

Anexo X. Control del hormigón para elementos prefabricados, según la EHE-08

Esta modalidad de control es de aplicación voluntaria en los elementos prefabricados de hormigón estructurales que estén obligados a tener el marcado CE, a fin de permitir al fabricante que pueda aplicar legalmente un coeficiente parcial de seguridad del hormigón de 1,50 (según se establece en los Artículos 86.9. y 91.1. de la EHE-08).

Justificación de este documento

La EHE-08 contempla en su Artículo 91.1 "Criterios generales para el control de la conformidad de los elementos prefabricados", tres niveles de garantía para los elementos prefabricados de hormigón estructural:

- a) En el caso general de elementos prefabricados elaborados con hormigón conforme a la Norma Europea **UNE-EN 206-1:2008 (marcado CE simple)** se empleará en el proyecto del elemento prefabricado un **coeficiente de ponderación**, en situación persistente o transitoria, de **1,70** para el **hormigón y 1,15 para el acero**.
- b) El prefabricador puede optar por fabricar el hormigón conforme a los criterios establecidos en la **EHE-08 (Artículo 86.9.)**, de forma voluntaria para productos con marcado CE y obligatoria para aquellos productos prefabricados de hormigón estructurales que estén exentos del mismo, realizado con certificado de Organismo externo acreditado que verifique el cumplimiento de los requisitos que a este respecto contemple la EHE-08, con lo que se le aplicará a la resistencia característica de los productos que fabrique con este tipo de control, un coeficiente de ponderación de **1,50 (y 1,15 para el acero)**.
- c) Dichos coeficientes podrán disminuirse hasta **1,35 y 1,10**, respectivamente, en el caso de que elemento prefabricado esté en posesión de un **Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.)** con un nivel de garantía conforme al Art. 5.3. del Anejo 19 de la Instrucción, siempre y cuando se cumplan otra serie de condiciones (según Art. 15.3. de la EHE-08). Es además obligatorio el marcado CE de aquellos productos que así lo requieran.

Niveles de control	Situación reglamentaria	Coeficientes parciales	
		Hormigón	Acero
Marcado CE (simple)	Nivel básico. Obligatorio para productos con marcado CE	1,70	1,15
Marcado CE + control hormigón según EHE-08	De aplicación voluntaria para productos con marcado CE, para poder reducir el coeficiente del hormigón	1,50	1,15
Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (incluye marcado CE)	De aplicación voluntaria para productos con marcado CE, para poder reducir los coeficientes del hormigón y del acero	1,35	1,10

El objeto de este anexo es determinar el procedimiento a seguir por el fabricante de elementos prefabricados de hormigón estructurales que dispongan de marcado CE obligatorio y que voluntariamente quiera certificar que fabrica el hormigón conforme a la EHE-08, y al Organismo externo acreditado poder comprobarlo, de forma que éste pueda emitir el correspondiente certificado que avale que el fabricante sigue dicho control y, en definitiva, que el fabricante está en condiciones legales de aplicar un valor de 1,50 como coeficiente parcial de seguridad del hormigón en el proyecto estructural de cálculo de los elementos prefabricados.

El Art.86.9. de la EHE-08, "Control del hormigón para la fabricación de elementos prefabricados" establece lo siguiente:

- 1) Esta modalidad de control es de aplicación general a los hormigones de autoconsumo fabricados en centrales fijas ubicadas en instalaciones destinadas a la fabricación industrial de elementos prefabricados estructurales.
- 2) Son de aplicación los criterios especificados establecidos para los materiales en el Art.85 y los ensayos indicados en el Art.86.3.

1. Materiales

Se aplicará el Artículo 85 de la EHE-08 "Criterios específicos para la comprobación de la conformidad de los materiales componentes del hormigón":

1.1. Control

1.1.1. Cementos

La comprobación de la conformidad del cemento se efectuará de acuerdo con la reglamentación específica vigente, es decir, la Instrucción RC-08 (Capítulo III Recepción).

La RC-08 establece que la recepción de cementos comprende tres fases:

- Control de la documentación (marcado CE y/o Distintivos de Calidad) y del etiquetado, según Art.6.2.2.1.
- Control del suministro mediante inspección visual, según Art.6.2.2.2.
- En caso necesario, control mediante ensayos, según Art.6.2.2.3.

NOTA INFORMATIVA: El marcado CE simple de los productos prefabricados de hormigón estructurales ya implica la realización de las siguientes comprobaciones sobre los cementos empleados que no hayan sido sometidos a una evaluación de la conformidad previa (es decir, cementos que no tengan marcado CE), con las frecuencias indicadas en el apartado 1 de la Tabla D.2.2. de la Norma Europea UNE-EN 13369 "Reglas comunes para Productos prefabricados de hormigón":

Método	Objetivo	Frecuencia
<i>Métodos de ensayo adecuados</i>	<i>Conformidad con los requisitos (véase el apartado 4.1.2 Materiales constituyentes del hormigón)</i>	<i>Cada entrega</i>

1.1.2. Áridos

Salvo en el caso al que se refiere el párrafo siguiente, los áridos deberán disponer del marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+, por lo que su idoneidad se comprobará mediante la verificación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al citado marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el proyecto y en el artículo 28 de esta Instrucción.

En el caso de áridos de autoconsumo, el Constructor o, en su caso, el Suministrador de hormigón o de los elementos prefabricados, deberá aportar un certificado de ensayo, con antigüedad inferior a tres meses, realizado por un laboratorio de control según el Art. 78.2.2.1 que demuestre la conformidad del árido respecto a las especificaciones contempladas en el proyecto y en el artículo 28 de esta Instrucción, con un nivel de garantía estadística equivalente que el exigido para los áridos con marcado CE en la norma UNE EN 12620.

NOTA INFORMATIVA: El marcado CE simple de los productos prefabricados de hormigón estructurales ya implica la realización de las siguientes comprobaciones sobre los áridos empleados que no hayan sido sometidos a una evaluación de la conformidad previa (es decir, áridos que no tengan marcado CE), con las frecuencias indicadas en los apartados 2, 3, 4 y 5 de la Tabla D.2.2. de la Norma Europea UNE-EN 13369 "Reglas comunes para Productos prefabricados de hormigón":

Métodos	Objetivo	Frecuencia
<i>Inspección visual de la granulometría y las impurezas previa a la descarga</i>	<i>Conformidad con los requisitos (véase el apartado 4.1.2 Materiales constituyentes del hormigón)</i>	<i>- Cada entrega - En caso de entrega por cinta transportadora y de la misma fuente, periódicamente dependiendo de las condiciones locales o de entrega</i>
<i>Análisis tamizado según la Norma Europea EN 933-1</i>	<i>Evaluar la conformidad con la granulometría acordada</i>	<i>- 1ª entrega de una nueva fuente - En caso de duda, siguiendo una inspección visual</i>
<i>Método de ensayo adecuado</i>	<i>Valoración de impurezas o contaminantes</i>	<i>- Periódicamente, dependiendo de las condiciones locales o de entrega</i>
<i>Ensayo de absorción de agua según la Norma Europea EN 1097-6</i>	<i>Evaluación del contenido efectivo de agua en el hormigón (véase el apartado 5.4.2 Contenido de cemento y relación agua/cemento de la EN-206)</i>	<i>- 1ª entrega de una nueva fuente - En caso de duda, siguiendo una inspección visual</i>

1.1.3. Aditivos

La conformidad de los aditivos que dispongan de marcado CE, se comprobará mediante la verificación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al citado marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el proyecto y en el artículo 29 de esta Instrucción.

En el caso de aditivos que, por no estar incluidos en las normas armonizadas, no dispongan de marcado CE, el Constructor o, en su caso, el Suministrador de hormigón o de los elementos prefabricados, deberá aportar un certificado de ensayo, con antigüedad

inferior a seis meses, realizado por un laboratorio de control según el Art. 78.2.2.1 que demuestre la conformidad del aditivo a las especificaciones contempladas en el proyecto y en el artículo 29 de esta Instrucción, con un nivel de garantía estadística equivalente que el exigido para los aditivos con marcado CE en la norma UNE EN 934-2.

NOTA INFORMATIVA: El marcado CE simple de los productos prefabricados de hormigón estructurales ya implica la realización de las siguientes comprobaciones sobre los aditivos empleados que no hayan sido sometidos a una evaluación de la conformidad previa (es decir, aditivos que no tengan marcado CE), con las frecuencias indicadas en los apartados 6, 7 y 8 de la Tabla D.2.2. de la Norma Europea UNE-EN 13369 "Reglas comunes para Productos prefabricados de hormigón":

Objeto	Método	Objetivo	Frecuencia
Aditivos	Inspección visual	Conformidad con la apariencia normal	Cada entrega
	Ensayo según Norma Europea EN 934-2	Densidad uniforme	
	Ensayos de identificación según la Norma Europea EN 934-2 (por ejemplo: densidad, infrarrojos, etc.)	Conformidad con los datos aportados por el fabricante	En caso de duda

1.1.4. Adiciones

La conformidad de las adiciones que dispongan de marcado CE, se comprobará mediante la verificación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al citado marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el proyecto y en el artículo 30 de esta Instrucción.

NOTA INFORMATIVA: El marcado CE simple de los productos prefabricados de hormigón estructurales ya implica la realización de las siguientes comprobaciones sobre las adiciones empleadas que no hayan sido sometidas a una evaluación de la conformidad previa (es decir, adiciones que no tengan marcado CE), con las frecuencias indicadas en los apartados 9 y 10 de la Tabla D.2.2. de la Norma Europea UNE-EN 13369 "Reglas comunes para Productos prefabricados de hormigón":

Método	Objetivo	Frecuencia
Inspección visual	Conformidad con la apariencia normal	- Cada entrega
Método de ensayo adecuado	Densidad uniforme	- Periódicamente durante la producción de hormigón
Ensayo de pérdida al fuego	Identificación de cambios en el contenido de carbono que puedan afectar al hormigón con aire ocluido ⁶	- Cada entrega que se vaya a realizar de hormigón con aire ocluido

1.1.5. Agua

Se podrá eximir de la realización de los ensayos cuando se utilice agua potable de red de suministro.

En otros casos, la Dirección Facultativa, o el Responsable de la recepción en el caso de centrales de hormigón preparado o de la instalación de prefabricación, dispondrá la realización de los correspondientes ensayos en un laboratorio de los contemplados en el Art. 78.2.2.1, que permitan comprobar el cumplimiento de las especificaciones del artículo 27 con una periodicidad semestral.

NOTA INFORMATIVA: El marcado CE simple ya implica la realización de las siguientes comprobaciones sobre el agua empleada que no haya sido sometida a una evaluación de la conformidad previa, con las frecuencias indicadas en los apartados 12, 13 y 14 de la Tabla D.2.2. de la Norma Europea UNE-EN 13369 "Reglas comunes para Productos prefabricados de hormigón":

Objetos	Método	Objetivo	Frecuencia
Agua no procedente de una red de distribución pública	Ensayo según Norma Europea EN 1008	Determinar que el agua no contiene sustancias perjudiciales	- 1 ^{er} uso de una nueva fuente - Agua de un curso de agua libre: mínimo 3 veces al año, dependiendo de las condiciones locales - Otras fuentes: una vez al año - En caso de duda
Agua reciclada	Inspección visual	Comprobar el contenido de sólidos y de contaminantes (véase el apartado 4.1.2 Materiales constituyentes del hormigón de la UNE-EN 13369)	Semanalmente
	Ensayo según EN 1008		En caso de duda

1.2. Criterios de conformidad

En caso de que el prefabricador detecte algún incumplimiento en el autocontrol de las materias primas que utiliza, al tratarse de un simple un control documental en la mayoría de los casos, procederá a analizar las causas que lo motivaron, informando a proveedores, y estableciendo una paralización del lote afectado hasta resolución de las causas que lo motivaron con rechazo en caso de no justificación.

2. Ensayos de autocontrol del hormigón

2.1. Controles

Se aplicará el Artículo 86.3. de la EHE-08 "Realización de los ensayos", siendo las características objeto de control las siguientes: docilidad, resistencia característica del hormigón y ensayos de penetración de agua. Se indican además, aquellos parámetros de control que ya están implícitos en el marcado CE.

En general, la comprobación de las especificaciones de esta Instrucción 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 ensayos igual o superior a dos.

** Según el Art.31.2. se entiende por amasada la cantidad de hormigón fabricada de una sola vez. No obstante, se puede tomar en su lugar la cantidad de hormigón que se fabrique en un periodo determinado de tiempo, siempre que sea en las mismas condiciones esenciales (cantidad y tipo de materiales, condiciones de trabajo, etc.). Por ejemplo: lo que entra de una sola vez en la mezcladora ($\leq 2m^3$).*

Se distinguen dos tipos de hormigón:

- Hormigones convencionales
- Hormigones autocompactantes

Según el Art.39.2. de la Instrucción, los hormigones se tipifican de acuerdo con el siguiente formato: T - R / C / TM / A , donde:

- T: HM en el caso de hormigón en masa, HA en el caso de hormigón armado y HP en el de pretensado.
- R: Resistencia característica especificada del hormigón a compresión a 28 días, en N/mm². Se recomienda utilizar la siguiente serie: 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100
- C: Letra inicial del tipo de consistencia, tal y como se define en 31.5. En el caso de hormigones autocompactantes, cuya docilidad se determina por métodos de ensayos propios, se designará como AC (ver Anejo 17).
- TM: Tamaño máximo del árido en milímetros, definido en el Art.28.3.
- A: Designación del ambiente, de acuerdo al Art.8.2.1.

2.1.1. Ensayos de docilidad del hormigón

2.1.1.1. Hormigones convencionales

Determinación de la consistencia del hormigón fresco según UNE-EN 12350-2 (Cono de Abrams), pudiendo utilizar el ensayo Vebe en el caso de hormigones de consistencia seca según UNE-EN 12350-3 (según comentarios Art.31.5.).

Cuando el valor obtenido esté dentro de las tolerancias marcadas se aceptará. La desviación de estos criterios implicará la evaluación y su justificación.

Tabla 2.1.1.1.

Según Tabla 31.5.		Según Tabla 86.5.2.1.		Frecuencia control
Tipo de consistencia	Asentamiento (cm)	Tolerancia (cm)	Intervalo resultante (cm)	
Seca (S)	0-2	0	0-2	Por cada amasada para el ensayo de resistencia
Plástica (P)	3-5	±1	2-6	
Blanda (B)	6-9	±1	5-10	
Fluida (F)	10-15	±2	8-17	
Líquida (L)	16-20	±2	14-22	

Según el Art.31.5., salvo en aplicaciones específicas que así lo requieran, se evitará el empleo de las consistencias seca y plástica. No podrá emplearse la consistencia líquida, salvo que se consiga mediante el empleo de aditivos superplastificantes (hormigones autocompactantes).

2.1.1.2. Hormigones autocompactantes

La caracterización de la autocompactabilidad se realiza siguiendo los métodos de ensayo específicos siguientes, que permiten evaluar las prestaciones del material en términos:

- de fluidez: mediante ensayos de escurrimiento según UNE EN 12350-8 o de ensayos de escurrimiento en embudo en V, según UNE EN-12350-9. Frecuencia: por amasada ensayada para el ensayo de resistencia.
- de resistencia al bloqueo: mediante ensayos del escurrimiento, con anillo J según UNE EN 12350-12 o mediante ensayos de la caja en L, según UNE EN 12350-10. Frecuencia: una vez por semana, por tipo de hormigón.

El ensayo de resistencia a la segregación, según UNE EN 12350-11, es un valor informativo y de aplicación voluntaria. En caso de aplicarlo, podrá ser con una frecuencia de una vez al mes, por tipo de hormigón.

2.1.2. Ensayos de resistencia del hormigón

2.1.2.1. Métodos de ensayo

La resistencia del hormigón se comprobará mediante ensayos de resistencia a compresión efectuados sobre probetas fabricadas y curadas según UNE-EN 12390-2. Todos los métodos de cálculo y las especificaciones de la Instrucción se refieren a características del hormigón endurecido obtenidas mediante ensayos sobre probetas cilíndricas de 15x30cm. No obstante, para la determinación de la resistencia a compresión, podrán emplearse también:

- probetas cúbicas de 15 cm de arista, ó
- probetas cúbicas de 10 cm de arista, en el caso de hormigones con $f_{ck} \geq 50 \text{ N/mm}^2$ y siempre que el tamaño máximo del árido sea inferior a 12 mm.

En cuyo caso los resultados deberán afectarse del correspondiente factor de conversión, de acuerdo con:

$$f_c = \lambda_{cil,cub15} \cdot f_{c,cúbica}$$

donde:

f_c Resistencia a compresión, en N/mm^2 , referida a probeta cilíndrica de 15x30cm.

$f_{c,cúbica}$ Resistencia a compresión, en N/mm^2 , obtenida a partir de ensayos realizados en probetas cúbicas de 15 cm de arista.

$\lambda_{cil,cub15}$ Coeficiente de conversión, obtenido de la Tabla 86.3.2.a

Resistencia en probeta cúbica $f_{c,cúbica}$ (N/mm^2)	$\lambda_{cil,cub15}$ *
25, 30, 35, 40, 45, 50, 55	0,90
60, 70	0,95
80, 90, 100	1,00

* El coeficiente se aplica por característica tipificada (no por el valor unitario obtenido en cada probeta, para evitar resultados dispares en las probetas cuya resistencia característica individual esté próxima a los límites de 60 y 80 N/mm^2).

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.

2.1.2.2. Criterios de aplicación

El control estadístico de la resistencia deberá obtenerse a partir de los resultados de los ensayos acumulados del mismo tipo de hormigón en la misma planta durante un mes, con independencia de que los elementos prefabricados con las amasadas de ese lote pertenezcan a más de una obra.

Todas las amasadas del mismo lote estarán elaboradas con los mismos materiales componentes y tendrán la misma dosificación nominal, no permitiéndose mezclar en el mismo lote elementos pertenecientes a distintas columnas de la tabla 86.9.2. siguiente:

Límites máximos	Pretensado	Armado
Periodo de fabricación	mensual	mensual
Frecuencia de ensayo (hasta 300 m ³ por tipo de hormigón) *	1 diaria	1 diaria
N = N° de ensayos mínimos (del mes de fabricación según 86.9.2 3 ^{er} párrafo)	16	16

* En producciones superiores a 300 m³ por tipo y día, se incrementará en una amasada a ensayar adicionalmente.

El proyecto o, en su caso, el prefabricador identificará la resistencia característica que debe cumplir cada tipo de hormigón que utilice en la realización de los elementos prefabricados estructurales que fabrique.

La conformidad de la resistencia del hormigón de cada lote se comprobará determinando la misma en todas las amasadas sometidas a control a partir de sus resultados, mediante la aplicación de los criterios de conformidad establecidos en 86.9.2.2.

Las tomas de muestras se realizarán aleatoriamente entre las amasadas del mismo tipo de hormigón dentro del período considerado.

Se distinguen dos tipos de controles, que dependerán del número de amasadas ensayadas en el mes en curso:

a) Producción continua: si $N \geq 16$ amasadas ensayadas en el mes, por tipo de hormigón (pretensado o armado)

Tabla 2.1.2.2.a.

	Comprobaciones	Requisitos
1	Se realizará un control de contraste externo de la resistencia del hormigón con una frecuencia nunca inferior a 2 ensayos al mes para el total de la producción (f_i), procurando un muestreo equitativo de los hormigones, con el siguiente criterio:	$f_i \geq f_{ck}$
2	<p>El criterio de aceptación de la resistencia del hormigón destinado a elementos prefabricados estructurales se define según la expresión siguiente, donde:</p> <p>\tilde{x} Valor medio de los N resultados obtenidos en las N amasadas ensayadas en el mes en curso (siendo $N \geq 16$).</p> $\tilde{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$ <p>x_i Valor individual de cada amasada ensayada (media de los 2 ó 3 resultados obtenidos). *</p> $x_i = \frac{x_1 + x_2 (+x_3)}{2 \text{ (ó 3)}}$ <p>σ Valor de la desviación típica correspondiente a la producción del tipo de hormigón suministrado en N/mm², obtenida a partir de los 35 últimos resultados (independientemente del mes), según el Art.86.5.4.3., siendo la \tilde{x}_{35} utilizada la media correspondiente a estos 35 últimos resultados.</p> $\sigma = \sqrt{\frac{1}{34} \cdot \sum_{i=1}^{35} (x_i - \tilde{x}_{35})^2}$ <p>f_{ck} Valor de la resistencia característica especificada por el fabricante para el tipo de hormigón utilizado.</p>	$f(\tilde{x}) = \tilde{x} - 1,645 \cdot \sigma \geq f_{ck}$
3	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%.	<p>- Si $x_1 \leq x_2 \leq x_3$:</p> $\frac{x_3 - x_1}{\tilde{x}_{1,2,3}} \leq 20\%$ <p>- Si $x_1 \leq x_2$:</p> $\frac{x_2 - x_1}{\tilde{x}_{1,2}} \leq 13\%$

* Como se vio en el apartado X.2.1., cualquier característica medible de una amasada está expresada por el valor medio de un número de resultados, igual o superior a dos. Por tanto, el valor x_i (correspondiente a cada amasada) será la media de los 2 ó 3 resultados obtenidos (2 o 3 probetas tomadas por cada amasada), y deberá cumplir además la condición 3) referente a la limitación del recorrido relativo máximo. Quedan fuera del alcance del control estadístico los valores obtenidos en ensayos de rotura de probetas a edades tempranas (por ejemplo, 3 o 7 días) empleados como predictivos de la resistencia que alcanzará el hormigón a los 28 días.

b) Producción discontinua: si $N < 16$ amasadas ensayadas en el mes, por tipo de hormigón (HA ó HP)

Cuando no exista producción continua de un determinado tipo de hormigón, dando lugar a que las amasadas ensayadas en el último mes sean inferiores a las 16 establecidas para los lotes definidos en la tabla 86.9.2. de la EHE-08, se estimarán los lotes de control con periodicidad semanal:

Tabla 2.1.2.2.b.

	Comprobaciones	Requisitos																		
1	Se realizará un control de contraste externo de la resistencia del hormigón (f_i) con una frecuencia nunca inferior a 2 ensayos al mes para el total de la producción, procurando un muestreo equitativo de los hormigones, con el siguiente criterio:	$f_i \geq f_{ck}$																		
2	<p>Control interno semanal:</p> <p>\tilde{x} Valor medio de los resultados obtenidos en la N amasadas ensayadas (entre 2 y 6 por semana).</p> $\tilde{x} = \frac{\sum_{i=1}^{2 \text{ a } 6} x_i}{N}$ <p>x_i Valor individual de cada amasada ensayada (media de los 2 ó 3 resultados obtenidos). *</p> $x_i = \frac{x_1 + x_2 (+x_3)}{2 (\text{ó } 3)}$ <p>K_2 Valor del coeficiente reflejado en la tabla 86.9.2.3. según el número de amasadas N.</p> <table border="1" data-bbox="344 943 914 1032"> <thead> <tr> <th>Coeficiente</th> <th colspan="5">Número de amasadas ensayadas</th> </tr> <tr> <td></td> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K_2</td> <td>1,66</td> <td>1,02</td> <td>0,82</td> <td>0,73</td> <td>0,66</td> </tr> </tbody> </table> <p>r_n Valor del recorrido muestral definido como: $r_n = x_N - x_1$, es decir, diferencia entre el mayor resultado y el menor.</p> <p>f_{ck} Valor de la resistencia característica especificada por el fabricante para el tipo de hormigón utilizado.</p>	Coeficiente	Número de amasadas ensayadas						2	3	4	5	6	K_2	1,66	1,02	0,82	0,73	0,66	$f(\tilde{x}) = \tilde{x} - K_2 \cdot r_n \geq f_{ck}$
Coeficiente	Número de amasadas ensayadas																			
	2	3	4	5	6															
K_2	1,66	1,02	0,82	0,73	0,66															
3	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%.	<p>- Si $x_1 \leq x_2 \leq x_3$:</p> $\frac{x_3 - x_1}{\tilde{x}_{1,2,3}} \leq 20\%$ <p>- Si $x_1 \leq x_2$:</p> $\frac{x_2 - x_1}{\tilde{x}_{1,2}} \leq 13\%$																		

* Como se vio en el apartado X.2.1., cualquier característica medible de una amasada está expresada por el valor medio de un número de resultados, igual o superior a dos. Por tanto, el valor x_i (correspondiente a cada amasada) será la media de los 2 ó 3 resultados obtenidos (2 o 3 probetas tomadas por cada amasada), y deberá cumplir además la condición 3) referente a la limitación del recorrido relativo máximo. Quedan fuera del alcance del control estadístico los valores obtenidos en ensayos de rotura de probetas a edades tempranas (por ejemplo, 3 o 7 días) empleados como predictivos de la resistencia que alcanzará el hormigón a los 28 días.

2.1.3. Ensayos de penetración de agua en el hormigón

Según el Art.37.3.3. "Impermeabilidad del hormigón", esta comprobación sólo se debe realizar cuando los elementos estén destinados a estructuras con clase general de exposición III ó IV, o cuando el ambiente presente cualquier clase específica de exposición.

La comprobación de la profundidad de penetración de agua bajo presión en el hormigón, se ensayará según UNE-EN 12390-8. Antes de iniciar el ensayo, se someterá a las probetas a un período de secado previo de 72 horas en una estufa de tiro forzado a una temperatura de $50 \pm 5^\circ\text{C}$.

Un hormigón se considera suficientemente impermeable al agua si los resultados del ensayo de penetración de agua cumplen simultáneamente que:

Tabla 2.1.3.

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 (solo en el caso de elementos pretensados)	30 mm	20 mm

NOTA: El ensayo se hará por tipo de hormigón y cuando sea exigible, y la vigencia del mismo será de seis meses.

2.2. Criterios de conformidad

2.2.1. Docilidad del hormigón

La evaluación se realizará por cada mes teniendo en cuenta el número de resultados obtenidos en dicho periodo. El resultado obtenido deberá estar dentro de los límites definidos en la Tabla 2.1.1.1. de este documento. Se recomienda que la evaluación de la conformidad de la docilidad se realice siguiendo el siguiente criterio:

$$i \leq c (N)$$

i: número de resultados que incumplen las especificaciones en el mes en estudio.

c: máximo número de resultados no conformes permitido.

N: número de amasadas ensayadas en el mes en estudio.

Tabla 2.2.1.

N	c
2 a 6	0
7 a 15	1
16 a 35	2
≥ 36	redondeo ($N*0,1$)

El incumplimiento de las tolerancias conlleva el rechazo de la amasada ensayada. En caso de superar el máximo número de resultados no conformes permitido en el mes en estudio, el prefabricador deberá informar a la entidad de certificación para que pueda emprender las acciones oportunas.

2.2.2. Resistencia del hormigón

Los resultados de las resistencias serán conformes si se cumplen los requisitos establecidos en la Tabla 2.1.2.2.a. (control continuo) o Tabla 2.1.2.2.a. (control discontinuo), según el caso de aplicación.

Se deben distinguir dos tipos de controles: el interno (global) y el externo, teniendo que cumplirse ambos simultáneamente.

El incumplimiento del criterio de control global (mensual o semanal, según el caso) y/o del externo requerirá por parte del prefabricador de un análisis más detallado para determinar la/s causa/s que haya/n provocado dicha no conformidad, aunque se cumplan al mismo tiempo todos los requisitos sobre los valores individuales.

En cualquier caso, el prefabricador deberá informar a la entidad de certificación para que pueda emprender las acciones oportunas.

2.2.3. Penetración de agua en el hormigón

Los resultados de los ensayos de penetración de agua en el hormigón serán conformes si se cumplen los requisitos establecidos en la Tabla 2.1.3. En caso de incumplimiento, se analizará una nueva amasada de la misma fecha de la incumplida (pueden tomarse probetas y guardar en reserva). Si se cumple con las especificaciones en este segundo análisis, se cerrará el proceso. En caso de que se incumpla nuevamente, requerirá por parte del prefabricador de un análisis más detallado para determinar la/s causa/s que haya/n provocado dicha no conformidad.

2.3. Comprobaciones exigidas para el mercado CE (*informativo – ya cubiertas en el control del mercado CE*)

Las siguientes comprobaciones adicionales a efectuar en la fabricación del hormigón ya están implícitas en el mercado CE, en particular, en el apartado D.3.1. de la Norma Europea UNE-EN 13369 "Productos prefabricados de hormigón. Reglas comunes":

	Objeto	Método	Objetivo	Frecuencia	Equivalente EHE-08
1 ^A	Composición de la mezcla (excepto contenido de agua)	- Comprobación visual en equipo de pesaje - Comprobación según documentos de producción	Conformidad con la composición prevista (dosificación en peso o volumen)	- Diariamente para cada composición empleada - Después de cada cambio	Art.37.3.1.
2 ^A		Análisis apropiado	Conformidad con los valores de mezcla previstos (sólo dosificación en volumen)	Mensualmente para cada composición empleada	Art.37.3.1.
3 ^A	Contenido de agua en el hormigón fresco	Método apropiado	Aportar datos para la relación agua/cemento	- Diariamente para cada composición empleada - Después de cada cambio - En caso de duda	Art.37.3.2.
4 ^A	Contenido de cloruros en el hormigón	Por cálculo	Asegurar que no se excede el máximo contenido en cloruros ^B	En caso de incremento de contenido en cloruro de los componentes	Arts.31 y 37.4
5 ^A	Relación agua/cemento del hormigón fresco	Por cálculo (véase el apartado 5.4.2 Contenido de cemento y relación agua/cemento de la EN-206)	Comprobar la relación agua/cemento especificada	Diariamente, si se especifica	Art.37.3.2.
6 ^A	Contenido de aire del hormigón fresco cuando se especifique ^C	Ensayo según EN 12350-7 para hormigón normal y pesado, y la Norma Americana ASTM C 173 para hormigón aligerado	Comprobar la conformidad con el contenido de aire ocluido especificado	Primera amasada de cada día de producción hasta estabilizar valores	Art.37.3.4.
7	Mezcla del hormigón ^D	Inspección visual	Mezcla correcta	Diariamente en cada mezcla	Art.71.2.4.
10	Densidad del hormigón endurecido, ligero o pesado ^E	Ensayo según EN 12390-7	Comprobar la densidad especificada (véase el apartado 4.2.2 Hormigón endurecido de la UNE-EN 13369)	Diariamente para cada tipo de hormigón	---

^A Se trata de parámetros cuyo control permite estimar la durabilidad del hormigón.

^B El Art.31.1. de la EHE-08 establece los límites máximos de la cantidad de iones cloruro permitidos en el hormigón: 0,2% del peso de cemento en elementos de hormigón pretensado; 0,4 % del peso de cemento en elementos de hormigón armado.

^C Sólo para hormigón que contenga aire ocluido (tabla F.1 Valores límite recomendados para la composición y las propiedades del hormigón de la EN 206).

^D La Tabla 71.2.4. de la EHE-08 define los ensayos que deben realizarse para la comprobación de la homogeneidad de la masa de hormigón. Al no establecerse una periodicidad determinada, los ensayos dispuestos deben llevarse a cabo cuando se dé alguna de las siguientes situaciones: 1) a la puesta en funcionamiento de una instalación nueva; 2) después de realizar alguna reparación en la instalación (equipos de amasado); ó 3) cuando visualmente se observen anomalías (ej. disgregación en los componentes del hormigón).

^E Sólo si se especifica la propiedad.

Ficha de comprobación del control del hormigón según la EHE-08 (del Organismo de Certificación)

OBJETO	MÉTODO DE COMPROBACIÓN DEL FABRICANTE	VERIFICACIÓN CUMPLIMIENTO	REFERENCIAS MARCADO CE
Control de los materiales			
1	Cemento Conformidad con la reglamentación vigente: marcado CE según UNE-EN 197 (si aplica), Art. 26 EHE-08 y RC-08	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica	Equivalencia con D.2.1. ó D.2.2.1. UNE-EN 13369
2	Áridos Áridos comprados a un tercero: verificación de la Declaración de marcado CE (por sistema 2+) y que los valores declarados son conformes con la EHE-08 (Art. 28)	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica	Equivalencia con D.2.1. UNE-EN 13369
	Áridos de autoconsumo: el suministrador de elementos prefabricados aporta un certificado de ensayo, de antigüedad inferior a 3 meses, realizado por laboratorio de control según el Art. 78.2.2.1. que demuestra la conformidad del árido con el Art. 28 de la EHE-08, con un nivel de garantía estadística equivalente al exigido para los áridos con marcado CE	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica	Equivalencia con D.2.2.(2 a 5) UNE-EN 13369
3	Aditivos Aditivos con marcado CE: verificación de la Declaración de marcado CE (por sistema 2+) y que los valores declarados son conformes con la EHE-08 (Art. 29)	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica	Equivalencia con D.2.1. UNE-EN 13369
	Aditivos sin marcado CE: el suministrador de elementos prefabricados aporta un certificado de ensayo, de antigüedad inferior a 6 meses, realizado por laboratorio de control según el Art. 78.2.2.1. que demuestra la conformidad del aditivo con el Art. 29 de la EHE-08, con un nivel de garantía estadística equivalente al exigido para los aditivos con marcado CE	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica	Equivalencia con D.2.2.(6 a 8) UNE-EN 13369
4	Adiciones Caso de adiciones con marcado CE: verificación de la Declaración de marcado CE (por sistema 2+) y que los valores declarados son conformes con la EHE-08 (Art. 30)	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica	Equivalencia con D.2.1. ó D.2.2.1. (9 a 10) UNE-EN 13369
5	Agua Se exige de la realización de ensayos al utilizar agua potable de la red de suministro.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica	---
	El Responsable de la instalación de prefabricación, realiza los correspondientes ensayos en un laboratorio de los contemplados en el Art. 78.2.2.1, que permiten comprobar el cumplimiento de las especificaciones del Art. 27 con una periodicidad semestral	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica	Equivalencia con D.2.2.(12 a 14) UNE-EN 13369
Consistencia			
6	Hormigones convencionales Tolerancias	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica	---
	Frecuencia control	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica	
7	Hormigones autocompactantes Tolerancias	Fluidez	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica
		Resistencia al bloqueo	
	Resistencia a la segregación		
	Frecuencia control	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica
Resistencia			
8	Tipo de fabricación	Continua: cumple el control estadístico del Art.86.9.2.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica
		Discontinua: cumple el control estadístico del Art.86.9.2.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica
9	Ensayos de contraste Ensayos de control de contraste en laboratorio externo	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica	---
10	Tipo de probetas	Cilíndricas	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica
		Cúbicas: se aplica la corrección del Art.86.3.2.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica
Penetración de agua			
11	Probetas Ensayo según Art.37.3.3. (en caso que se deba aplicar)	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No aplica	Sustituye a D.4.1.1. UNE-EN 13369
Comprobaciones exigidas para el marcado CE			
12	Parámetros de durabilidad	<input type="checkbox"/> Según marcado CE <input type="checkbox"/> Según EHE-08	---
	Mezcla del hormigón	<input type="checkbox"/> Según marcado CE <input type="checkbox"/> Según EHE-08	
	Densidad	<input type="checkbox"/> Según marcado CE <input type="checkbox"/> Según EHE-08	
Observaciones:			

El Organismo certificador determina que la empresa..... demuestra que el hormigón se fabrica de conformidad con los criterios establecidos en la EHE-08:

Sí (se le habilita para emplear un $\varphi_c = 1,50$)

No