

El control del hormigón en la EHE-08 y los ensayos de información complementaria



1. Introducción

La presente guía práctica describe la forma de realizar el control del hormigón en obra según lo indicado en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) y demás normativa técnica española y europea.

La EHE-08, aprobada en julio de 2008, entró en vigor en diciembre del mismo año. Naturalmente, cualquier obra proyectada y calculada con la EHE-08 debe controlarse durante su ejecución obligatoriamente con los criterios de esta instrucción. Además, aunque no fuera calculada con ésta, es obligatorio también controlar según las indicaciones de la EHE-08 cualquier obra de edificación que comience después de diciembre de 2009, y cualquier obra de ingeniería civil que lo haga a partir de diciembre de 2011.

Especial mención requieren los Distintivos Oficialmente Reconocidos (D.O.R.) del hormigón, que suponen la posesión de un nivel de garantía adicional al exigido por la EHE-08. Dado que las garantías adicionales se garantizan por organismos certificadores con reconocimiento oficial y con requisitos definidos, la posesión de éstos permitirá aplicar consideraciones especiales en todos los apartados del control en obra: criterios de aceptación diferentes, distinta exigencia documental en el suministro, menor número de ensayos, responsabilidad del receptor, criterios para la aceptación, etc.

Las obligaciones que en esta guía se describen corresponden al técnico responsable de la recepción del material en obra (Dirección Facultativa, Dirección de Obra, Dirección de Ejecución...), aunque es de gran interés para el resto de agentes implicados en el proceso constructivo (Constructor, Entidad de Control de Calidad, Suministrador del hormigón) dadas las consecuencias que para todos puede tener una no aceptación del hormigón.

Existe software especializado (como el Probetha-08) que permite simplificar a los técnicos responsables los procesos de planificación y seguimiento del control del hormigón en obra. La utilización de este tipo de programas es, en cualquier caso, altamente recomendable.

2. Documentación del control del hormigón

La documentación que el Suministrador debe presentar (a la Dirección Facultativa directamente o a través del Constructor) se organiza en función de cuándo debe ser ésta entregada:



a. Previa al suministro

i. Con D.O.R.

1. Declaración del suministrador de que el hormigón está en posesión de un D.O.R. (Art. 79.3.1)
2. Marcado CE, D.O.R. o ensayos que acrediten cumplimiento de las especificaciones de los materiales componentes del hormigón (Anejo 21 Ap. 1.2.6)

ii. Sin D.O.R.

1. Certificado de dosificación (obligatorio) (Art. 86.4.1, Anejo 22). Debe ser expedido por un laboratorio e indicar la fecha de realización de los ensayos y el periodo de validez -6 meses-
2. Certificado de ensayos previos (si no hay experiencia previa en la utilización del hormigón) (Art. 86.4.3, Anejo 22)
3. Certificado de ensayos característicos de resistencia (si no hay experiencia previa en la utilización del hormigón) (Art. 86.4.3, Anejo 22)
4. Marcado CE, D.O.R. o ensayos que acrediten cumplimiento de las especificaciones de los materiales componentes del hormigón (Anejo 21, Ap. 1.2.6)

b. Durante el suministro

i. Con o sin D.O.R.

1. Hojas de suministro (albaranes) (Art. 79.3.1, Art. 86.5.1, Art. 22). Deben de ser cotejadas con el certificado de dosificación en caso de no disponer de D.O.R.
2. Actas de resultado de los ensayos del laboratorio de recepción (Art. 86)

c. Posterior al suministro

i. Con o sin D.O.R.

1. Certificado de garantía de los hormigones suministrados (Art. 79.3.1, Art. 86.6, Anejo 21 Ap. 3.1)
2. Certificado del suministro del cemento SR o copia de las hojas de suministro (albaranes) del cemento SR (Anejo 21 Ap. 3.1), en caso de utilizar hormigones que requieran cemento SR

3. Fabricación, conservación y rotura de las probetas y otros ensayos

La toma de muestras se realizará según UNE-EN 12350-1. La resistencia del hormigón se determinará según UNE-EN 12390-3 y se comprobará mediante ensayos de resistencia a compresión a 28 días sobre probetas fabricadas y curadas según UNE-EN 12390-2.

Se pueden utilizar tanto las probetas cilíndricas tradicionales de 15 x 30 cm como las probetas cúbicas de 15 x 15 cm o, incluso, de 10 x 10 cm para hormigones de alta resistencia ($f_{ck} \geq 50$ MPa). Las resistencias para comparar serán siempre las de la probeta cilíndrica. Si se opta por utilizar la probeta cúbica, habrá que afectar al resultado por un factor de corrección que será de 0,9, si $f_{ck} < 60$ MPa, 0,95 si $60 \leq f_{ck} < 80$ MPa, o 1 si $f_{ck} \geq 80$ MPa.

En cuanto a la conservación de las probetas en la obra, la EHE-08 asigna al Constructor la responsabilidad de asegurar que las probetas se encuentran protegidas del viento, del asoleo directo (han de estar tapadas), de los golpes y de encontrarse en todo momento entre 15 °C y 30 °C.

El control de la consistencia, que se sigue realizando por el método del asentamiento (cono de Abrams), se hará en todas las amasadas que sean controladas en su resistencia.



4. Ensayos previos al suministro

Una novedad de esta instrucción radica en la necesidad de realizar en cualquier caso (incluso existiendo experiencia previa en la fabricación de ese tipo de hormigón) ensayos previos de dosificación al comienzo del suministro. Para garantizar que el hormigón que se va a suministrar cumple con los requerimientos de durabilidad y resistencia, se ha de exigir previo al comienzo del suministro el certificado de dosificación, que no tendrá en ese momento una antigüedad

mayor a 6 meses desde la realización de los ensayos. Debido a las coberturas de los distintivos, no es exigible este certificado de dosificación a hormigones en posesión de un D.O.R.

Los ensayos característicos de dosificación, que los deberá realizar el laboratorio contratado por el Suministrador de hormigón, tienen por objeto garantizar la durabilidad del hormigón. Por ello, cualquier hormigón con clase de exposición ambiental IIIa, IIIb, IIIc, IV, +Qa, +Qb, +Qc, +E, +H o +F deberá ser sometido al ensayo de profundidad de penetración de agua bajo presión para obtener su certificado de dosificación. Además, sea cual sea el ambiente, deberán realizarse ensayos de determinación de la resistencia a compresión, obteniéndose un mínimo de tres resultados de resistencia de tres amasadas distintas. Con estos tres resultados, que serán una referencia de la resistencia asociada a la dosificación certificada, se calculará la resistencia característica de dosificación como se describe a continuación:

- Resultados individuales obtenidos por el laboratorio:

$$x_1 \leq x_2 \leq x_3$$

- Cálculo de la resistencia característica de dosificación:

$$f_{c,dosif} = \bar{x}_3 - 1,35 (x_3 - x_1) \geq f_{ck}$$

Además de los ensayos característicos de dosificación, y sólo en el caso de que no exista experiencia previa en la fabricación del hormigón solicitado, habrá que realizar los **ensayos previos** (de laboratorio) y **característicos de resistencia** (de planta).

5. Control estadístico del hormigón

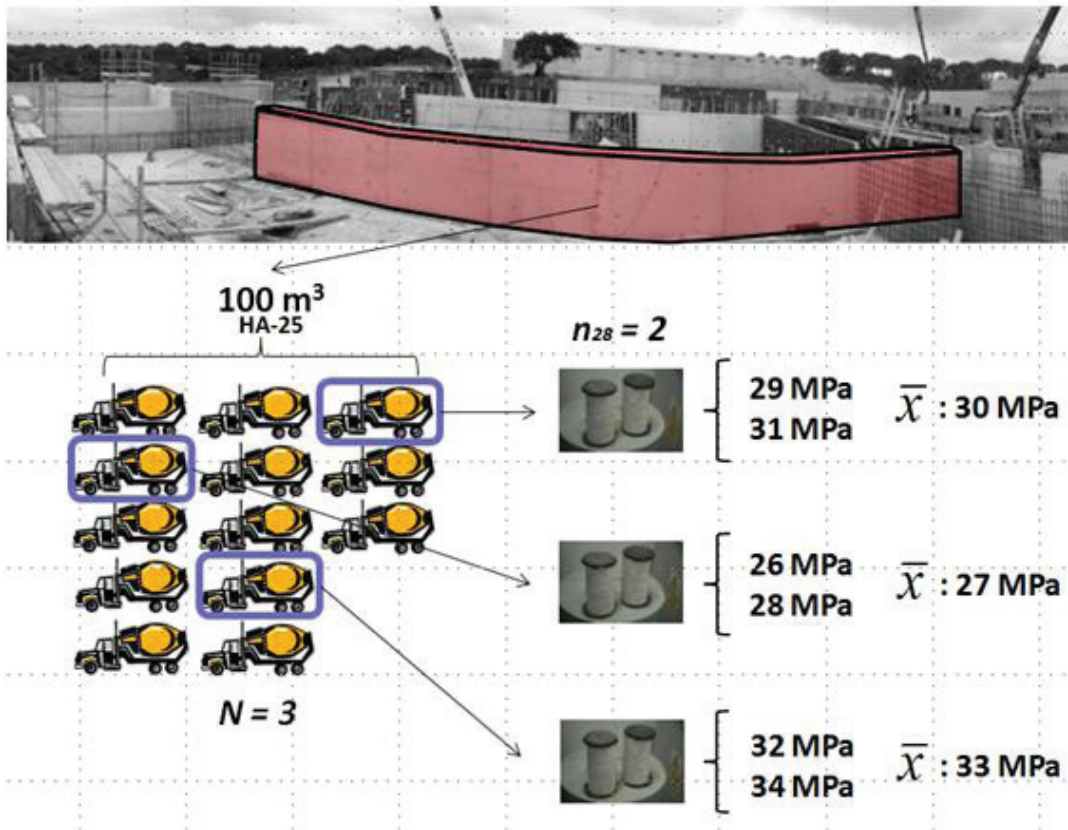
El control estadístico es **el de aplicación general** en la mayoría de los casos. Se fundamenta en la evaluación de las resistencias a compresión **de una muestra que se extrae de una población mayor**.

Lógicamente, la principal ventaja de tomar de decisiones en función de un grupo reducido de resultados es el menor coste en control. Sin embargo tiene el inconveniente de que, al ser menor el número de datos disponibles, los criterios que se aplicarán a la muestra serán más conservadores que los que se aplicarían a la población completa (control al 100 por 100).

¿Cómo extraer la muestra del total del hormigón? A través de la definición de lotes, amasadas controladas (camiones) y determinaciones (probetas).

- Lote (L): cantidad de hormigón que se acepta o no de forma única al aplicar un criterio de aceptación

Gráfico 1. Lote convencional de hormigón HA-25, con 100 m³, N=3 y n₂₈=2



- Amasadas controladas (N): nº de camiones por cada lote a los que se les ha de sacar probetas
- Determinaciones (n): nº de probetas extraídas por cada amasada controlada

El Gráfico 1 representa un lote convencional de hormigón HA-25, con 100 m³, N=3 y n₂₈=2.

a. Formación de lotes (L, N, n)

El primer paso al aplicar un control estadístico es lotificar, es decir, dividir el total de hormigón que se colocará en la obra en sub-volumenes que serán, de forma individual, aceptados o rechazados.

Cráterios útiles para dividir una obra en lotes de hormigón (Art. 86.5.4.1):

- Los lotes serán de un solo tipo de hormigón
- El mínimo número de lotes en una obra es de 3
- Siempre que existan elementos de los tres tipos que se describen en las columnas de la tabla de más abajo, se formará al menos un lote de cada columna
- La tabla (86.5.4.1) da el tamaño máximo razonable
- Ver Tabla 1, sin D.O.R.
- Ver Tabla 2, con D.O.R.

Una vez dividida la obra en lotes, habrá que establecer el número de camiones hormigonera por lote a las que se extraerán probetas (amasadas controladas por lote, N). Para ello se utilizan los datos referenciados en la Tabla 3 (86.5.4.2).

Por último, el número de probetas por camión será, como Mínimo, de 2, para su ensayo a 28 días. De los 2, 3 o más valores de resistencia a compresión obtenidos en la rotura a 28 días se obtendrá, siempre, la media, que será el valor representativo de esa amasada controlada.

El siguiente ejemplo evidencia las grandes diferencias en el muestreo, en función de que exista o no D.O.R., aplicado a 500 m³ de HA-25:

- Sin D.O.R.
 - L = 5 (500 / 100)
 - N = 3
 - n = 2
 - Total de probetas: 5 x 3 x 2 = 30
- Con D.O.R.
 - L = 1 (500 / 500)
 - N = 1
 - n = 2
 - Total de probetas: 1 x 1 x 2 = 2

Tabla 1. Sin D.O.R.

TIPO DE ELEMENTO			
	PILAS, PILOTES, MUROS PORTANTES	VIGAS, FORJADOS, MUROS DE CONTENCIÓN	ZAPATAS, BLOQUES
Volumen (m³)	100	100	100
Tiempo máximo (semanas)	2	2	1
Superficie construida (m²)	500	1.000	-
Nº de plantas	2	2	-

Tabla 2. Con D.O.R.

TIPO DE ELEMENTO			
	PILAS, PILOTES, MUROS PORTANTES	VIGAS, FORJADOS, MUROS DE CONTENCIÓN	ZAPATAS, BLOQUES
Volumen (m³)	500	500	500
Tiempo máximo (semanas)	6	6	5
Superficie construida (m²)	2.500	5.000	-
Nº de plantas	10	10	-

Tabla 3. (86.5.4.2).

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	CON D.O.R.	SIN D.O.R.
$f_{ck} \leq 30$ MPa	N = 1 (*)	N ≥ 3
$35 \text{ MPa} \leq f_{ck} \leq 50$ MPa	N = 1 (*)	N ≥ 4
$f_{ck} > 50$ MPa	N = 2 (*)	N ≥ 6

(*) Salvo que ocurran características especiales en obra, en cuyo caso puede ser necesario aumentar el número de amasadas controladas, N.

El número de probetas a ensayar en este caso sería 15 veces menor en el caso de que el hormigón estuviera en posesión de un D.O.R.

Una vez que se han ensayado a compresión las probetas, a 28 días, y promediado los valores de cada amasada (camión), se ha de aplicar uno de los 3 criterios de aceptación que proporciona la Instrucción, en función del caso en que se encuentre.

b. Criterios de aceptación:

i. Caso 1: Hormigón con D.O.R.

En este caso, la EHE-08 exige de recibir el hormigón, ya que los controles de aceptación se realizan mediante un autocontrol verificado (control más exigente que el que se hiciera en obra, al reducirse el riesgo del consumidor del 50% al 45%). Estos controles se han de llevar a cabo

de forma preventiva por organismos certificadores y permiten convertir la recepción en obra en una mera identificación.

Este criterio de identificación tiene la forma:

$$x_i \geq f_{ck}$$

Si el hormigón está en posesión de D.O.R., los valores individuales de resistencia deben ser simplemente superiores o iguales a la resistencia característica

- En caso de no conformidad del criterio: los siguientes 6 lotes se verán reducidos de tamaño a aquél que tendrían si no existiera D.O.R. y, si en alguno de esos 6 se volviera a incumplir el criterio, se considerará nulo el D.O.R. a efectos de la obra. Se aceptará el lote, no obstante, si se cumplen simultáneamente

$$x_i \geq 0,9 f_{ck} \quad f(\bar{x}) = \bar{x} - 1,645 \delta \geq 0,9 f_{ck}$$

Siendo la media la de los 15 valores anteriores incluido el defectuoso y la desviación típica la certificada (la debe proporcionar el Suministrador en caso de necesidad).

- En caso de no conformidad del segundo criterio: se comprobará la razón de la no aceptación mediante ensayos de información complementaria (Apartado 7) .

ii. Caso 2: Hormigón sin D.O.R. hasta tener 36 amasadas controladas de ese tipo de hormigón

donde:

$$\bar{x} - K_2 r_n \geq f_{ck}$$

r_n : recorrido muestral, calculado como el valor mayor de los resultados del lote menos el valor menor ($x_n - x_1$)

	AMASADAS CONTROLADAS POR EL LOTE (N)			
	3	4	5	6
k_2	1,02	0,82	0,72	0,66

En el caso habitual de H-25 o H-30 con N = 3, el criterio se puede estimar simplificando el coeficiente (1,02) por la unidad.

Para HA-25 y HA-30 con el muestreo habitual (N=3): la media menos la diferencia entre los 3 debe ser superior a la resistencia característica

- En caso de no conformidad del criterio: ensayos de información complementaria (Apartado 7).

iii. Caso 3: Hormigón sin D.O.R. con 37 o más amasadas controladas

$$x_{(1)} - K_3 s_{35} \geq f_{ck}$$

donde:

$x_{(1)}$: valor menor de los resultados del lote
 s_{35} : desviación típica muestral de las últimas 35 amasadas, incluyendo las del propio lote

	AMASADAS CONTROLADAS POR EL LOTE (N)			
	3	4	5	6
k_3	0,85	0,67	0,55	0,43

- En caso de no conformidad del criterio: ensayos de información complementaria (Apartado 7).

Nótese que la comparación de la resistencia estimada con el 90% de la f_{ck} se ha mantenido en esta Instrucción exclusivamente para el caso 1 (con D.O.R.), no siendo posible en los demás casos en donde se compara estrictamente con la resistencia característica.

6. Otros tipos de control (no estadísticos)

En el caso de obras de muy pequeño tamaño, de gran responsabilidad técnica o con imposibilidad de sacar probetas para ensayar la resistencia, podemos optar por un control distinto del estadístico

a. Control al 100 por 100 (Art. 86.5.5)

De uso no común por el elevado coste del control, al tener que extraer probetas a todas las amasadas. Sin embargo, el criterio de aceptación es el más ventajoso para la aceptación, ya que el hormigón de cada elemento estructural se aceptará siempre que las resistencias de al menos el 95% de los camiones sean iguales o superiores a la característica.

Es decir, por cada 20 camiones, uno puede dar valores de resistencia bajo la característica. Si el elemento tiene menos de 20 amasadas, todas ellas deberán de tener una resistencia igual o superior a la característica sin importar su dispersión.



Su aplicación puede ser ventajosa en obras de pequeña envergadura, ya que el número de amasadas controladas puede ser similar a las de un control estadístico, mientras que el criterio de aceptación es más ventajoso que el del caso 2 del control estadístico.

b. Control indirecto (Art. 86.5.6)

Los requerimientos que se exigen para poder utilizar este control, de coste muy reducido al no requerir probetas, son sin embargo restrictivos, como:

- Emplear en proyecto una resistencia de cálculo a compresión no superior a 10 MPa,
- que el ambiente en que esté ubicado el elemento sea I ó II, según lo indicado en la EHE,
- la limitación en el tipo de obras (exclusivamente edificación de baja altura) y la necesidad de
- estar en posesión de D.O.R.

Por ello no suele utilizarse habitualmente.

En caso de que se opte por este control se sustituirá la fabricación de probetas para el control de la resistencia por la determinación de la docilidad 4 veces al día, pudiendo ser realizadas dichas determinaciones por operarios del Constructor y supervisadas por la Dirección Facultativa.

7. Decisiones derivadas del control y ensayos de información complementaria

En el caso de existir un rechazo en los criterios de aceptación, la EHE-08 (Art. 86.7.3.1) proporciona un procedimiento ordenado y gradual de medidas para decidir la aceptación, refuerzo o demolición definitivos.

El procedimiento a seguir supone la determinación con mayor número de datos de la resistencia característica real asociada

al lote. Podrán ocurrir dos cosas: que al aumentar el número de datos la resistencia característica real sea superior a la especificada (en tal caso, se aceptaría el lote, sin perjuicio de sanciones contractuales), o que sea inferior. Si es inferior, habrá que calcular la seguridad real de la estructura por distintos métodos, rebajando la característica a la real obtenida por el cálculo probabilístico.

Es fundamental que, antes de comenzar el proceso de toma de decisiones, se acuerden entre las partes los criterios que supondrán la aceptación, penalización o rechazo definitivo de los elementos analizados.

Comenzar un proceso de valoración de la aceptación mediante ensayos de información complementaria, recálculo y pruebas de carga sin tener previamente acordado el procedimiento técnico a seguir y las decisiones a adoptar en función de los resultados obtenidos podrá dar lugar a un proceso largo y conflictivo.

Los pasos a seguir serán, por este orden, los siguientes (EHE-08 Art. 86.7.3.1):

a. Realizar ensayos de información complementaria (por iniciativa de Dirección Facultativa, Constructor o Suministrador del hormigón). Los tipos de ensayos, su planificación y su interpretación se abordan en el siguiente apartado de este documento.

b. Estudio de la seguridad real a partir de los resultados obtenidos (por iniciativa de Dirección Facultativa, Constructor o Suministrador del hormigón).

Si se confirma con los resultados del apartado anterior que la resistencia característica estimada se encuentra por debajo de la resistencia característica especificada, se debe realizar un recálculo de la seguridad estructural de los elementos que forman parte del lote, tomando como característica la real obtenida por los criterios estadísticos.

c. Realización de pruebas de carga (por iniciativa de la Dirección Facultativa)

La Dirección Facultativa valorará la aceptación, refuerzo o demolición tras la aplicación gradual de lo indicado en los apartados anteriores sin perjuicio de las sanciones que fueran contractualmente aplicables y conforme a lo previsto en el correspondiente PPTP.

La indicación de realizar los recálculos de manera posterior a la realización de ensayos de información complementaria implica, lógicamente, el empleo en los cálculos de los valores de resistencia in situ reales en los mismos y la validación de los coeficientes de seguridad resultantes.



7.1. Ensayos de información complementaria

Los ensayos de información complementaria, que son el primer paso a dar para valorar la aceptación, pueden ser de tres tipos (EHE-08, Apto. 86.8):

a. Probetas mantenidas en condiciones ambientales de curado similares a las que tiene el hormigón en la obra, y no en las condiciones normalizadas.

Es necesario tener en cuenta que, en cualquier caso, las propiedades del hormigón en una probeta de hormigón difieren de las del hormigón colocado en un elemento estructural, aunque se curen bajo las mismas condiciones atmosféricas. La razón es que el tamaño de la probeta es considerablemente menor, así como mayor la relación superficie / volumen, por lo que el efecto de pérdida de humedad o la acción del soleamiento y la temperatura y sus consecuencias en la resistencia serán más severas que en el hormigón colocado.

Es por lo anterior que este tipo de ensayos de información complementaria tienen una utilidad acotada, y resultarán sus resultados representativos en casos donde las condiciones de obra sean muy favorables para el curado. En caso contrario, los resultados pueden proporcionar falsos rechazos de la resistencia.

b. Probetas testigo del hormigón endurecido

El objeto del estudio es conocer si el hormigón puesto en la estructura (hormigón in situ) es correcto, porque existan dudas bien de la calidad del hormigón suministrado o bien de su puesta en obra. Se deben utilizar criterios de aceptación del hormigón in situ (y no del hormigón a pie de obra, u hormigón en probeta normalizada) como, por ejemplo, los que proporciona la UNE-EN 13791, que se presentan resumidamente más adelante.

Como ya se ha referido, antes de comenzar el análisis es fundamental acordar entre las partes el proceso y los criterios para la toma de decisiones. Es necesario definir con precisión:

- i. Lugares de extracción: Corresponderán a elementos estructurales que formen parte del lote inicialmente rechazado. Deben estar distribuidos de forma homogénea en éstos, sin buscar puntos concretos de aparente mejor o peor calidad. No se han de seleccionar puntos muy superficiales o muy profundos (variará su compactación), extrayendo preferiblemente a media altura. Deberán evitarse en cualquier caso extracciones en el 20% superior o 30 cm superiores (la menor de las dos cantidades) o en los 5 cm inferiores. De éstos, buscar puntos con la menor densidad de armadura posible con la ayuda de un detector de metales.
- ii. Tamaño de los testigos: Aunque el tamaño ideal del testigo desde el punto de vista de la fiabilidad y representatividad de los resultados es de 150 mm de diámetro y 300 mm de longitud, no siempre es procedente su utilización, sobre todo en hormigones armados. Los testigos de 100 mm de diámetro son también perfectamente válidos y en muchos casos incluso preferibles para evitar interceptar estas armaduras. En este sentido, la norma UNE-EN 12504-1 recomienda testigos de 100 mm de diámetro (tamaño máximo de árido 20 mm).

La UNE-EN 13791 establece la posibilidad de utilizar testigos de entre 100 y 150 mm de diámetro con esbeltez 2:1 para buscar equivalencias con probetas cilíndricas (que son las utilizadas para las resistencias de referencia en España). Permite utilizar testigos menores, aunque en tal caso habría que multiplicar el número de extracciones hasta por tres en el caso de utilizar 50 mm de diámetro. Diámetros intermedios requerirán un número de testigos linealmente proporcional a los tabulados para 100 mm y a 50 mm.

La utilización de testigos de mayor diámetro tiene una doble ventaja: las resistencias son, generalmente, algo superiores y, además, la dispersión de los resultados es menor. En cualquier caso, el tamaño máximo del árido debe ser menor que un tercio del diámetro del testigo y es conveniente no interceptar armaduras.

La relación entre resistencias obtenidas con testigos de distintos diámetro con árido 20 mm (Anexo A de UNE-EN 2504-1) es:

- Al pasar de 25 mm de diámetro a 50 mm: resistencia 20% superior

- De 50 mm a 100 mm: resistencia 7% superior
- De 25 mm a 100 mm: resistencia 28% superior

Es necesario establecer si se utilizarán estas correcciones previamente a la aplicación de la interpretación (por ejemplo, con UNE-EN 13791).

Es, además, posible interceptar armaduras y afectar a los resultados por coeficientes técnicos que las tengan en cuenta. Las armaduras reducirán por lo general la resistencia obtenida, y el documento CSTR (Concrete Society Technical Report) nº11 permite cuantificar esta disminución. La dispersión siempre será mayor y, por lo tanto, menor la probabilidad de aceptación. La norma UNE EN 13791 recomienda no utilizar testigos con armadura. En ningún caso será válido utilizar testigos con acero interceptado en dirección paralela a la extracción.

- iii. Procedimiento de extracción de testigos: Se deben extraer de acuerdo con la norma UNE-EN 12504-1.
- iv. Procedimiento del ensayo de rotura de testigos: Se deben realizar los ensayos de acuerdo con la norma UNE-EN 12390-3.
- v. Nº de testigos a extraer: El número de testigos a extraer está relacionado con la precisión de los resultados que se obtengan. Garantizar la fiabilidad estructural supondrá, como norma general, que a menor cantidad de resultados haya que tomar decisiones más conservadoras, y a la inversa. La norma UNE-EN 13791 permite aplicar diferentes métodos de determinación de la resistencia característica in situ en función del número de ensayos siguiendo, por lo general, esta norma de la seguridad. En función del diámetro y del tipo de análisis, el número de testigos según la norma de europea de interpretación es:

Tipo de análisis	Testigos $\phi = 100$ mm	Testigos $\phi = 50$ mm
Aptdo. 7 - B1	3 a 6	9 a 20
Aptdo. 7 - B2	7 a 9	21 a 29
Aptdo. 7 - B3	10 a 14	30 a 44
Aptdo. 7 - A	15 o más	45 o más
Aptdo. 9 - A	15 o más	45 o más
Aptdo. 9 - B	2 (+15 ensayos indirectos)	6 (+15 ensayos indirectos)
Aptdo. 9 - C	2	6

Como puede verse, si se extraen testigos de 50 mm de diámetro, en vez de 100 mm, habrá que triplicar el número de extracciones para tener la misma precisión de resultados. Testigos con diámetros intermedios requerirán de una interpolación lineal para determinar el número de los mismos. Para testigos de diámetros

superiores a 100 mm, el número de extracciones será el mismo que para 100 mm.

Los análisis tipo A son (o deberían ser) los más favorables para la aceptación del hormigón, aunque también los de más coste al requerir mayor número de ensayos. El tipo B1, por el contrario, es el que tiene unos criterios de aceptación más exigentes, al ser menor la muestra de la población de hormigones. Los análisis B y C del aptdo. 9 tienen, sin embargo, unos criterios de aceptación mucho más favorables a la aceptación que los del aptdo. 7.

vi. **Resultados de resistencia y evaluación:** Es fundamental tener claro que existen diferencias entre la resistencia obtenida de un testigo (resistencia del testigo), la que posee el hormigón en el elemento sin ser extraído (resistencia in situ) y la obtenida al romper una probeta elaborada y curada de forma normalizada (resistencia a pie de obra). El proceso para obtener resultados de aceptación o rechazo del hormigón in situ está en función de la norma utilizada:

a. EHE-08:

Indica, en los comentarios al Art. 86.8 (no son de obligado cumplimiento), que se ha de corregir la resistencia de los testigos por coeficientes relacionados con la extracción y forma del testigo. Los resultados individuales corregidos serán los fis.

La corrección por esbeltez es necesaria siempre que la relación altura/diámetro sea inferior a 2:1. A pesar de que la norma UNE-EN 12504-1 no proporciona coeficientes para hacer esta corrección, parece apropiado utilizarlos:

Esbeltez	2	1,75	1,5	1,25	1,1	1
Coefficiente de corrección	1	0,98	0,96	0,94	0,90	0,80

Existen indicaciones variadas en la literatura especializada en cuanto a cómo corregir los valores de los testigos debido a los desperfectos producidos por el mecanismo de extracción. Los comentarios de la Comisión Permanente del Hormigón en la EHE-08 indican al respecto que los valores de la resistencia del testigo, a falta de datos específicos, se pueden considerar un 10% inferiores a los valores del hormigón in situ debido a la microfisuración inducida. Es decir, según la EHE-08:

EHE-08:

Tensión de rotura de los testigos (f_t) x coeficiente de corrección de la esbeltez (K_e) / 0,9 (K_{EHE-08}) = Resistencia in situ (f_{is})

$$f_{is} = f_t * K_e * 1,11$$

A partir de aquí la EHE-08 no proporciona más indicaciones sobre el número de testigos a extraer por cada lote, ni criterios de aceptación de la resistencia in situ (al no ser directamente comparables con la resistencia a pie de obra), etc.

b. UNE-EN 13791:

Esta norma indica la corrección de los testigos sólo por esbeltez, y no por dirección de extracción, microfisuración o interceptación de armaduras. Una vez realizada esta corrección se obtiene la resistencia in-situ directamente (f_{is}).

$$f_{is} = f_t * K_e$$

Efectivamente, la dirección de extracción o la presencia de armaduras interceptadas alteran la resistencia de los testigos. La primera no debería ser corregida, según la UNE-EN 13791, al estar incorporada en el coeficiente de comparación con la resistencia característica, y la segunda debe de ser evitada con el uso de equipos de detección de armaduras. Si no fuera posible evitar la presencia de armaduras en algunos testigos, se tendrá en cuenta su presencia y no se utilizará el dato de resistencia obtenida si es anormalmente bajo (13% con respecto del esperado o de la media de la zona).

Esta norma indica en su Apartado 7 (para la evaluación de la resistencia in situ) que se deben aplicar criterios estadísticos para obtener la resistencia característica in situ del hormigón ($f_{ck, is}$) a partir de las resistencias individuales (f_{is}).

Los criterios de determinación de resistencia estimada in situ de la UNE-EN 13791 de este Apartado 7 son (con la adopción del coeficiente $k_2=1,645$ según lo establecido en la definición del valor característico en la EHE-08):

Tipo de análisis	$f_{ck, is}$
B1 (de 3 a 6 testigos)	Valor menor de: <ul style="list-style-type: none"> • $f_{media, is} - 7$ • $f_{minima, is} + 4$
B2 (de 7 a 9 testigos)	Valor menor de: <ul style="list-style-type: none"> • $f_{media, is} - 6$ • $f_{minima, is} + 4$
B3 (de 10 a 14 testigos)	Valor menor de: <ul style="list-style-type: none"> • $f_{media, is} - 5$ • $f_{minima, is} + 4$
A (15 o más testigos)	Valor menor de: <ul style="list-style-type: none"> • $f_{media, is} - 1,645 \times s$ • $f_{minima, is} + 4$

Siendo s la desviación típica de los resultados (si $s < 2$, entonces se tomará $s = 2$ MPa)

Una vez obtenida ($f_{ck, is}$), habrá que compararla con la resistencia característica mínima in situ ($f_{ck, mínima, is}$), y decidir la aceptación del lote.

Para calcular esta resistencia mínima:

$$f_{ck, mínima, is} = 0,85 \times f_{ck}$$

Es decir, según este apartado de la norma, la resistencia aceptable mínima que se puede esperar in situ puede ser hasta un 15% inferior a la característica en probeta normalizada (resistencia a pie de obra).

La UNE-EN 13791 también proporciona, en su Apartado 9, otros criterios para la evaluación concreta de hormigones cuando existan dudas sobre la conformidad del hormigón durante la ejecución. Estos criterios, más permisivos que los expuestos en el Apartado 7, pueden ser utilizados cuando existan problemas de aceptación en obra, y se dividen en 3 casos:

- **A:** Región con 15 o más resultados de testigos:

$$f_{m(n), is} - 0,85 \cdot 1,645 \cdot s \geq 0,85 \cdot f_{ck, mínima} + 4 \cdot 0,85 \geq 0,85 \cdot f_{ck}$$

- **B:** Región con 15 o más resultados de ensayos indirectos sin correlacionar + 2 testigos en los lugares con los resultados absolutos (índice de rebote, velocidad de ultrasonido) más bajos obtenidos:

$$f_{is, mínimo} + 4 \cdot 0,85 \geq 0,85 \cdot f_{ck}$$

- **C:** Región pequeña, seleccionando 2 lugares:

$$f_{is, mínimo} + 4 \cdot 0,85 \geq 0,85 \cdot f_{ck}$$

La fiabilidad estructural que proporcionan los criterios del Apartado 9 (para resolver problemas de aceptación en obra) es sensiblemente inferior a la proporcionada por los del Apartado 7 (evaluación de resistencia in situ en estructuras o elementos existentes).

c. Métodos no destructivos

La EHE-08 permite expresamente el uso de estos métodos (esclerometría y ultrasonidos) siempre que se

utilicen junto con testigos, y su valores debidamente correlacionados con éstos. Para realizar estos ensayos se utilizarán la serie de normas EN 12504, partes 2, 3 y 4.

Una referencia técnica para planificar la campaña e interpretar los resultados la proporciona la UNE-EN 13791 (Apartado 8). Aquí se propone correlacionar, previamente a la evaluación, la resistencia a compresión in situ mediante testigos y la resistencia de los ensayos no destructivos en los mismos puntos.

Es decir, se obtendrán los resultados de parejas testigo-ensayo indirecto, obtenidos naturalmente en el mismo punto del elemento. El número mínimo de parejas de resultados de este doble ensayo debe ser de 9 si se utilizan curvas básicas (Apartado 8.3 de la UNE-EN 13791), o de 18 si se utiliza la correlación directa (Apartado 8.2). Parece indicado, por reducir el coste, optar por la utilización de curvas básicas.

Ha de tenerse en cuenta, no obstante, que la correlación estará influenciada por el tipo de árido, el tipo de encofrado, etc., por lo que se recomienda correlacionar independientemente por tipos de hormigón y de encofrado, para no penalizar así el proceso y obtener un estimador demasiado conservador para la aceptación (ya que la recta o curva se debe ajustar para obtener un 90% de valores iguales o superiores a la estimada).

Si se utilizan las curvas básicas (es decir, curvas que tienen la forma esperada, pero no ajustada al valor o posición absolutos), se realizará un desplazamiento de la curva básica para acercarlo a los resultados reales de la obra. Una vez adaptada esta curva, se utilizará para todos los puntos que se ensayen. Naturalmente, la curva será más ajustada y menos conservadora cuanto mayor sea el número de resultados (desde 9 resultados para el ajuste más conservador, hasta 15 resultados, que sería el ajuste óptimo), y cuanto menor sea la desviación de los valores obtenidos.

Una vez ajustada la curva por cualquiera de los 2 métodos, la evaluación de cada región (lote) se deberá realizar con un mínimo de 15 resultados del ensayo indirecto por cada región o lote, convertidos a resistencias individuales (f_{is}) y aplicando los mismos criterios que se exponen para los testigos:

$$f_{media, is} - 1,645 \times s \geq 0,85 f_{ck}$$

y

$$f_{mínima, is} + 4 \geq 0,85 f_{ck}$$

El Apartado 9 de dicha norma también permite la utilización de ensayos (ver análisis B en el punto anterior) en este caso sin necesidad de contrastar ni corregir con resistencia de testigos, sino como método para evaluar la localización de los dos puntos más desfavorables en un lote o región. Una vez determinados esos puntos, se extraerán de allí dos (2) testigos y se aplicará el criterio con los resultados de éstos ($f_{is,minimo} + 4 \cdot 0,85 \geq 0,85 \cdot f_{ck}$).

8. Ejemplos de lotificación y control de aceptación. Comparación del proceso y del resultado del control en función de la posesión o no de D.O.R.

En este apartado se pretende analizar el proceso de control y los resultados de aceptación obtenidos en una obra (real) con los criterios explicados anteriormente.

En esta obra de edificio de 7 plantas se suministró un hormigón HA-25/B/20/Ila. 257 m³ iban destinados a zapatas y cimentaciones, 161 m³ para muros y pilares (que soportan 3390 m² de superficie) y 619 m³ para vigas y forjados (correspondientes a éstos 3390 m²). Se realizaron controles a 3 camiones por lote (el número N de amasadas controladas es 3).

Para determinar los lotes, se determinan asimismo los volúmenes, superficies, tiempos de ejecución y plantas de la estructura:

Totales	Pilares + muros	Forjados	Zapatas
Volumen	161	619	257
Semanas	13	13	2
Superficie	3390	3390	-
Plantas	7	7	-

Los lotes para hormigón sin D.O.R. resultan ser en total 17, según se puede observar en la Tabla 5. En ella se dividen los datos de la anterior entre los de la tabla de tamaños máximos de lote (86.5.4.1), se redondean por exceso y se selecciona, por cada columna, el valor mayor. Ver Tabla 5.

Es decir, **17 lotes** x 3 camiones controlados por cada lote x 2 probetas = **102 probetas**.

En el supuesto de que el hormigón suministrado estuviera en posesión de un D.O.R., los resultados serían los que se muestran en la Tabla 6.

Es decir, **7 lotes** x 1 camión controlado por cada lote x 2 probetas = **14 probetas**.

Los resultados de tensión de rotura a compresión son todos resultados medios, obtenidos como media de las 2 probetas ensayadas a compresión a 28 días ($n_{28}=2$) de una obra ejecutada según EHE-08 sin D.O.R. con N=3.

Nótese que **todos los resultados individuales son superiores a la resistencia característica** ($x_i > 25$ MPa).

Para la aplicación de los criterios de aceptación se ha utilizado el concepto de resistencia estimada. La resistencia estimada, a pesar de que no se define como tal en la EHE-08, es el valor de la operación algebraica que se compara con la característica para decidir la aceptación:

	Camión 1 (media de 2 probetas)	Camión 2 (media de 2 probetas)	Camión 3 (media de 2 probetas)
Lote 1	38,20	35,70	29,40
Lote 2	34,50	28,30	31,00
Lote 3	27,60	31,70	30,60
Lote 4	30,50	35,30	39,40
Lote 5	31,90	30,40	38,00
Lote 6	38,10	29,60	34,50
Lote 7	33,80	35,60	32,30
Lote 8	33,90	32,30	34,30
Lote 9	35,90	33,90	28,10
Lote 10	35,00	36,10	27,80
Lote 11	35,20	33,70	34,90
Lote 12	37,70	40,00	34,80
Lote 13	33,70	42,50	35,70
Lote 14	34,30	32,20	31,10
Lote 15	27,60	42,40	29,90
Lote 16	26,40	30,80	27,70
Lote 17	37,30	36,10	30,10

a. Caso EHE-08 sin D.O.R.

En el caso de aplicar los criterios que indica la Instrucción para hormigones sin distintivo, se empezaría utilizando el caso 2 hasta disponer de 37 resultados. Es decir, teniendo en cuenta que existen 3 resultados por cada lote, los lotes del 1 hasta el 12 se evaluarían utilizando el criterio del caso 2, y del 13 al 17 el del caso 3.

$$\text{Caso 1: } f_{est} = \bar{x} - 1,02 r_n \geq f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\text{Caso 2: } f_{est} = x_{(1)} - 0,85 s_{35} \geq f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

Veamos a continuación, los resultados de aceptación o rechazo con la nueva Instrucción.

Tabla 5.

TIPO DE ELEMENTO			
	PILAS, PILOTES, MUROS PORTANTES	VIGAS, FORJADOS, MUROS DE CONTENCIÓN	ZAPATAS, BLOQUES
Volumen (m³)	161/100 -> 2	619 / 100 -> 7	257 / 100 -> 3
Tiempo máximo (semanas)	13 / 2 -> 7	13 / 2 -> 7	2 / 1 -> 2
Superficie construida (m²)	300 / 500 -> 7	3.390 / 1.000 -> 4	-
Nº de plantas	7 / 2 -> 4	7 / 2 -> 4	-
Lotes (valor mayor de la columna)	7	7	3

Tabla 6.

TIPO DE ELEMENTO			
	PILAS, PILOTES, MUROS PORTANTES	VIGAS, FORJADOS, MUROS DE CONTENCIÓN	ZAPATAS, BLOQUES
Volumen (m³)	161/500 -> 1	619 / 500 -> 2	257 / 500 -> 1
Tiempo máximo (semanas)	13 / 6 -> 3	13 / 6 -> 3	2 / 5 -> 1
Superficie construida (m²)	3.390 / 2.500 -> 2	3.390 / 5.000 -> 1	-
Nº de plantas	7 / 10 -> 1	7 / 10 -> 1	-
Lotes (valor mayor de la columna)	3	3	1

b. Caso EHE-08 con D.O.R.

Aplicar los criterios de aceptación para el caso de hormigón con Distintivo Oficialmente Reconocido (D.O.R.) permitirá, en primer lugar, reducir tanto el número de lotes como el de camiones controlados por cada lote. Además el criterio de recepción desaparece y se convierte en uno de mera identificación en obra.

Señálese que la fabricación de referencia no cumple con las indicaciones que exigen los reglamentos de los D.O.R. en cuanto a dispersión, por lo que el hormigón de por sí no podría estar en posesión de dicho D.O.R. Aun así, veamos qué sucedería en obra si este hormigón como tal tuviera distintivo.

En pos de una justa comparación se deberían tomar valores al azar y comprobar que las muestras son aceptables. Es decir, de los 51 valores controlados, tomar sólo 7 y comparar el valor con la característica (25 MPa)

$$x_i \geq f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

En este caso real, todos las posibles elecciones de 7 al azar son favorables, ya que la totalidad de resultados individuales son superiores a 25 MPa.

Es decir, en el 100% de las múltiples posibilidades, este hormigón con D.O.R. sería correctamente identificado en obra.

	Camión 1 (media de 2 probetas)	Camión 2 (media de 2 probetas)	Camión 3 (media de 2 probetas)	Resistencia estimada	Caso EHE-08 (caso 2 hasta 36 resultados y 3 a partir de 37)
Lote 1	38,20	35,70	29,40	25,46 ≥ 25	2
Lote 2	34,50	28,30	31,00	24,94 < 25	2
Lote 3	27,60	31,70	30,60	25,78 ≥ 25	2
Lote 4	30,50	35,30	39,40	25,99 ≥ 25	2
Lote 5	31,90	30,40	38,00	25,68 ≥ 25	2
Lote 6	38,10	29,60	34,50	25,40 ≥ 25	2
Lote 7	33,80	35,60	32,30	30,53 ≥ 25	2
Lote 8	33,90	32,30	34,30	31,46 ≥ 25	2
Lote 9	35,90	33,90	28,10	24,68 < 25	2
Lote 10	35,00	36,10	37,80	24,50 < 25	2
Lote 11	35,20	33,70	34,90	33,07 ≥ 25	2
Lote 12	37,70	40,00	34,80	32,20 ≥ 25	2
Lote 13	33,70	42,50	35,70	30,89 ≥ 25	3
Lote 14	34,30	32,20	31,10	28,34 ≥ 25	3
Lote 15	27,60	42,40	29,90	24,84 < 25	3
Lote 16	36,40	30,80	27,70	23,29 < 25	3
Lote 17	37,30	36,10	30,10	26,75 ≥ 25	3

Rechazándose 5 de los 17 lotes. Es decir, 5 lotes que tenían todos sus valores de resistencia superiores a la característica son rechazables con la EHE-08 en este ejemplo, debido a la dispersión.

9. Ejemplo de realización de ensayos de información complementaria

Para dos lotes del mismo hormigón HA-30, no aceptados por el criterio de la EHE-08, se decide realizar una campaña de ensayos de información complementaria para determinar la aceptación o rechazo de los elementos implicados.

Para economizar el coste de los ensayos, se decide evaluar el primer lote a través de testigos, y aprovechar los mismos para poner a punto la interpretación mediante curva básica de los ensayos de índice de rebote (esclerometría) y ensayar con éste método el segundo lote.

Para evaluar la resistencia in situ se decide utilizar el Apartado 7 de la norma UNE-EN 13791 para planificar e interpretar los testigos, y el Apartado 8 para la esclerometría.

• LOTE 1:

Se toman de los elementos del lote un total de 15 testigos de 100 mm de diámetro por aproximadamente 200 mm de longitud, sin interceptar armaduras principales. Los resultados obtenidos y los cálculos realizados se muestran en la tabla (son resultados reales de una campaña de testigos de un HA-30):

nº de testigo	Tensión de rotura	K_s (esbeltez)	f_{is}
1	41,46	0,99	41,24
2	39,52	1,00	39,37
3	37,19	0,99	36,95
4	42,07	0,99	41,83
5	36,42	1,00	36,24
6	42,31	1,00	42,14
7	33,55	1,00	33,39
8	30,91	0,99	30,75
9	33,13	1,00	33,02
10	30,11	0,98	29,64
11	33,21	0,98	32,52
12	29,31	0,99	29,12
13	32,83	0,99	32,64
14	27,65	0,99	27,49
15	33,77	1,00	33,63

$$s_{15} = 4,76$$

$$f_{media,is} - 1,645 \times s = 26,82$$

$$f_{minima,is} + 4 = 31,49$$

$$f_{ck,is} = 26,82$$

$$f_{ck,minima} = 25,50 (30 / 0,85)$$

Como $f_{ck,is} > f_{ck,minima}$ -> El lote se acepta

• LOTE 2

En los 15 puntos de extracción de los testigos se han realizado medidas del índice de rebote. Si se representan los valores obtenidos sobre la curva básica (UNE-EN 13971, Tabla 2) se obtiene:

nº de testigo	f_{is}	Valor R (rebote)
1	41,24	40
2	39,37	37
3	36,95	37
4	41,83	42
5	36,24	36
6	42,14	41
7	33,39	37
8	30,75	32
9	33,02	37
10	29,64	33
11	32,52	35
12	29,12	31
13	32,64	36
14	27,49	30
15	33,63	34

Es evidente que la curva básica se encuentra por debajo de lo que indica la relación entre índice de rebote y resistencia de testigos. Se desplaza la curva básica según la norma, considerando los valores:

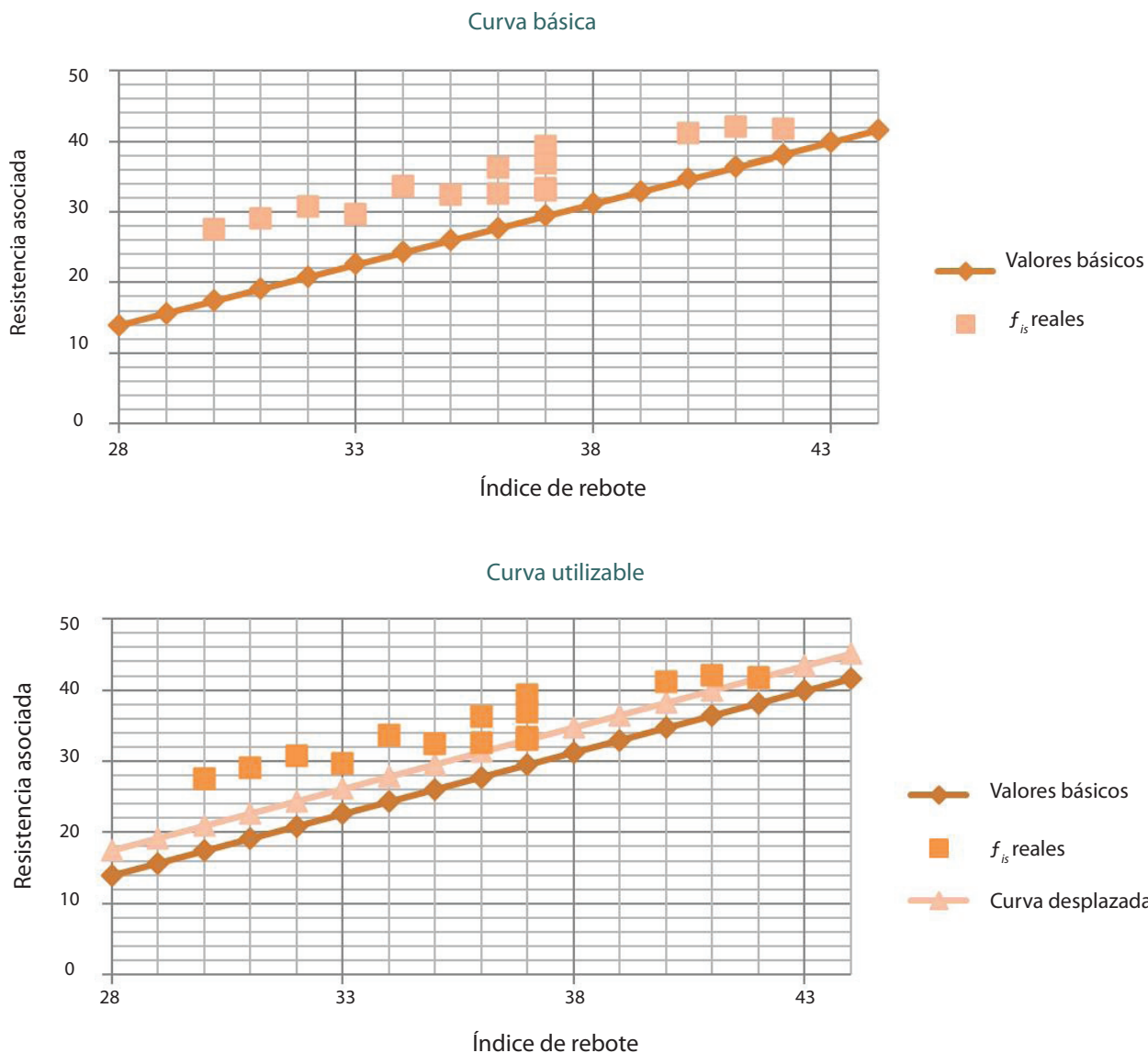
- Media de las distancias entre los puntos y la curva:
 $\delta_{m(n)} = 7,11$ MPa
- Coeficiente tabulado: $k_1 = 1,48$ (por utilizar 15 parejas de resultados)
- Desviación típica de las diferencias: $s = 2,42$ MPa

Y se determina:

$$\Delta f = \delta_{m(n)} - k_1 \times s = 3,53$$

Desplazándose la curva básica de la norma esta cantidad hacia arriba. Ésta última curva desplazada (que es más o menos conservadora en función del tamaño de la muestra y de la dispersión) se utilizará para obtener resultados de fis sin necesidad de extraer testigos.

Los resultados de f_{is} obtenidos del eje de ordenadas a partir de índices de rebote (R) se podrán utilizar de la misma manera que en el ejemplo del lote 1.



10. Preguntas frecuentes

- **¿Por qué hormigones que resultaban aptos con instrucciones anteriores dejan de serlo aplicando los criterios de recepción de la actual EHE-08?**

La EHE-08 ha cambiado los criterios de aceptación de su control estadístico por varias razones:

- Los condicionantes del propio cálculo han cambiado, asignándose al material hormigón en muchos casos una mayor confianza (variación de coeficientes parciales de seguridad, coeficiente de cansancio, cuantías de armado, etc.). Para mantener la fiabilidad estructural global, y con ello la seguridad, también los criterios de aceptación de los materiales han de cambiar.

- Las probabilidades de aceptación de hormigones estrictamente conformes se han establecido en el 50% para hormigones sin D.O.R. y en el 45% para hormigones con D.O.R. Es decir, los riesgos derivados de un muestreo estadístico se han repartido equitativamente entre fabricante y consumidor (cosa que antes no ocurría).

- **¿Por qué hormigones con valores de resistencia individual superior a la característica no son aceptables por su dispersión?**

A veces resulta difícil entender el rechazo de un hormigón cuando los valores individuales que se someten un criterio estadístico de aceptación son todos superiores a la resistencia característica. La razón está en la estadística: a

menor muestra, el criterio ha de ser más conservador para mantener la seguridad.

A modo de ejemplo, si se revisa la calidad de un producto (pongamos: manzanas en cajas transportadas en camión) con una gran población (un camión con 100 cajas) a través de una pequeña muestra (se revisan 3 cajas) no podemos permitir que haya mucha dispersión (una caja con manzanas muy verdes, otra en su punto y otra muy madura) ya que, al no estar comprobando la totalidad de los productos, es de esperar por la dispersión apreciada, que parte de la población tenga una calidad intolerable (se puede esperar en el ejemplo con bastante certeza que algunas cajas de manzanas estén podridas).

- **Por desconocer los nuevos criterios de aceptación de la EHE-08 no se han aplicado en el control de la obra que dirijo. ¿Qué debo hacer? ¿Qué consecuencias puede tener esta decisión?**

La tipificación idéntica de los hormigones con la anterior norma EHE (98) y con la actual EHE-08 puede suponer, en algunos casos, que se haya suministrado un hormigón fabricado según EHE (98) con el desconocimiento del usuario o encargado de la recepción.

Sin embargo, la ejecución y el control de una obra calculada con la EHE-08 debe de ajustarse a las indicaciones de dicha norma, ya que la fiabilidad estructural se mantiene igual pero desplazados los márgenes de la fiabilidad desde el cálculo al control. Es decir, calcular y proyectar una estructura con la EHE-08 y controlar con la EHE (98) no es seguro, por lo que sería conveniente asegurarse a través de ensayos de información complementaria de la conformidad del hormigón colocado.

- **En mi obra se va a suministrar un tipo de hormigón durante un periodo mayor a la validez del certificado de ensayos característicos de dosificación, o más de 6 meses. ¿Debo exigir que se actualice el certificado de dosificación?**

No, ya que este documento debe de encontrarse disponible y con validez de fecha en el momento del comienzo del suministro. Una vez comenzado el suministro no es necesaria su actualización.

- **Si en una obra con control estadístico no es posible sacar probetas al mínimo número de amasadas (por ejemplo, 1 o 2 camiones en un lote), ¿cómo se evalúa ese lote?**

Si no se puede llegar al valor mínimo de muestra exigido por la EHE-08 porque no se suministran para el lote más de



2 camiones (el mínimo es de 3 por lote), ese lote debería entenderse controlado en su totalidad (al 100%, aunque el control de la obra sea estadístico), y por lo tanto deberá de aceptarse con los criterios de conformidad del control al 100%. En tal caso, si el camión o ambos camiones tienen resistencias superiores a la característica, el lote será aceptado.

El control del resto de lotes podrá y deberá hacerse con los controles estadísticos habituales.

- **El volumen de mi obra no permite formar 3 lotes con 3 amasadas controladas (camiones) cada uno. ¿Cómo puedo hacer el control?**

Los comentarios de la Comisión Permanente del Hormigón aclaran que se pueden hacer juiciosas adaptaciones en el tamaño de los lotes en el caso de muestreos excesivamente grandes. Un control al 100% (a todos los camiones) puede ser en muchos casos una solución a este problema.

- **¿Cómo conocer los Distintivos Oficialmente Reconocidos existentes, o verificar el reconocimiento oficial de uno?**

La Comisión Permanente del Hormigón ha puesto a disposición un apartado Web en donde se pueden consultar los reconocimientos de distintivos. La dirección de la misma es www.fomento.es/cph.



Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones

C/ José Abascal, 53 - 1º

28003 Madrid

T.: +34 91 442 93 11

tecnologia@ieca.es

www.ieca.es