la EHE (6).

Instrucción	Hormigón con DOR	Nº mínimo lotes por elemento estructural	Nº mínimo de lotes totales
EHE	No	Estructura total: 8 Zapatas: 3	11 lotes
EHE	Sí	Estructura total: 4 Zapatas: 2	6 lotes
EHE-08	No	Pilares y muro: 7 Forjados: 7 Zapatas: 3	17 lotes
EHE-08	Sí (Ap. 6 Anejo 19)	Pilares y muro: 4 Forjados: 4 Zapatas: 2	10 lotes
EHE-08	Sí (Ap. 5.1 Anejo 19)	Pilares y muro: 3 Forjados: 3 Zapatas: 1	7 lotes

1.2. NÚMERO DE AMASADAS

La conformidad del lote se comprobará a partir de los valores medios de los resultados obtenidos sobre dos probetas, tomadas para cada una de las N amasadas controladas, de acuerdo con la Tabla 86.5.4.2.

Resistencia característica especificada en proyecto f_{ck} (N/mm ²)	Hormigones con distintivos de calidad oficialmente reconocido con nivel de garantía conforme con el apartado 5.1 del Anejo 19	Otros casos
$f_{ck} \leq 30$	$N \geq 1$	$N \geq 3$
$35 \leq f_{ck} \leq 50$	$N \geq 1$	$N \geq 4$
$f_{ck} > 50$	$N \geq 2$	$N \geq 6$

Tabla 86.5.4.2

Como vemos, a los lotes de hormigones sin DOR, con f_{ck} de 25 ó 30 N/mm², les corresponde un mínimo de 3 amasadas por lote.

Ejemplos de número de amasadas.

Continuando con el ejemplo anterior, para los lotes de ese HA-25 se obtendrían los siguientes números mínimos de amasadas:

Instrucción	Hormigón con DOR	Nº mínimo de lotes totales	Nº mínimo de amasadas por lote	Nº mínimo total de amasadas
EHE	No	11 lotes	2 amasadas	22 amasadas
EHE	Sí	6 lotes	2 amasadas	12 amasadas
EHE-08	No	17 lotes	3 amasadas	51 amasadas
EHE-08	Sí (Ap. 6 Anejo 19)	10 lotes	3 amasadas	30 amasadas
EHE-08	Sí (Ap. 5.1 Anejo 19)	7 lotes	1 amasada	7 amasadas

Como puede apreciarse, la dispersión de resultados es aún mayor que en el número de lotes.

Se da la circunstancia de que al aplicar los criterios de formación de lotes y sus correspondientes amasadas mínimas, en obras de edificación, a hormigones sin DOR en pilares, resulta que en numerosas ocasiones se ensayarán todas las amasadas del lote y, en consecuencia, aunque en proyecto se prescriba la modalidad de control estadístico, en la práctica se estará aplicando un control al 100 por 100. Es conveniente tener en cuenta esta cuestión en la programación del control del hormigón, ya que, como se verá en el siguiente apartado, el control al 100 por 100 debe adoptarse antes del suministro del hormigón.

1.3 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación han sufrido cambios significativos, que por su extensión (cuatro posibles casos) y complejidad desarrollaremos, junto con las decisiones derivadas del control de resistencia, en un artículo posterior.

2. Control al 100 por 100

Esta modalidad de control es de aplicación a cualquier estructura siempre que se adopte antes del suministro. Consiste en la determinación de la resistencia de todas las amasadas del hormigón sometidas a control. Si el número de masadas no excede de 20, la condición de aceptación es que el valor de la resistencia de la amasada más baja sea igual o superior a la resistencia característica especificada en proyecto ($f_{c,real} \geq f_{ck}$). Si hubiera más de 20 amasadas se tendrá en cuenta el valor de la que ocupa el lugar $n = 0,05 \cdot N$, ordenadas las N amasadas de menor a mayor resistencia, redondeándose n por exceso.

Ejemplo 1 de control al 100 por 100.

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

6 amasadas ($N < 20$): 27, 29, 30, 30, 31 y 33.

$$f_{c,real} = 27 \text{ N/mm}^2 > f_{ck} \rightarrow \text{Aceptación}$$

Ejemplo 2 de control al 100 por 100.

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

21 amasadas ($N > 20$): 27, 28, 28, 29, 29... y 34.

$n = 0,05 \cdot N = 0,05 \cdot 21 = 1,05 \approx 2$ (redondeo por exceso)

$$f_{c,real} = 28 \text{ N/mm}^2 > f_{ck} \rightarrow \text{Aceptación}$$

3. Control indirecto

En esta modalidad de control, designada en la EHE como control reducido, la novedad más significativa es que sólo puede aplicarse a hormigones que posean el derecho de uso de un DOR. Además deben concurrir las siguientes condiciones:

Elementos de edificio de viviendas de hasta 2 plantas, con luces inferiores a 6 m, o elementos a flexión de edificio de viviendas de hasta 4 plantas, con luces inferiores a 6 m.

El ambiente del elemento estructural sea I ó II.

En el proyecto se habrá adoptado una resistencia de cálculo $f_{cd} \leq 10 \text{ N/mm}^2$.

La aplicación del control indirecto supone la realización de, al menos, cuatro determinaciones del ensayo de consistencia espaciadas a lo largo de

cada jornada de suministro. En obra han de quedar archivados los correspondientes registros, con los valores obtenidos y las decisiones adoptadas.

Para la aceptación del hormigón sometido a esta modalidad de control, es necesario que los resultados de los ensayos de consistencia sean conformes con la especificación de docilidad de proyecto y que durante el tiempo que dure el suministro esté vigente el DOR del hormigón y su reconocimiento.



Ensayo de rotura por compresión.

III. DURABILIDAD DEL HORMIGÓN

Referencias en la EHE-08

Durabilidad: 37.3, 37.3.1, 37.3.3.

Ensayos de penetración de agua en el hormigón: 86.3.3.

Decisiones derivadas del control de la durabilidad: 86.7.3.2.

Ensayos previos y característicos del hormigón: Anejo nº 22.

Descripción

La durabilidad del hormigón es la capacidad de comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas o químicas agresivas y proteger adecuadamente las armaduras y demás elementos metálicos embebidos en el hormigón, durante la vida de servicio de la estructura.

Requisitos

Para conseguir una durabilidad adecuada del hormigón se deben cumplir unos requisitos generales:

- Máxima relación agua/cemento.
- Contenido mínimo de cemento.
- Resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de durabilidad.

Y otros adicionales, si fuera el caso:

- Mínimo contenido de aire ocluido.
- Cemento resistente a los sulfatos.
- Cemento resistente al agua de mar.
- Resistencia frente a la erosión.
- Resistencia frente a las reacciones álcali-árido.

Ensayo de impermeabilidad

La determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión (UNE EN 12390-8) permite comprobar si el hormigón será suficientemente impermeable para el ambiente en el que va a estar ubicado.

Según la clase de exposición

Esta comprobación se deberá realizar cuando las clases generales de exposición sean III ó IV, o cuando presente cualquier clase específica de exposición (Qa, Qb, Qc, H, F ó E). El ensayo que se debe realizar de profundidad de agua bajo presión forma parte del control que lleva a cabo el fabricante del hormigón y sus resultados deben estar incluidos en el certificado de dosificación.



Determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión.

Conformidad de la impermeabilidad

El control de impermeabilidad que realiza la Dirección Facultativa consiste en una verificación meramente documental del mencionado certificado de dosificación. No obstante, la D.F. puede prescribir la realización de este ensayo si lo considera conveniente. Si fuera el caso, habrá que tener en cuenta que un hormigón se considera suficientemente impermeable si los resultados del ensayo de penetración de agua cumplen simultáneamente las siguientes especificaciones:

Clase de exposición ambiental	Especificación para la profundidad máxima	Especificación para la profundidad media
IIIa, IIIb, IV, Qa, E, H, F, Qb (en el caso de elementos en masa o armados)	50 mm	30 mm
IIIc, Qc Qb (sólo en el caso de elementos pretensados)	30 mm	20 mm

Decisiones derivadas del control de la durabilidad

Si un hormigón presenta cualquier incumplimiento de las exigencias de durabilidad, la Dirección Facultativa valorará la realización de comprobaciones experimentales y la adopción de medidas de protección superficial. Se valorarán las desviaciones entre los resultados del control de recepción respecto de los reflejados en el certificado de dosificación, por si pudieran deducirse alteraciones en la dosificación.