

GUÍA PARA EL CONTROL EN OBRA DEL HORMIGÓN SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE-08 Y METODOLOGÍA PARA ACTUACIONES CON RESULTADOS DE CONTROL EN OBRA DESFAVORABLES



EHE-08

PREÁMBULO

La presente guía tiene como objeto exponer de forma resumida la documentación y los requisitos que se deben de exigir al hormigón suministrado a las obras para verificar que su calidad se corresponde con las disposiciones de la Instrucción EHE-08; documentación que, por otra parte, se debe de adjuntar obligatoriamente al Libro de Control de Calidad, o a la documentación final de obra, conforme a la legislación vigente.

Es necesario diferenciar aquellos hormigones que posean el Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (DCOR) de los hormigones que no los posean. La relación de distintivos reconocidos y de centrales se puede consultar en la página web de la Comisión Permanente del Hormigón:

http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ORGANOS_COLEGIADOS/CPH/Distintivos/DistintivoCalidadHormigon.htm

Por otra parte, a la hora de analizar los resultados obtenidos en el control en obra, es conveniente establecer las pautas necesarias para que todos agentes con responsabilidad en el proceso constructivo de elementos con hormigón participen en la evaluación de su resistencia. En este sentido, se tendrían en cuenta los posibles efectos debido a:

- Calidad del hormigón suministrado
- No conformidad de la resistencia a compresión, o dudas sobre la misma, basadas en ensayos normalizados
- No conformidad de la resistencia a compresión, o dudas sobre la misma, debido a una deficiente ejecución y/o exposición a condiciones adversas de la estructura

Con tal fin, **y como se indica en el Artículo 86.5.4.2. de la Instrucción EHE-08, es recomendable celebrar de forma previa al inicio de los suministros una reunión entre los diferentes agentes** (Dirección Facultativa, constructor y suministrador de hormigón) para aclarar el tipo de control a realizar en obra y el criterio de aceptación aplicable, así como para poder definir otros aspectos: posibles tomas de contraste, derecho del suministrador a estar presente en la toma de muestras, recinto para asegurar las condiciones de permanencia de las probetas en obra, ensayos a aplicar, etc.

Por todo ello, parece conveniente que se establezcan unos criterios básicos que sirvan de complemento a la normativa existente; criterios que deben enmarcarse en la garantía de seguridad de las obras.

Por último, es preciso añadir que en la circunstancia de disponer de resultados no conformes en el control de recepción se deben de adoptar decisiones de la forma más diligente posible, ya que cualquier retraso en la toma de decisiones puede suponer perjuicios económicos nada desdeñables.

Reseñar que esta guía ha contado para su divulgación, una vez revisada y comentada por la Secretaría de la Comisión Permanente del Hormigón, con la colaboración del Servicio de Normativa y Control de Calidad de la Edificación del Departamento de Vivienda, Obras Públicas y Transportes del Gobierno Vasco, que la ha considerado como un documento de apoyo y orientación a los profesionales en la toma de decisiones sobre el control de hormigón.

1.- CONTROL EN OBRA DEL HORMIGÓN: HORMIGÓN CON DCOR

1.1.- Control previo al suministro (Art. 86.4)

- **CONFORMIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS:**

En los hormigones con DCOR, no procede su presentación

- **CERTIFICADO DE DOSIFICACIÓN:**

No procede su presentación

- **ENSAYOS PREVIOS:**

No procede su presentación

- **ENSAYOS CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA:**

No procede su presentación

- **CERTIFICADO DE DOSIFICACIÓN:**

No procede su presentación

- **CERTIFICADO DE DCOR:**

El suministrador entregará copia, compulsada por persona física, del Certificado DCOR (Art. 79.3.2.)

El suministrador entregará declaración firmada por persona física donde conste que a la fecha de firma, el hormigón está en posesión del citado DCOR (Art. 79.3.1.)

1.2.- Control durante el suministro (Art. 86.5)

- **CONTROL DOCUMENTAL DEL SUMINISTRO:**

Cada suministro irá acompañado de un albarán, que debe ser verificado por la DF

- **CONTROL DE LA DOCILIDAD:**

Los ensayos de consistencia se realizarán:

- Cuando se fabriquen probetas para control de resistencia
- En todas las amasadas con control indirecto de la resistencia
- Siempre que lo indique la DF o el Pliego de Prescripciones Técnicas

El incumplimiento de los criterios de aceptación implica el rechazo del suministro

- **CONTROL DE LA RESISTENCIA:**

Control Estadístico (control habitual)

El control estadístico del hormigón requiere una previa planificación de la ejecución de la obra y su división en lotes de control, conforme a la tabla 86.5.4.1 adaptada a hormigones con DCOR:

Tabla 86.5.4.1. EHE-08 (Hormigones con DCOR)

Límite superior	TIPO 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	500 m ³	500 m ³	500 m ³
Tiempo de hormigonado	6 semanas	6 semanas	5 semanas
Superficie construida	2.500 m ²	5.000 m ²	--
Número de plantas	10	10	--

Para cada uno de los lotes, en función de la resistencia de proyecto (tabla 86.5.4.2), se realizarán los siguientes ensayos:

Resistencia característica especificada en proyecto f_{ck} (N/mm ²)	Número de amasadas a controlar por lote
$f_{ck} \leq 30$	$N \geq 1$
$35 \leq f_{ck} \leq 50$	$N \geq 1$
$f_{ck} > 50$	$N \geq 2$

Para hormigones con DCOR (caso 1 del Art. 86.5.4.3) se debe verificar para cada uno de los lotes de control el cumplimiento del criterio de aceptación, denominado "Control de Identificación".

$$x_i \geq f_{ck}$$

Donde x_i es cada uno de los valores medios obtenidos en la determinación de resistencia de cada amasada, y f_{ck} es el valor de la resistencia de proyecto.

Control al 100 por 100

Se debe verificar el cumplimiento del criterio de aceptación:

$$f_{c,real} \geq f_{ck}$$

donde $f_{c,real}$ es el valor que corresponde al cuantil del 5% en la distribución de resistencia a compresión del hormigón suministrado a la obra (si el número de ensayos es menor o igual a 20 sería el valor de la resistencia más baja), y f_{ck} es el valor de la resistencia de proyecto.

Control Indirecto (sólo en hormigones con DCOR, en ambientes general I, IIa ó IIb, con resistencia de cálculo en proyecto f_{cd} no superior a 10 N/mm^2 para edificios de vivienda de hasta 2 plantas con luces menores a 6 metros, o edificios de viviendas de hasta 4 plantas que trabajan a flexión con luces inferiores a 6 metros).

Se debe verificar el cumplimiento de las condiciones de consistencia con al menos 4 determinaciones cada jornada que se realicen suministros.

1.3.- Decisiones derivadas del control tras su puesta en obra (Art. 86.7.3)

La DF aceptará el lote cuando se cumpla el criterio de aceptación según la modalidad de control de la resistencia adoptada.

En otros casos, se procederá conforme se detalla en los puntos 3-4 de esta guía.

1.4.- Documentación posterior al suministro (Art. 86.6 y Anejo 21)

• CERTIFICADO DE SUMINISTRO:

El fabricante proporcionará un Certificado de Suministro conforme al Anejo 21 de EHE-08, firmado por persona física con poder de representación suficiente

Si se han empleado hormigones con cemento SR, se adjuntará copia de los albaranes o del certificado de entrega del cemento SR

2.- CONTROL EN OBRA DEL HORMIGÓN: HORMIGÓN SIN DCOR

2.1.- Control previo al suministro (Art. 86.4 y Anejo 22)

• CONFORMIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS:

- Cemento: Según la Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-08):
 - Copia del Marcado CE
 - Certificación de Conformidad del Real Decreto 1313/1988 en caso de cementos SR (resistente a los sulfatos), MR (resistente al agua de mar), o ESP (usos especiales)
 - Copia del Distintivo de Calidad, si dispone del mismo
 - En otros casos: copia de ensayos según Real Decreto 1328/1995
- Agua:
 - Agua potable procedente de red: no es necesario aportar ensayos
 - Otras aguas: ensayos de periodicidad semestral
- Áridos:
 - Copia del Marcado CE
 - Si son de autoconsumo: certificado de ensayo de periodicidad trimestral con las especificaciones del mercado CE
- Aditivos:
 - Copia del Marcado CE
 - Si no dispone de Marcado CE: Certificado de ensayo, con antigüedad inferior a seis meses
 - Copia del Distintivo de Calidad, si dispone del mismo
- Adiciones:
 - Copia del Marcado CE
 - Si no dispone de Marcado CE: Certificado de ensayos, según Art. 30.2 de EHE-08

• ENSAYOS PREVIOS:

No son necesarios, salvo que no hubiera experiencia previa del suministrador en la fabricación de esos hormigones

• ENSAYOS CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA:

No son necesarios, salvo que no hubiera experiencia previa del suministrador en la fabricación de esos hormigones

● **CERTIFICADO DE DOSIFICACIÓN:**

El suministrador deberá facilitar un certificado de dosificación, donde se incluirían los ensayos característicos de dosificación (Art. 86.4.1.)

2.2.- Control durante el suministro (Art. 86.5)

● **CONTROL DOCUMENTAL DEL SUMINISTRO:**

Cada suministro irá acompañado de un albarán, que debe ser verificado por la DF

● **CONTROL DE LA DOCILIDAD:**

Los ensayos de consistencia se realizarán:

- Cuando se fabriquen probetas para control de resistencia
- Siempre que lo indique la DF o el Pliego de Prescripciones Técnicas

El incumplimiento de los criterios de aceptación implica el rechazo del suministro

● **CONTROL DE LA RESISTENCIA:**

Control Estadístico (control habitual)

El control estadístico del hormigón requiere una previa planificación de la ejecución de la obra y su división en lotes de control, conforme a la tabla 86.5.4.1.

Tabla 86.5.4.1. EHE-08 (Hormigones sin DCOR)

Límite superior	TIPO 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	--

Para cada uno de los lotes, en función de la resistencia de proyecto (tabla 86.5.4.2), se realizarán los siguientes ensayos:

Resistencia característica especificada en proyecto f_{ck} (N/mm ²)	Número de amasadas a controlar por lote
$f_{ck} \leq 30$	$N \geq 3$
$35 \leq f_{ck} \leq 50$	$N \geq 4$
$f_{ck} > 50$	$N \geq 6$

Se debe verificar para cada uno de los lotes de control el cumplimiento del criterio de aceptación, denominado "*Control de recepción*", con dos situaciones:

- Caso 2 (hasta el 36º resultado de control en la obra)

$$f(\bar{x}) = \bar{x} - K_2 \cdot r_N \geq f_{ck}$$

Donde $f(\bar{x})$ es la función de aceptación, \bar{x} es el valor medio de las ensayos, K_2 es un coeficiente (tabla 86.5.4.3.b), r_N es el valor del recorrido muestral, definido como $x_{(N)} - x_{(1)}$ (diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de los resultados), y f_{ck} es el valor de la resistencia de proyecto

- Caso 3 (a partir del 37º resultado de control en la obra, para hormigón fabricado de forma continua en central de obra o suministrado de forma continua por la misma central de hormigón preparado):

$$f(x_{(1)}) = x_{(1)} - K_3 \cdot s_{35}^* \geq f_{ck}$$

Donde $f(x_{(1)})$ es la función de aceptación, $x_{(1)}$ es el valor mínimo de los ensayos obtenido en la última amasada, K_3 es un coeficiente (tabla 86.5.4.3.b), s_{35}^* es el valor de la desviación típica muestral de los últimos 35 resultados, y f_{ck} es el valor de la resistencia de proyecto

Coeficiente	Numero de amasadas controladas (N)			
	3	4	5	6
K_2	1,02	0,82	0,72	0,66
K_3	0,85	0,67	0,55	0,43

Control al 100 por 100

Se debe verificar el cumplimiento del criterio de aceptación:

$$f_{c,real} \geq f_{ck}$$

Donde $f_{c,real}$ es el valor que corresponde al cuantil del 5% en la distribución de resistencia a compresión del hormigón suministrado a la obra (si el número de ensayos es menor o igual a 20 sería el valor de la resistencia más baja), y f_{ck} es el valor de la resistencia de proyecto

Control Indirecto

Este tipo de control no es aplicable a los hormigones sin DCOR

2.3.- Decisiones derivadas del control durante el suministro

La DF aceptará el lote cuando se cumpla el criterio de aceptación según la modalidad de control de la resistencia adoptada.

En otros casos, se procederá conforme se detalla en los puntos 3-4 de esta guía.

2.4.- Documentación posterior al suministro (Art. 86.6 y Anejo 21)

• CERTIFICADO DE SUMINISTRO:

El fabricante proporcionará un Certificado de Suministro conforme al Anejo 21 de EHE-08, firmado por persona física con poder de representación suficiente

Si se han empleado hormigones con cemento SR, se adjuntará copia de los albaranes o del certificado de entrega del cemento SR

3.- METODOLOGÍA CON RESULTADOS DE CONTROL EN OBRA DESFAVORABLES

Cuando se hayan obtenido resultados de los ensayos de control del hormigón en obra desfavorables, el artículo 86.7.3 de EHE-08 señala los pasos a seguir.

3.1.- Control estadístico desfavorable: caso de hormigones con DCOR

De forma previa a cualquier otra actuación, y exclusivamente para los hormigones en posesión de DCOR, la DF aceptará el lote cuando se verifiquen las siguientes circunstancias:

- Los valores individuales son superiores a $0,90 \cdot f_{ck}$
- Tras revisar los resultados de control de producción del fabricante, se cumple que:

$$\bar{x} - 1,645 \cdot \sigma \geq 0,90 \cdot f_{ck}$$

Siendo \bar{x} el valor medio del conjunto de los últimos 14 resultados del control de producción, anteriores al no conforme, más el resultado no conforme, y σ la desviación típica de la producción del hormigón suministrado, certificada por el distintivo de calidad.

Si ambos requisitos no se hubieran satisfecho, se actuará de igual forma a como se describe en el caso del control estadístico de hormigones sin DCOR.

3.2.- Control estadístico desfavorable: caso de hormigones sin DCOR

En estas situaciones, la DF valorará la aceptación, refuerzo o demolición de los elementos construidos con el hormigón del lote a partir de la información obtenida mediante la aplicación gradual de los siguientes procedimientos:

- a) en primer lugar, por iniciativa propia o a petición de cualquiera de las partes, la DF dispondrá la realización de **ensayos de información complementaria**, conforme a lo dispuesto en el apartado 86.8, al objeto de comprobar si la resistencia característica del hormigón real de la estructura, se corresponde con la especificada en el proyecto. Dichos ensayos serán realizados por un laboratorio acordado por las partes y conforme con el apartado 78.2.2

- b) en el caso de que los ensayos de información confirmen los resultados obtenidos en el control, por iniciativa propia o a petición de cualquiera de las partes, la DF encargará la realización de un **estudio específico de la seguridad** de los elementos afectados por el hormigón del lote sometido a aceptación, en el que se compruebe que es admisible el nivel de seguridad que se obtiene con los valores de resistencia del hormigón realmente colocado en la obra. Para ello, deberá estimarse la resistencia característica del hormigón a partir de los resultados del control o, en su caso, a partir de ensayos de información complementaria

- c) en su caso, la DF podrá ordenar el ensayo del comportamiento estructural del elemento realmente construido, mediante la **realización de pruebas de carga**, de acuerdo con el artículo 79º

La DF podrá también considerar, en su caso, los resultados obtenidos en ensayos realizados sobre probetas adicionales de las que se dispusiera, siempre que se hubieran fabricado en la misma toma de muestras que las probetas de control y procedan de las mismas amasadas que las que se están analizando.

En el Apartado 4 se detalla la metodología de procedimientos de ensayos complementarios, estudios de seguridad, pruebas de carga, etc.

3.3.- Control indirecto desfavorable: siempre en hormigones con DCOR

La DF valorará la aceptación de los elementos construidos con el hormigón del lote a partir de la información del control de producción del hormigón, facilitada por el suministrador.

4.- EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL HORMIGÓN CON CONTROLES DE OBRA DESFAVORABLES

4.1.- ACTUACIONES INICIALES

- a) En primer lugar, **se comprobará el procedimiento seguido en la realización de los ensayos para la obtención del resultado**, al objeto de detectar posibles causas ajenas a las características del hormigón servido (cumplimiento de las Normas UNE reglamentarias, metodologías de los ensayos, condiciones de permanencia de las probetas en obra, etc.)
- b) **Se comprobarán los datos aportados por el fabricante** relativos a: la dosificación, garantías de calidad, los resultados del control de producción realizados por laboratorios de control, o resultados de otros controles de recepción de hormigones similares suministrados en las mismas fechas y posibles incidencias en otros suministros; todo ello, con el objetivo de delimitar el posible alcance de la anomalía detectada. En función de las comprobaciones anteriores, se valorará la representatividad del resultado para calificar el hormigón
- c) Si el resultado a edades inferiores a 28 días hiciera suponer que no se alcanzará el valor exigido a 28 días, es conveniente **consultar curvas de recuperación de resistencias con el fabricante** para bien esperar resultados a 28 días, o bien adoptar otras decisiones
- d) En función de los resultados obtenidos a la edad de 28 días, y si ello fuera posible, se valorará la conveniencia de esperar a la obtención de **resultados a edades superiores** (60 ó 90 días)
- e) En su caso, la Dirección Facultativa, **a petición o acuerdo de las partes** que pueden incurrir en responsabilidades al respecto, valorará la aceptación, refuerzo o demolición de los elementos construidos, mediante la aplicación gradual de los siguientes procedimientos: Ensayos de Información Complementaria, Estudio de Seguridad y Pruebas de carga. Cuando se realicen los ensayos de información complementaria, y dado el objeto que persiguen, se recomienda que la propiedad y el suministrador designen de mutuo acuerdo al laboratorio que los realice (comentarios art. 86.7.3.1 EHE-08)

En cualquier caso, y conforme a lo establecido en el Art. 3º de la Instrucción EHE-08, la Dirección Facultativa podrá, en uso de sus atribuciones, bajo su personal responsabilidad y previa conformidad de la Propiedad, adoptar soluciones alternativas (mediante sistemas de cálculo, disposiciones constructivas, procedimientos de control, etc., diferentes), siempre que se justifique documentalmente que la estructura cumple las exigencias de la Instrucción porque sus prestaciones son, al menos, equivalentes a las que se obtendrían por la aplicación de los procedimientos de ésta.

4.2.- ENSAYOS DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Los ensayos de información complementaria que la Instrucción EHE-08 (Art. 86.8) detalla son:

- probetas de hormigón en condiciones de conservación no normalizadas, sino lo más parecidas posibles a aquéllas en las que se encuentra el hormigón cuya resistencia se pretende estimar
- probetas testigo extraídas del hormigón endurecido
- métodos no destructivos: índice de rebote y velocidad de propagación de ultrasonidos

4.2.1.- Ensayos de probetas en condiciones de conservación no normalizadas

Estos ensayos son de imposible aplicación a situaciones con desfavorables resultados obtenidos en el control en obra del hormigón mediante ensayos normalizados, ya que se encuentran encaminados a estimar la resistencia en condiciones análogas a las de la obra.

4.2.2.- Ensayos de testigos de hormigón

La interpretación de los resultados proporcionados por testigos extraídos de una estructura es siempre delicada, y nos proporcionan información directa sobre el hormigón in-situ, tal como existe en el elemento en el momento de la extracción, que es el resultado final de la calidad del hormigón suministrado por el suministrador y de la correcta ejecución y curado por parte del constructor.

Estos resultados no son directamente comparables con los obtenidos a partir de probetas cilíndricas normalizadas según lo establecido en la Instrucción EHE-08. Las probetas cilíndricas miden la calidad del hormigón a pie de obra, en condiciones de plena compactación y curado ideal durante 28 días previos a la realización del ensayo de compresión.

El hormigón de la estructura habrá sido curado según un procedimiento distinto, casi siempre más desfavorable que las condiciones de conservación estándar, y posiblemente haya sido colocado con un grado de compactación menor.

Entre los factores que pueden influir a la hora de valorar los resultados obtenidos sobre testigos, está el modo en que se ha realizado la puesta en obra del hormigón.

En el vertido y colocación de las masas, incluso cuando estas operaciones se realicen de un modo continuo mediante conducciones apropiadas, se adoptarán las debidas precauciones para evitar la disgregación de la masa. El vertido del hormigón en caída libre, si no se realiza desde pequeña altura (inferior a dos metros), produce inevitablemente, la disgregación de la masa. Este mismo efecto ocurre por la inadecuada compactación del hormigón. Se puede producir una capa superficial débil, por un exceso de vibrado, o una excesiva permeabilidad en caso contrario. Ni que decir tiene, por último, la influencia del curado, donde se asegurará el mantenimiento de la humedad para evitar modificar las propiedades del hormigón en su parte más expuesta. (art.71.5 EHE-08)

A la hora de evaluar si los resultados obtenidos en los ensayos complementarios realizados sobre los elementos del hormigón ya endurecido (testigos de hormigón) son satisfactorios o no lo son, y a diferencia de lo que sucede con las probetas realizadas del hormigón fresco, la Instrucción EHE-08 carece de articulado o indicación alguna que permita realizar esa evaluación.

Para la estimación de los valores obtenidos, se recomienda la adopción de la **Norma UNE-EN 13791:2009** (Evaluación de la resistencia a compresión in-situ en estructuras y elementos prefabricados de hormigón).

Esta Norma de ámbito europeo, aprobada por AENOR en Mayo de 2009 (con fecha de publicación en el Boletín Oficial del Estado nº 183 de fecha 30 de Julio de 2009), proporciona una orientación para interpretar los resultados obtenidos a partir de testigos de hormigón.

En el punto 9 de la Norma detalla el procedimiento a seguir para la "EVALUACIÓN CUANDO EXISTE DUDA SOBRE LA CONFORMIDAD DEL HORMIGÓN BASADA EN ENSAYOS NORMALIZADOS", detallando que se puede estimar que la región contiene hormigón con resistencia adecuada cuando se verifican los siguientes criterios:

ÁMBITO	Nº DE ENSAYOS COMPLEMENTARIOS		CRITERIO ACEPTACIÓN
	TESTIGOS	INDIRECTOS	
Región de ensayo que comprenda varias amasadas de hormigón, con al menos 15 o más resultados de testigos	≥15	--	$f_{m(n),is} \geq 0,85 (f_{ck} + 1,48 \cdot \sigma)$ y $f_{is,mínimo} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$
Alternativamente, por acuerdo entre las partes, si existen 15 o más resultados de ensayos indirectos y se han extraído al menos 2 testigos de los lugares que presentan resistencias más bajas	≥2	≥15	$f_{is,mínimo} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$
En una región pequeña que contenga una o unas pocas amasadas de hormigón, el prescriptor puede emplear su experiencia para seleccionar 2 lugares para la extracción de testigos	≥2	--	$f_{is,mínimo} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$

donde $f_{m(n),is}$ es el valor medio de los n resultados de los ensayos de resistencia a compresión; σ es la desviación estándar; y $f_{is,mínimo}$ sería el resultado mínimo del ensayo de resistencia a compresión in situ obtenido a partir de testigos extraídos.

Si los valores de testigos obtenidos superan esos criterios, el hormigón se admitirá. En otros casos, se realizará un recálculo estructural o estudio de seguridad, así como la determinación de responsabilidades: incumplimiento de la especificación del hormigón; una compactación deficiente; adición incontrolada de agua en la obra; u otras.

Antes de tomar una decisión en base a los resultados obtenidos en ensayos sobre testigos, se deben considerar otros factores que afectan a la resistencia a compresión de estos, y que se adoptarán según criterio de la Dirección Facultativa. Entre los factores que pueden influir destacamos la porosidad, dirección de extracción del testigo, geometría y esbeltez, tipo de refrentado o pulido, presencia de armaduras o coqueas, etc. (ver anexos de la citada norma UNE-EN 13791:2009).

4.2.3.- Ensayos no destructivos

Su realización complementaría a los ensayos descritos en apartados anteriores 4.2.1 y 4.2.2 (probetas no en condiciones normalizadas, y testigos), y estarán debidamente correlacionados con ellos.

4.3.- ESTUDIO DE SEGURIDAD

Para la realización del estudio de seguridad de los elementos afectados por el hormigón del lote sometido a aceptación se debe incluir, entre otros parámetros, la determinación de la resistencia característica a compresión del hormigón deducida de los resultados del control o, en su caso, de ensayos de información complementaria en base a consideraciones estadísticas del muestro: número de testigos, dispersiones de los valores obtenidos, posibilidad de diferenciar "familias" de hormigón", características de la estructura, etc.

La determinación de la resistencia característica in-situ estimada del hormigón se puede obtener conforme a la citada Norma UNE-EN 13791:2009 en su apartado 7: "*Evaluación de la resistencia característica in-situ mediante testigos*".

Si se disponen de **al menos 15 resultados de testigos**, la resistencia característica in situ de la región de ensayos es el menor valor entre:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \cdot \sigma$$

ó

$$f_{ck,is} = f_{is,minimo} + 4$$

donde $f_{ck,is}$ es el valor de la resistencia característica a compresión in situ; $f_{m(n),is}$ es el valor medio de los n resultados de los ensayos de resistencia a compresión; σ es la desviación estándar ó 2,0 N/mm² (cualesquiera que sea el mayor valor); y $f_{is,minimo}$ sería el resultado mínimo del ensayo de resistencia a compresión in situ obtenido a partir de testigos extraídos.

Si se disponen **de 3 a 15 resultados de testigos**, la resistencia característica in situ de la región de ensayos es el menor valor entre:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k$$

ó

$$f_{ck,is} = f_{is,minimo} + 4$$

El valor k depende del número de testigos extraídos:

Número de testigos	k
de 10 a 14	5
de 7 a 9	6
de 3 a 6	7

No obstante, conviene recordar que para la determinación del nivel de seguridad de los elementos sometidos a aceptación habría que tener en cuenta las posibles consecuencias del fallo estructural (afección por fisuras, costo económico, etc.), el periodo de vida útil de la estructura, el nivel de supervisión del proyecto, el nivel de control de ejecución de las obras, los niveles de inspección, etc.

Se recomienda que la evaluación de la seguridad de un elemento estructural en función de los resultados obtenidos en ensayos de control y en los ensayos complementarios se realice por técnicos suficientemente especializados.

4.4.- REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE CARGA

La Dirección Facultativa decidirá cuando se realiza este tipo de ensayos, cuya aplicación fundamental sería para elementos sometidos a flexión.

Las pruebas de carga las efectuará una organización con experiencia en este tipo de trabajos, siguiendo los criterios del Artículo 101.2 de la instrucción EHE-08.

Legislación, Normas y Bibliografía:

- Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08. RD 1247/2008 de 18 de julio de 2008
- Decreto 238/1996, de 22 de octubre, del Gobierno Vasco, por el que se regula el Control de la calidad en la construcción
- Orden de 16 de abril de 2008, del Consejero de Vivienda y Asuntos Sociales del Gobierno Vasco, por la que se procede a la publicación de las fichas normalizadas para la confección del Libro de Control de Calidad, según dispone el Decreto 238/1996, de 22 de octubre, por el que se regula el Control de Calidad en la Construcción
- UNE-EN 12504-1:2001. Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 1: Testigos. Extracción, examen y ensayo a compresión. Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR
- UNE-EN 13791:2009. Evaluación de la resistencia a compresión in-situ en estructuras y elementos prefabricados de hormigón. Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR

ANEJO N° 1

TABLAS RESUMENES DE DOCUMENTACIÓN Y CONTROL

FICHA DE DOCUMENTACIÓN Y CONTROL DEL HORMIGÓN SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE-08 (I)

CONTROL PREVIO AL SUMINISTRO (Art. 86.4)		CON DCOR	SIN DCOR
MATERIAS PRIMAS	Cemento	NO SE PRECISA	Marcado CE, ó Certificación de Conformidad R.D. 1313/1988 Otros casos: copia de ensayos según R.D. 1328/1995 Copia del Distintivo de Calidad, si dispone del mismo
	Agua		Si es potable procedente de red: se exime ensayar Otras aguas, ensayos de periodicidad semestral
	Áridos		Marcado CE Si son de autoconsumo: ensayos de periodicidad trimestral Copia del Distintivo de Calidad, si dispone del mismo
	Aditivos		Marcado CE Otros casos: ensayos de periodicidad semestral Copia del Distintivo de Calidad, si dispone del mismo
	Adiciones		Marcado CE Otros casos: copia de ensayos según Art. 30.2 de EHE-08
CERTIFICADO DE DOSIFICACIÓN		NO SE PRECISA	Modelo definido en el Anejo 22 de EHE-08

FICHA DE DOCUMENTACIÓN Y CONTROL DEL HORMIGÓN SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE-08 (II)

CONTROL DURANTE EL SUMINISTRO (Art. 86.5)		CON DCOR	SIN DCOR
CONTROL DOCUMENTAL DEL SUMINISTRO		Albarán de suministro	Albarán de suministro
		Cuando se fabriquen probetas	Cuando se fabriquen probetas
CONTROL DE LA DOCILIDAD (consistencia)		Todas las amasadas con control indirecto	---
		Siempre que lo indique la DF o el Pliego	Siempre que lo indique la DF o el Pliego
CONTROL DE LA RESISTENCIA	Control Estadístico	$x_i \geq f_{ck}$	Caso 2 (hasta el 36º resultado de control en obra) $f(\bar{x}) = \bar{x} - K_2 \cdot r_N \geq f_{ck}$ Caso 3 (a partir del 37º resultado de control en obra) $f(x_{(1)}) = x_{(1)} - K_3 \cdot s_{35}^* \geq f_{ck}$
	Control al 100 por 100	$f_{c,real} \geq f_{ck}$	$f_{c,real} \geq f_{ck}$
	Control Indirecto	Consistencia: al menos 4 ensayos/día	----
DOCUMENTACIÓN POSTERIOR AL SUMINISTRO (Art. 86.6)		EN TODOS LOS CASOS (CON O SIN DCOR):	
CERTIFICADO DE SUMINISTRO		Certificado de Suministro (Modelo definido en el Anejo 21 de EHE-08) En su caso, copia de albaranes o certificado del cemento SR	

TAMAÑOS MÁXIMOS DE LOS LOTES PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO

Límite superior	TIPO 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.)	
	CON DCOR	SIN DCOR	CON DCOR	SIN DCOR	CON DCOR	SIN DCOR
Volumen de hormigón	500 m ³	100 m ³	500 m ³	100 m ³	500 m ³	100 m ³
Tiempo de hormigonado	6 semanas	2 semanas	6 semanas	2 semanas	5 semanas	1 semana
Superficie construida	2.500 m ²	500 m ²	5.000 m ²	1.000 m ²	--	--
Número de plantas	10	2	10	2	--	--

NÚMERO DE AMASADAS A CONTROLAR POR CADA LOTE EN EL CONTROL ESTADÍSTICO

Resistencia característica especificada en proyecto f_{ck} (N/mm ²)	Número de amasadas a controlar por lote	
	CON DCOR	SIN DCOR
$f_{ck} \leq 30$	$N \geq 1$	$N \geq 3$
$35 \leq f_{ck} \leq 50$	$N \geq 1$	$N \geq 4$
$f_{ck} > 50$	$N \geq 2$	$N \geq 6$

ANEJO N° 2

LINKS PARA CONOCER LA RELACIÓN DE CENTRALES CON DOCR Y ORGANISMOS CERTIFICADORES

[http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ORGANOS_COLEGIADOS/CPH/Distintivos/
DistintivoCalidadHormigon.htm](http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ORGANOS_COLEGIADOS/CPH/Distintivos/DistintivoCalidadHormigon.htm)

http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ORGANOS_COLEGIADOS/CPH/Distintivos/

ANEJO N° 3

FICHAS NORMALIZADAS PARA CONFECCIÓN DEL LIBRO DE CONTROL DE CALIDAD HORMIGÓN EHE-08

ANEJO N° 4

NOTACIONES

f_{ck}	Valor de la resistencia de proyecto del hormigón a compresión
$f_{ck, is}$	Valor de la resistencia característica del hormigón a compresión obtenida "in situ"
$f_{c, real}$	Valor de la resistencia característica real del hormigón a compresión; se corresponde al cuantil del 5% en la distribución de resistencia a compresión del hormigón suministrado a la obra
$f_{is, mínimo}$	Valor del resultado mínimo del ensayo de resistencia del hormigón a compresión obtenida "in situ"
$f_{m(n), is}$	Valor medio de los "n" resultados de los ensayos de resistencia del hormigón a compresión obtenidos "in situ"
$f(\bar{x})$	Función de aceptación del control estadístico de resistencia del hormigón a compresión (art. 86.5.4.2, caso 2º)
$f(x_{(1)})$	Función de aceptación del control estadístico de resistencia del hormigón a compresión (art. 86.5.4.2, caso 3º)
K_2	Coeficiente (tabla 86.5.4.3.b)
K_3	Coeficiente (tabla 86.5.4.3.b)
r_N	Valor del recorrido muestral, definido como $x_{(N)} - x_{(1)}$ (diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de los resultados de resistencia del hormigón a compresión)
s_{35}^*	Desviación típica muestral de los últimos 35 resultados
x_i	Cada uno de los valores medios obtenidos en la determinación de resistencia de cada amasada
$x_{(N)}$	Valor máximo de los resultados de los ensayos de resistencia del hormigón a compresión
$x_{(1)}$	Valor mínimo de los resultados de los ensayos de resistencia del hormigón a compresión
\bar{x}	Valor medio de las ensayos de resistencia del hormigón a compresión
σ	Desviación típica o estándar. Para aplicación al control de resistencia del hormigón, se refiere al control de producción del hormigón suministrado, y debe estar certificada por el distintivo de calidad

ANEJO N° 5

LINKS DE INTERÉS

Comisión Permanente del Hormigón:

http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ORGANOS_COLEGIADOS/CPH/

ANEFHOP (Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado):

<http://www.anefhop.com/>

EKLAE (Asociación de Laboratorios de Control de Calidad de la Comunidad Autónoma Vasca):

<http://www.eklae.es/>

Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Departamento de Vivienda, Obras Públicas y Transportes del Gobierno Vasco

http://www.garraioak.ejgv.euskadi.net/r41-9385/es/contenidos/informacion/2575/es_2151/es_11804.html