

2.- HORMIGÓN

08

Control de calidad

1. Tipos de control

El Control del hormigón, al margen de sus componentes, consiste en la comprobación de:

- **Consistencia (EHE, 83.º)**
- **Durabilidad (EHE, 85.º)**
- **Resistencia (EHE, 84.º)**

1.1 Control de la consistencia

Se determinará el valor de la consistencia, mediante el cono de Abrams de acuerdo con la UNE 83313:90 (EHE, 83.2) sobre un mínimo de 2 muestras de la misma amasada:

- Siempre que se fabriquen probetas para la resistencia
- Cuando se haga control reducido (EHE, 88.2)
- Cuando lo ordene la Dirección de Obra

1.2 Control de la Durabilidad

Este tipo de control es completamente nuevo en el articulado de la EHE. Consiste en :

- Control de que en la hoja de suministro figura el contenido mínimo de cemento y relación agua/cemento correspondiente a las clases de exposición especificadas en el proyecto
- Control de la profundidad de penetración de agua sobre tres probetas según UNE 83309:90

Se llevará a cabo **siempre** que el proyecto especifique **alguna clase de exposición específica** para el hormigón concreto de que se trate o especifique las clases generales de exposición **III ó IV**

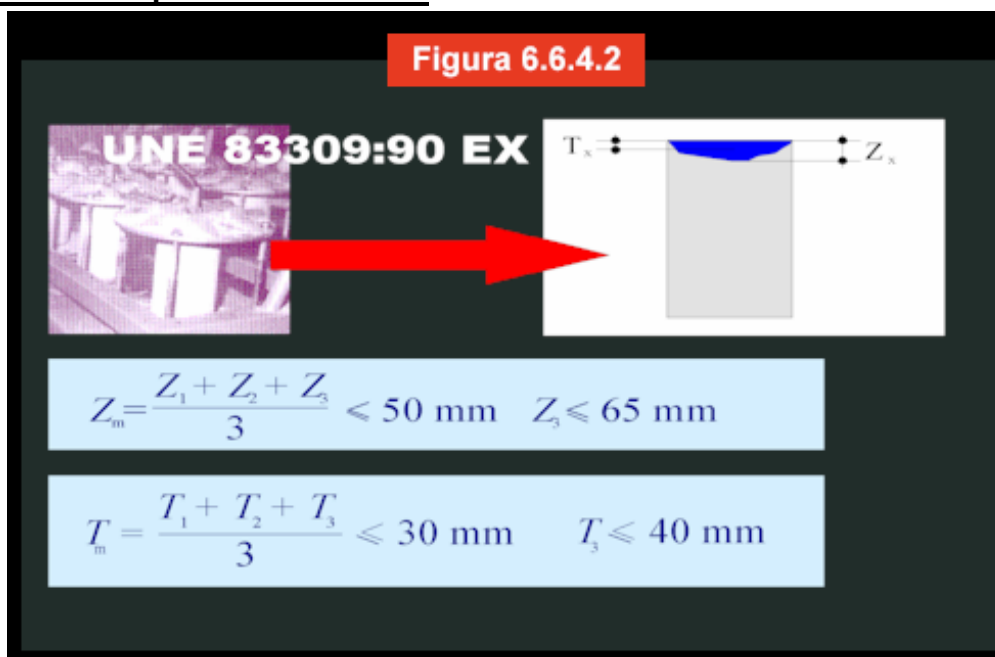
Se puede eximir de este ensayo cuando se den las siguientes circunstancias:

- **La central cuenta con un CC-EHE o un Distintivo Reconocido**
- **La central acredita haber realizado los ensayos de durabilidad con documentación que incluya la siguiente información:**
 - Composición de las dosificaciones del hormigón que se van a emplear en la obra
 - Identificación de las materias primas del hormigón a emplear en la obra
 - Informe con los resultados del ensayo según UNE 83309:90 EX. **Efectuado por un laboratorio oficial u oficialmente acreditado**
 - Materias primas y dosificaciones empleadas para la fabricación de las probetas utilizadas para los ensayos anteriores

Estos ensayos son para la dosificación. No son ensayos de control sistemáticos. Se hacen una sola vez antes del comienzo y para cada una de las fórmulas de dosificación propuestas para cada tipo de hormigón de la obra. La EHE permite, para hormigones fabricados en central que se sustituya estos ensayos por la documentación acreditativa de haberlos hecho ya con éxito para estas mismas dosificaciones con **las mismas materias primas** a emplear en obra y con una antigüedad no mayor de seis meses

Igualmente, si la centra tiene algún distintivo reconocido o CC-EHE (Como es el caso del Sello INCE) que incluya entre sus especificaciones la realización del ensayo de permeabilidad, se la podrá eximir de la realización de estos ensayos. En la Resolución del Ministerio de Fomento de 29 de julio de 1999 (BOE15 de septiembre de 1999), sobre le Sello INCE, se cumple ésta condición y la del período máximo de seis meses.

1.3.1 Criterios para la durabilidad



La figura deja claro como enjuiciar una dosificación a partir del ensayo de durabilidad. Es un control de Tipo para **CADA** tipo de dosificación y no de control sistemático. Mucho menos son ensayos para realizar sobre testigos extraídos del hormigón endurecido.

1.3 Control de resistencia

En el marco de la EHE, los ensayos de resistencia para el control lo podrán llevar a cabo los siguientes tipos de laboratorio:

- Los acreditados por el Real Decreto 1230/1989 de 13 de octubre de 1989 **en obras de edificación**¹
- Los acreditados por ENAC **en el control de producción**
- Ambos tipos **para el resto de los casos**²

Como se ha visto el control de resistencia forma parte un conjunto de operaciones realizadas antes y después de él:

I Ensayos Previos

Antes del comienzo, si no se tiene experiencias con los materiales y su dosificación (EHE, 86.º)

II Ensayos Característicos

Antes del comienzo, si no se tiene experiencias con las instalaciones (EHE, 87.º)

III Ensayos de Control

Durante la ejecución, para comprobar los valores especificados (EHE. 88.º)

IV Ensayos de Información

En caso de valores que incumplan los criterios de aceptación y rechazo (EHE, 88.5)-(EHE, 89.º)

1.3.1 Ensayos de control

La EHE establece tres tipos de ensayos de control:

- A. Reducido
- B. 100 por 100
- C. Estadístico

¹ La EHE recomienda que se empleen preferentemente estos laboratorios en todos los casos.

² Las disposiciones sobre control interno o de producción aceptan la utilización de los laboratorios denominados «propios».



El control reducido y estadístico se han de establecer en el proyecto, por su implicación en los niveles de seguridad en la fase de cálculo de la estructura y no podrán ser cambiados en obra sin contar con autorización expresa y escrita del Autor del Proyecto.

1.3.1.1 Ensayos reducido

El control reducido es poco exigente y está reservado a obras de escasa entidad (EHE, 88.2). **¡No se podrá establecer este nivel cuando se den las clases de exposición general III y IV!**

Esta modalidad de control consiste en:

- Un mínimo de cuatro determinaciones de consistencia espaciadas a lo largo de la jornada de hormigonado

1.3.1.2 Control 100 por 100

Este tipo de control era denominado control total en la EH-91. Se da cuando se determina la resistencia de todas las amasadas de un lote. La resistencia característica conocida por esta modalidad es la real del hormigón y viene indicada por el valor de resistencia que ocupa uno de los siguientes lugares en la serie de todos los valores ordenados de menor a mayor:

Tabla 1	
Lugar de la resistencia característica	
Número de amasadas Nº	Lugar del valor característico
≤ 20	1º
$20 < N^{\circ} \leq 40$	2º
$40 < N^{\circ} \leq 60$	3º



Esta modalidad de control no se suele establecer desde el proyecto, sino que es a menudo la consecuencia de la combinación en un lote de una cantidad relativamente pequeña de hormigón con unidades de productos (amasadas) de cierto tamaño (6 o 10 m³). Lo razonable, en estos casos, es aprovechar la circunstancia para conocer la resistencia real del hormigón suministrado, en vez de acudir al control estadístico.

1.3.1.3 Control estadístico

Esta es la modalidad de control más utilizada. Está basada en criterios estadísticos que permiten extrapolar los cálculos hechos con los valores de una muestra relativamente pequeña a la totalidad del lote.

2. Planificación del control estadístico

A efectos de una mejor comprensión del sistema propuesto (EHE.88.4), se hacen las siguientes precisiones:

Hay que distinguir entre

- **elementos**, que pueden tener distintas funciones resistentes
 - **flexión:**
 - forjados
 - tableros de puentes
 - muros de contención
 - **compresión:**
 - pilares
 - pilotes
 - pilas
 - muros portantes
- **Tipologías estructurales**, que pueden incluir distinto tipos de elementos
 - **(A) Estructuras con elemento comprimidos** (incluyendo o no elementos a flexión):
 - Estructuras de pórticos
 - Pilotes
 - Muros portantes
 - **(B) Estructuras con solamente elementos a flexión:**
 - Estructuras de forjados sin soportes de hormigón
 - Tableros de puentes
 - Estructuras con muros de contención
 - **(C) Estructura con solamente grandes macizos:**
 - Zapatas, Encepados o Estribos de puentes

Hechas estas distinciones la EHE indica que el control de las estructuras se ha de llevar a cabo dividiendo la obra en partes que denomina «lotes»³. Para fijar el número de lotes de la obra proporciona una tabla (EHE, Tabla 88.4.a)

Al empleo de esa tabla la EHE establece las siguientes limitaciones

1

No se mezclarán en un mismo lote elementos de tipología estructural distinta, es decir, que pertenezcan a columnas distintas de la tabla 88.4.a. de la EHE

³ La expresión «lote» es más propia del control de producción donde el hormigón es resultado de una actividad industrial continua. En el control de recepción sería más apropiado hablar de «partes de la obra».



Se ha subrayado la expresión «tipología estructural», porque, al estar arraigada en los comportamientos técnicos la separación de los lotes de elementos de función resistente distinta, cabe la confusión de no utilizar, por ejemplo vigas y pilares en un mismo lote. A este respecto, debe tenerse en cuenta que vigas y pilares juntos constituyen una única tipología estructural (los pórticos). La prohibición de no mezclar en un mismo lote tipologías estructurales distintas viene a sustituir a la de no mezclar elementos de distinta función resistente de la EH-91. En general, no se comprende este cambio, porque los profesionales del control declaran preferir la separación entre elementos comprimidos y a flexión.

2

Cuando la central suministradora de hormigón preparado⁴ esté en posesión de un Distintivo Reconocido (EHE, 1.º), los criterios de la tabla 88.4.a se doblarán, siempre y cuando este criterio no proporcione menos de tres lotes. En este caso el número de lotes será de tres y, siempre que sea posible, se incluirán en cada lote los tres tipos de elementos estructurales de la tabla 88.4.a. de la EHE



Esta es una condición que está levantando no poca polémica. La razón está en que su redacción responde a los criterios de la EH-91 y tiene mas encaje en los criterios del la EHE. En este caso, al contrario que en el del párrafo 1, no se ha sustituido la expresión «elemento» por la de «tipología estructural». La consecuencia es que una simple obra de dos plantas con pórticos que incluyen elementos a flexión y vigas, con su correspondiente cimentación, en aplicación de la letra del párrafo es necesario programar tres lotes, uno para cimientos, otro para pilares y otro para forjados y vigas; con lo que no todo el mundo está de acuerdo. Esta distribución no es contradictoria con la EHE.

3

No se mezclarán, en un mismo lote, amasadas que no procedan del mismo suministrador, estén elaboradas con distintas materias primas o no estén elaboradas con la misma dosificación nominal.



Esta es una condición muy dura que, sin embargo, suele pasar desapercibida, dada la falta de información, hasta ahora, en relación con el proceso de fabricación. Este criterio justifica que en las tipologías estructurales en las que los elementos comprimidos sean hormigonados con un tipo distinto de hormigón (por ejemplo, de alta resistencia), tengan que ser separados de los elementos a flexión, como indica el sentido común.

⁴ No contempla la EHE, hasta el momento, la posibilidad de que las centrales de obra tengan un distintivo reconocido

4

Cuando la estructura es isostática los elementos comprimidos se separarán de los elementos a flexión, tal y como se deduce de los comentarios de la Comisión Permanente (EHE, 88.4 comentarios)



Algo de confusión produce en los usuarios la combinación de la tabla 88.4.a y las limitaciones, hasta el extremo de que se ha llegado a plantear, con toda seriedad, cómo tratar los pilares a flexotracción. Se razona como si la EHE platease una relación metafísica entre la distribución de lotes y la situación funcional de los elementos. Todo es más sencillo, o debería serlo: sólo se trata de llevar a cabo un muestreo del hormigón de forma práctica y técnicamente solvente.

Tabla 1			
Límites máximos para el establecimiento de los lotes			
Criterios	Tipo de elemento		
	Estructuras Tipo A	Estructuras Tipo B	Estructuras Tipo C
Volumen de hormigón	100 m ³	100 m ³	100 m ³
Número de amasadas ⁵	50	50	100
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semanas
Superficie construida	500 m ²	1000 m ²	-
Número de plantas	2	2	-
Estructuras A	Son las que contienen elementos a compresión, tales como pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.), lo que no excluye que contengan otro tipo de elementos (a flexión); pero siempre que la unión entre elementos comprimidos y elementos a flexión forme un nudo. El ejemplo más típico son las estructuras de pórticos o la combinación de un forjado y un muro portante, que, a la vez lo sea de contención. .		

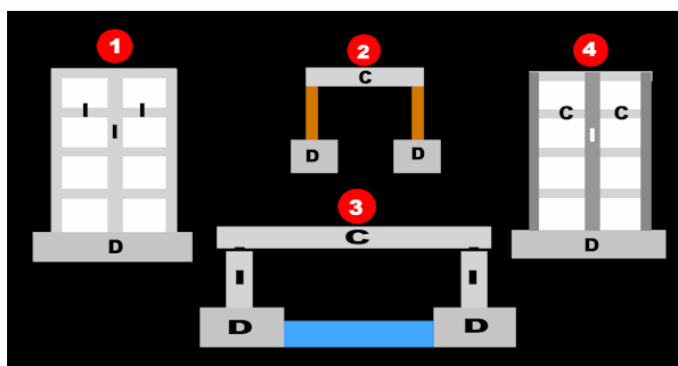
⁵ Al pie de la tabla 88.4.a se dice que el criterio de número de amasadas no es de aplicación en las obras de edificación. La razón estriba en el empleo, cada vez menos extendido, de amasadoras de pequeño volumen, que provocan un número de lotes poco razonable

Estructuras B	Son las que solamente contienen elementos a flexión tales como forjados, tableros de puentes, muros de contención, etc o contando con elementos a compresión el apoyo es simple (sin formar nudo).
Estructuras C	Son las que solamente contienen elementos masivos tales como zapatas, estribos de puentes, etc.



Una de la razones aportadas para el cambio del criterio de elementos al de tipologías estructurales es la reducción del tamaño del lote en aquellas estructuras donde existen elementos a compresión (la situación, generalmente, más comprometida).

Como resumen, del articulado y comentarios se proporciona la figura que sigue, en la que se dan tres ejemplos de estructuras para las que se señalan las columnas que son de aplicación a cada tipo de elemento con las letras «I» (columna izquierda); «C» (columna central) y «D» (derecha). Los ejemplos son: **1**, de una estructura de pórticos con igual hormigón en pilares y vigas; **2**, un forjado sobre fábrica; **3**, Un puente y **4**, un pórtico con pilares de alta resistencia.



Una vez dividida la obra en lotes es necesario establecer el tamaño de la muestra. La EH-91 no ponía mas condición que un valor mínimo de 2. La EHE, sin embargo asocia el tamaño de la muestra a la resistencia especificada, con lo que, indirectamente, relaciona el tamaño de la muestra con las clases de exposición ambiental. El resultado es el siguiente.

$f_{ck} \leq 25 \text{ Nmm}^2$ (Solo aplicable al hormigón en masa)	$N \geq 2$
--	------------

$25 \text{ Nmm}^2 < f_{ck} \leq 35 \text{ Nmm}^2$	$N \geq 4$
$f_{ck} > 35 \text{ Nmm}^2$	$N \geq 6$

La planificación del control tiene como objetivo que las decisiones de aceptación o rechazo que se tomen afecten a una parte de la estructura cuyo tamaño no resulte ni pequeño, lo que obligaría a numerosas tomas de muestras, ni grande lo que podría suponer paralizaciones graves para la obra.

Por eso, la Instrucción EHE proporciona cinco valores de magnitudes (volumen, número de amasadas, superficie, duración y número de plantas) que no deben ser superados. La razón de ofrecer cinco magnitudes es la de evitar que un lote resulte excesivo por alguna de ellas. Así una losa de cimentación de pequeña superficie en planta puede resultar que contiene un gran volumen de hormigón por su profundidad. En última instancia se busca que el hormigón sometido a control mantenga la condición primera de todo control estadístico: que todas las unidades de producto procedan de la misma población. Lo que puede no ocurrir cuando el volumen es grande (y parte esté fabricado en otras instalaciones), o el tiempo transcurrido durante la ejecución haya provocado un cambio de materias primas.

No debe perderse de vista que lo que se controlan son partes de una estructura y no porciones de hormigón procedentes de una producción continua. En este sentido cabe flexibilidad (hasta + 10%) en los tamaños de los lotes para que sea posible aplicar el sentido constructivo del que planifica el control. De este modo se evitarán lotes que crucen juntas o lotes que contengan porciones pocos razonables de plantas distintas.

Hay que asegurarse de que el hormigón sometido a control proceda de la misma población (desde el punto de vista estadístico). Por eso:

- Debe estar realizado en las mismas instalaciones (no confundir con la misma empresa)
- Con las mismas materias primas
- Con la misma consigna de dosificación (aunque varíe un solo componente)

En cuanto a los criterios de no mezclar hormigón que vaya a emplearse en tipologías estructurales distintas (sin nudos hiperestáticos) no tiene más intención que evitar que los lotes de elementos más comprometidos (elementos comprimidos) sean excesivamente grandes. Es decir no hay razones cualitativas, salvo que se usen distintas dosificaciones. El proceso de planificación debe seguir la siguiente secuencia:

1. Dividir la estructura en partes por cada tipo de designación, dosificación y materias primas de hormigón empleadas.
2. Dividir cada parte de 1 por cada tipología estructural (A, B, C de la tabla 1 de la lección 15)
3. Medir en cada parte de 2:
 - a. El volumen de hormigón
 - b. El número de amasadas previstas

- c. La superficie en planta
- d. El tiempo de ejecución previsto
- e. El número de plantas potencialmente involucradas
4. Dividir cada medición por el tamaño máximo admitido por la tabla 1.
5. Escoger el cociente mayor redondeado a la unidad. Este número es el mínimo número de lotes de que debe constar esa parte de la obra.
6. Aplicar el número de lotes al tipo estructural de que se trate teniendo en cuenta su geometría y el proceso constructivo previsto. Este proceso dará, seguramente un mayor número de lotes si se tiene en cuenta los siguientes criterios constructivos **voluntarios**:
 - a. No mezclar elementos comprimidos y elementos a flexión aunque la estructura sea hiperestática
 - b. No cruzar juntas con un mismo lote
 - c. Procurar que en edificios regulares los lotes tengan la misma distribución de una planta a otra.
 - d. Los muros pueden ser portantes, de contención o mixtos
 - e. Otros
7. Establecer el tamaño de la muestra por cada lote

En los planes de control es fundamental la nomenclatura a emplear para que todo los agentes que participan:

- Director de la ejecución, redactor del plan
- Laboratorio de ensayos que toma muestras y ensaya los materiales
- Responsable de la constructora relativo al control
- Operarios

Utilicen un mismo lenguaje a la hora de actuar y tomar decisiones. Los sistemas de codificación (nomenclatura) utilizados son varios. Unos son secuenciales y otros son analógicos (dan información sobre la situación del lote en la estructura). También los hay mixtos.

Sistemas secuenciales

Estos sistemas se limitan a numerar los lotes de acuerdo a los números enteros sucesivos siguiendo formas en S o en Z. Tiene la ventaja de la sencillez de planificación y la desventaja de que cualquier consulta necesita contar con los planos correspondientes, donde el número del lote cobre sentido.

Sistemas analógicos

Estos sistemas tratan de que el código del lote informe sobre su posición en la estructura. Naturalmente esto no es posible completamente sin complicar mucho el código. Para su objetivo designan cada tipo de elemento por una letra significativa (P.- Pilares; F.- Forjados y vigas, etc). A esta letra le añaden el número de la planta dentro de la estructura y finalmente con un número romano designan el lote dentro de la planta. Se procura que los lotes con el mismo número romano estén en la misma vertical. Así resultan lotes con designaciones tales como estas:

- P2-III

- F4-II

3. Estimación de resistencia en el control estadístico según la EHE

Una vez tratado el modo de establecer los lotes de hormigón y el tamaño de la muestra, es necesario tratar sobre la operación más delicada del control del hormigón: la estimación de resistencia. La EHE ha establecido un método con ciertas variantes respecto al establecido en la EH-91 en el primer estimador.

La EHE propone dos estimadores. El primero para tamaños de muestra $N < 6$ y el segundo para tamaños de muestra $N \geq 6$. Este último tiene la siguiente forma:

$f_{est} = 2 \cdot \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{m-1}}{m-1} - x_m$ no menor que $K_N \cdot x_1$, que es el valor que se obtendría con el primer estimador⁶, cuya expresión es la siguiente:

$$f_{est} = K_N \cdot x_1$$

En estas fórmulas:

$m=N$ (Si N es par) y $m=(N-1)/2$ si es impar. x_1, x_2 , etc son los valores de la muestra ordenados de menor a mayor de forma que $(x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_N)$, por tanto x_1 representa al menor valor de resistencia de la muestra ensayada en el lote y K_N es un coeficiente estadístico que depende de la dispersión del conjunto de hormigón elaborado del que procede la muestra.

La dificultad, reconocida por la EHE, de establecer la dispersión con las escasas muestras tomadas en cada obra concreta, dificulta el establecer con precisión el valor de K_N .

La propia Comisión Permanente del Hormigón reconoce en los comentarios al apartado 88.4.a que el mejor modo de resolver el problema es conocer de antemano la dispersión de la instalación que va a suministrar el hormigón. Para ello, el tejido industrial nacional está suficientemente dotado. Bastaría con obligar a que las instalaciones de hormigón certificarán su dispersión mediante el método que la propia Comisión Permanente propone con 35 valores para la determinación del coeficiente de variación (indicador clásico de la dispersión) por un laboratorio externo oficial o acreditado. A la espera de esa situación, mucho más racional y precisa para una correcta estimación de la resistencia del hormigón, la EHE ha establecido un método en el que, al menos, es reconocida la importancia de la dispersión para la estimación. Este método consiste en establecer un parámetro denominado **recorrido relativo** cuya expresión es la siguiente:

Donde:

⁶ La desaparición del nivel intenso de control condona, en la práctica, al desuso al 2º estimador en la edificación. Solamente en obras donde la resistencia $\frac{x_{max} - x_{min}}{x_m}$ sea mayor que 35 Nmm² se utilizará, debido a la obligatoriedad de que $N \geq 6$

r es el recorrido relativo

x_{max} es el valor de resistencia mayor de los de la muestra

x_{min} es el valor de resistencia menor de los de la muestra

x_m es el valor de resistencia medio de los de la muestra



El recorrido relativo, como cualquiera de los valores calculados a partir de los resultados de una muestra, tiene incertidumbre. Este valor del recorrido sirve para que las plantas de hormigón sean clasificadas «sobre la marcha» como de baja dispersión (bueno), de dispersión media (regular) o de dispersión alta (mala).

La EHE considera que las centrales⁷ de hormigón se clasifican a efectos de la estimación de la resistencia de hormigón en los siguientes cuatro tipos, que son el punto de partida para el proceso de estimación de resistencia.

A	Instalaciones con coeficiente de variación⁸ entre 0,08 - 0,13
B	Instalaciones con coeficiente de variación entre 0,13 - 0,16
C	Instalaciones con coeficiente de variación entre 0,16 - 0,20
Otros casos	Instalaciones con coeficiente de variación⁹ entre 0,20 - 0,25

Dado que, como se verá más adelante, las plantas pueden modificar su clasificación durante el proceso, es necesario conocer de antemano cuál es el punto de partida con anticipación.

Para ello, la EHE admite que el Suministrado declare la clase a la que pertenece su instalación¹⁰. Los tres tipos de clasificación de una central están asociados a la dispersión con la que fabrican el hormigón. Como ya se ha comentado la dispersión se mide con el coeficiente de variación.

⁷ Es muy importante tener presente que sólo se puede considerar a una instalación de hormigón como CENTRAL si cumple los requisitos del apartado 69.2 de la EHE.

⁸ El coeficiente de variación es un buen indicador de la dispersión de un hormigón. Su expresión es

$$v = \frac{\sigma}{x_m};$$

siendo el numerado la desviación estándar de la resistencia del hormigón y el

denominador la resistencia media.

¹⁰ Es importante saber que lo que se clasifica es una instalación concreta en una ubicación concreta y no un empresa.

Proceso de estimación

Previo

El suministrador declara la clasificación¹¹ de la instalación que va a suministrar el hormigón a la obra y el suministrador acredita estar, o no, en posesión vigente del sello INCE.

1

Se recibe del laboratorio los resultados de todas las amasadas del lote¹². N es el número de amasadas **realmente** controladas¹³.

Ejemplo 1:

la planta declara ser Clase **A**

La planta acredita tener la Marca AENOR

El tamaño de la muestra es **$N = 3$**

Los resultados de los ensayos son:

$$X_1 = 22,6 \text{ N/mm}^2$$

$$X_2 = 25,3 \text{ N/mm}^2$$

$$X_3 = 26,8 \text{ N/mm}^2$$

Dado que los instrumentos utilizados en la determinación de la resistencia según UNE 83304:84 tienen tres cifras significativas los resultados en N/mm^2 admiten un decimal con significado con valores $< 100 \text{ N/mm}^2$

Con estos valores,

$$x_m \text{ vale } (22,6 + 25,3 + 26,8)/3 = \mathbf{24,9 \text{ N/mm}^2}$$

$$r \text{ vale: } (26,8 - 22,6)/24,9 = \mathbf{0,17}$$

Ejemplo 2:

la planta declara ser Clase **A**

La planta acredita tener el sello **AENOR**

El tamaño de la muestra es **$N = 3$**

Los resultados de los ensayos son:

$$X_1 = 21,6 \text{ N/mm}^2$$

$$X_2 = 24,7 \text{ N/mm}^2$$

$$X_3 = 34,2 \text{ N/mm}^2$$

Con estos valores,

$$x_m \text{ vale } (21,6 + 24,7 + 34,2)/3 = \mathbf{26,8 \text{ N/mm}^2}$$

$$r \text{ vale: } (34,2 - 21,6)/26,8 = \mathbf{0,47}$$

¹¹ Esta dato debe exigirse que sea declarado en las hojas de suministro.

¹² Con el último resultado el laboratorio proporcionará (habitualmente) el valor del recorrido relativo.

¹³ En general, es un valor constante a lo largo de la obra para una misma clase de resistencia del hormigón controlado.

2

Si el laboratorio no ha proporcionado el valor del recorrido relativo r , se calcula. Con el valor de r se accede a la tabla 88.4.b de la EHE y comprueba si este valor es igual o menor que el que figura en el cruce de la fila correspondiente a N y la columna correspondiente a la condición de con sello o sin sello (para la clase A) o la columna correspondiente a la clase declarada por el suministrador, en el resto de los casos.

Tabla 1								
Tabla 88.4.b de la EHE								
Valores de K_N								
N	Hormigones fabricados en central							Otros Casos
	Clase A			Clase B		Clase C		
	r	K_N		r	K_N	r	K_N	K_N
		Con Sello	Sin Sello					
2	0,29	0,93	0,90	0,40	0,85	0,50	0,81	0,75
3	0,31	0,95	0,92	0,46	0,88	0,57	0,85	0,80

Ejemplo 1 (cont.):

En la tabla, para el cruce de $N=3$ con la columna de Clase A el valor **máximo** de r es de:

$$0,31 > 0,17 \text{ (valor calculado para el lote)}$$

La resistencia estimada del lote se calcula con el valor de K_N correspondiente a los siguientes parámetros

N=3 - Clase A - Central con Sello

Resultado

$$K_N = 0,95 \text{ y la resistencia estimada:}$$

$$f_{est} = 22,6 \cdot 0,95 = 21,5 \text{ N/mm}^2$$

Valor que se compara con la resistencia característica especificada f_{ck} Para tomar las decisiones oportunas.

Ejemplo 2 (cont.):

En la tabla para el cruce de $N=3$ con la columna de Clase A el valor **máximo** de r es de

$$0,31 < 0,47 \text{ (valor calculado para el lote)}$$

por lo que la planta, a pesar de la declaración del suministrador ha de ser clasificada, en principio como **B**. Pero como resulta que para el cruce de $N=3$ con la Columna de Clase B, el valor máximo de r es de

$$0,40 < 0,47 \text{ (valor calculado para el lote)}$$

La planta ha de ser clasificada, finalmente como **C**. En consecuencia, la resistencia estimada del lote se calcula con el valor de K_N correspondiente a los siguientes parámetros

$N=3$ - Clase C - Central con

Resultando

$K_N = 0,85$ y la resistencia estimada:

$$f_{est} = 21,6 \cdot 0,85 = 18,4 \text{ N/mm}^2$$

Valor que se compara con la resistencia característica especificada f_{ck} Para tomar las decisiones oportunas.

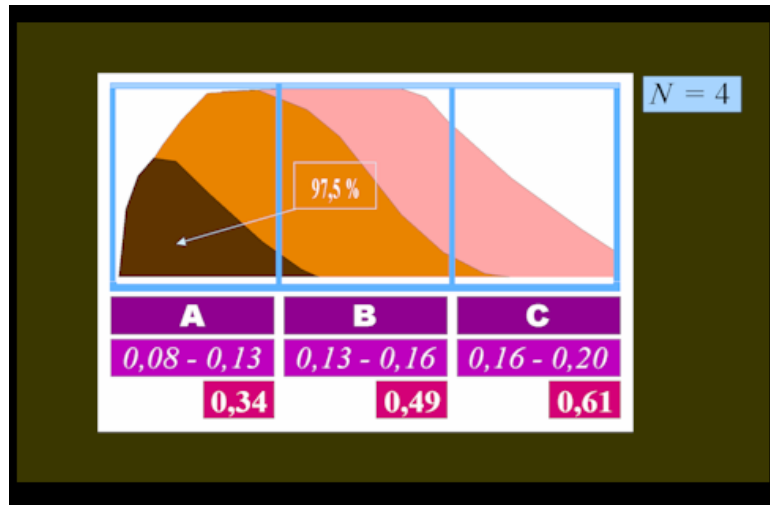
3

Si de la comparación resulta un cambio en la clasificación de la central, este cambio afecta ya al lote para el que se ha encontrado un recorrido relativo mayor que el que corresponde a la clasificación de la instalación hasta ese momento. Esta nueva situación se mantendrá mientras el recorrido relativo:

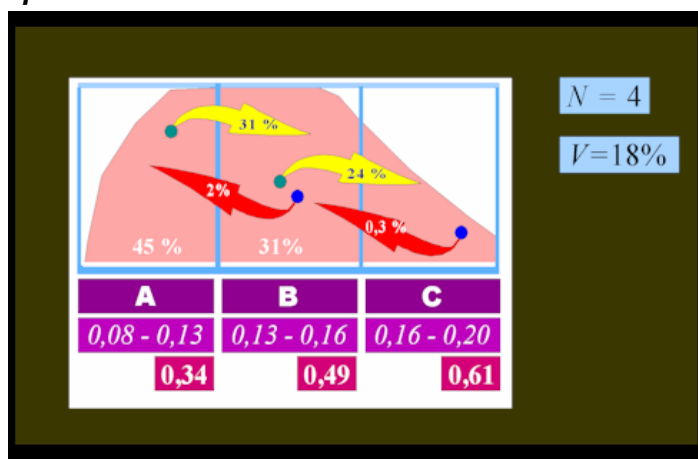
- sea mayor que el máximo correspondiente a la clasificación del momento
- sea menor durante cinco lotes seguidos. En este caso la instalación recupera la clasificación inmediatamente anterior. En este caso el quinto lote ya puede utilizar el K_N de la nueva clasificación

¡ La mejora de la clasificación sólo puede producirse de una en una!. De la C a la B de la B a la C. Siempre que se den cinco lotes seguidos con la obtención de un recorrido relativo menor que el de la clase inmediatamente anterior!

La razón de que se descienda en la clasificación con un solo valor no conforme y se necesiten cinco seguidos para ascender por la clasificación y, además de una en una, lo que implica para una planta que haya caído de A a C que necesita 10 lotes seguidos para recuperar la situación de partida, reside en la ambigüedad del método del recorrido relativo, como muestra la figura cualitativa siguiente



En la figura se superpone parte de la curvas de distribución de los recorridos relativos a las clases A, B y C. De esto modo se puede comprobar que si bien una planta tipo A tiene muy pocas probabilidades (2,5 %) de ser confundida con una planta de clase B y ninguna en la práctica de ser confundida con una tipo C, las instalaciones tipo B y C tienen una notable probabilidad de ser confundidas injustamente con instalaciones tipos A o A y B, respectivamente cuando el juicio se emite a un solo valor del recorrido relativo. Véase, a este respecto la figura cualitativa, en la que se indican cualitativamente las probabilidades de que una instalación de una clase determinada sea confundida con las de clases inferiores, así como la probabilidad de recuperar una clasificación más favorable con cinco resultados



favorables seguidos cuando, realmente, no se merece:

4. Criterios de aceptación o rechazo según la EHE

Para los criterios de aceptación o rechazo del hormigón, la EHE ha dispuesto varios apartados separados para cada una de las características del hormigón. En este manual vamos a tratar en este apartado todos los criterios para la toma de decisiones.

3.1 Criterios para la consistencia

3.1.1 Definición por el tipo de consistencia:

La media de los valores estará dentro del intervalo de consistencia

Ejemplo:

Si la consistencia es blanda, la media de las determinaciones estará entre 6 y 9 centímetros

3.1.2 Definición por asiento:

La media de los valores estará dentro del intervalo ampliado con la tolerancia

Ejemplo:

Si el asiento es de 8 cm (tolerancia ± 3 cm.) la media tendrá que estar entre 5 - 11 centímetros

3.2 Criterios para los ensayos previos

El valor medio de la resistencia tiene que ser mayor que el valor medio necesario para nuestras previsiones respecto de la dispersión esperada en la fabricación rutinaria del hormigón en obra.

3.3 Criterios para los ensayos característicos

Los valores de resistencia de las seis amasadas ensayadas deben cumplir la siguiente condición:

$$x_1 + x_2 - x_3 \geq f_{ck}$$

3.4 Criterios para los ensayos de control

3.4.1 Criterios para el control reducido

En el control reducido se actuará tomando medidas correctoras cuando la consistencia del hormigón no alcance los valores especificados.

3.4.2 Criterios para el control 100 por 100

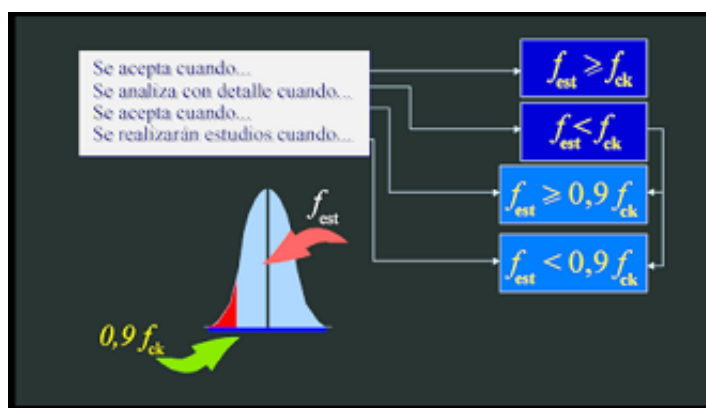
La EHE, al haber hecho que $f_{creal} = f_{est}$, a efectos de la toma de decisiones permite utilizar los mismos criterios que figuran más abajo.



Este enfoque de la EHE permite aceptar hormigones de resistencia $< f_{ck}$, lo que no parece muy razonable. Confiemos en que se modifique ese criterio pronto.

3.4.3 Criterios para el control estadístico

La figura 6.6.4.3.3.3 muestra las distintas opciones y decisiones a tomar con los ensayos de control estadístico.



La curva de gauss de la figura quiere mostrar un hecho olvidado a menudo: la estimación de resistencia está sometida a incertidumbre y ésta es la razón de que se acepten lotes cuya estimada sea inferior al valor especificado. Cuando la resistencia se sitúa sistemáticamente por debajo del valor especificado se debe hacer un estudio «cuidadoso» de las estimadas obtenidas hasta ese momento. La media de las estimadas de un mismo tipo nominal de hormigón es una buena guía para ese estudio.

3.5 Criterios para los ensayos de información

Los ensayos de información son complejos y deben ser realizados e interpretados por técnicos especializados. Pero su informe, en definitiva, nos indicará si la resistencia estimada menor que la especificada que obligó a realizar los ensayos de información **es pesimista u optimista**



Como es sabido, el juicio sobre un lote de hormigón o una parte de obra se emite en base a UNA SOLA estimación de resistencia. Es sabido, también, que si se repite la estimación este nuevo valor será diferente al anterior. Por tanto si se ha rechazado un lote por el primero puede ser aceptado por el segundo. Lo que pretenden los ensayos de estimación es si con la única estimación se ha emitido un juicio cierto o ha habido «mala suerte». Por esta razón, los ensayos de información deben hacerse con tamaños de muestra mayores que reduzcan la incertidumbre del nuevo valor.