

## **LECCIÓN 15**

# **CONTROL DE CALIDAD EN LAS OBRAS DE HORMIGÓN ARMADO**

**(Capítulos XVI y XVII, Anejos 19\* y 22 EHE-08)**

1. INTRODUCCIÓN
2. CONTROL DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN.  
ENSAYOS
3. CONTROL DEL ACERO Y DE LAS ARMADURAS PASIVAS
4. CONTROL DE LA EJECUCIÓN
5. ENSAYOS DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DE LA  
ESTRUCTURA. PRUEBAS DE CARGA

(\*) El Anejo 19 ha sido declarado nulo por el Tribunal Supremo (BOE 01-11-2012)

## 1. INTRODUCCIÓN

La D.F. (Dirección Facultativa), en representación de la Propiedad, debe efectuar las comprobaciones de control suficientes que le permitan asumir la conformidad de la estructura en relación con los requisitos básicos para los que ha sido concebida y proyectada.

Cuando la Propiedad decida la realización de un control del proyecto de la estructura, podrá comprobar su conformidad de acuerdo con lo indicado en el artículo 82º (Control de proyecto).

Durante la ejecución de la obra, la D.F. realizará los controles siguientes:

- control de conformidad de productos que se suministren a la obra (Capítulo XVI),
- control de la ejecución de la estructura (artículo 92º), y
- control de la estructura terminada (artículo 100º).

No obstante, la D.F. podrá también optar, por un sistema de control equivalente que mejore las garantías mínimas para el usuario establecidas por el articulado, por ejemplo, mediante el empleo de materiales, productos y procesos en posesión de DCOR (distintivos de calidad oficialmente reconocidos, Anejo nº 19), a los que se les podrá aplicar las consideraciones especiales establecidas para ellos en la Instrucción.

Siempre que la legislación aplicable lo permita, el coste del control de recepción incluido en el proyecto deberá considerarse de forma independiente en el presupuesto de la obra.

## 2. CONTROL DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN.

### 2.1 Ensayos previos del hormigón (Anejo 22º)

Este tipo de ensayos son necesarios cuando no haya experiencia previa que pueda justificarse documentalmente del empleo de hormigones con los materiales, dosificación y proceso de ejecución que estuvieran previstos en la obra concreta.

El objetivo de los ensayos previos es demostrar mediante ensayos, que se efectuarán sobre hormigones fabricados en laboratorio, que con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones de resistencia y durabilidad que se le exigen en el proyecto.

Para su realización se fabricarán al menos cuatro series de probetas procedentes de amasadas distintas, de dos probetas cada una para su ensayo a 28 días de edad, por cada dosificación que se desee emplear en la obra, y operando de acuerdo a los métodos para la

fabricación de probetas y para la realización de los ensayos de resistencia y de durabilidad recogidos en la Instrucción.

En el caso de la resistencia a compresión, a partir de los valores así obtenidos se deducirá un valor de la resistencia media en el laboratorio  $f_{cm}$ , que deberá ser lo suficientemente grande como para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introduce los procesos de fabricación previstos para su empleo en la obra, la resistencia característica real en obra sea superior, con un margen suficiente, a la resistencia característica especificada en el proyecto.

**Ejemplo 1** (enunciado extraído de Ferreras, 1999)

**La resistencia de proyecto en una obra en condiciones buenas de ejecución es  $f_{ck} = 30$  MPa. Al estudiar la dosificación mediante unos ensayos previos se han obtenido las siguientes series de resultados en las probetas de 15×30 cm:**

**Serie I: 31,0 28,5 MPa**

**Serie II: 32,7 34,2 MPa**

**Serie III: 28,7 30,5 MPa**

**Serie IV: 27,9 29,8 MPa**

**Se quiere determinar la resistencia media de laboratorio y deducir si es adecuada o no la dosificación estudiada.**

La resistencia media de laboratorio es:

$$f_{cm} = \Sigma f / 8 = 243,3 / 8 = 30,41 \text{ MPa}$$

La resistencia media debería cumplir:

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 8 = 30 + 8 = 38 \text{ MPa}$$

Como no se cumple por ser  $f_{cm} = 30,41 < 38$  MPa, no se puede aceptar la dosificación de laboratorio.

## **2.2 Ensayos característicos de resistencia del hormigón (Anejo 22°)**

Este tipo de ensayos son necesarios cuando no se justifique documentalmente el empleo previo en otros casos, de hormigones con los materiales, dosificación y procesos de ejecución como los que están previstos para la obra. Tienen por objeto comprobar, antes del comienzo del suministro, que las características del hormigón que se va a colocar en la obra no son inferiores a las previstas en el proyecto.

Los ensayos se llevarán a cabo a los 28 días de edad sobre probetas procedentes de seis amasadas diferentes, para cada tipo de hormigón que vaya a emplearse en la obra. Se enmoldarán dos probetas por amasada, que se fabricarán, conservarán y ensayarán de acuerdo con los métodos indicados en la Instrucción.

Para la resistencia a compresión, se calculará el valor medio correspondiente a cada amasada a partir de los resultados individuales de rotura, lo que permite obtener una serie de seis resultados medios:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_6$$

La D.F. aceptará la dosificación y el proceso de ejecución correspondiente, a los efectos de resistencia, cuando se cumpla que:

$$x_6 - 0,8(x_6 - x_1) \geq f_{ck}$$

En caso contrario, no se producirá la aceptación, debiendo el responsable de la central introducir las oportunas correcciones hasta que se logre cumplir las anteriores condiciones. Mientras tanto, se retrasará el comienzo del suministro del hormigón hasta que, como consecuencia de nuevos ensayos característicos, se llegue al establecimiento de una dosificación y un proceso de fabricación aceptable.

También hay ensayos característicos de dosificación, que tienen por objeto comprobar, previamente al inicio del suministro del hormigón, que las dosificaciones a emplear son conformes con los criterios de durabilidad establecidos en la Instrucción. Se realizarán series independientes de ensayos para cada uno de los tipos de hormigón cuyo empleo esté previsto en la obra, al objeto de caracterizar sus respectivas dosificaciones. Dichos ensayos serán, al menos, los de resistencia a compresión y los de determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión. La D.F. puede eximir de la realización de los ensayos característicos de dosificación cuando el hormigón que se va a suministrar esté en posesión de un DCOR.

**Ejemplo 2** (enunciado extraído de Ferreras, 1999)

**El hormigón que se va a colocar en una obra se ha estudiado mediante una serie de ensayos característicos de seis amasadas de dos probetas cada una que, rotas a los 28 días, han dado los siguientes resultados:**

**Amasada I:                    32,0   31,6 MPa**

<b>Amasada II:</b>	<b>30,0 33,4 MPa</b>
<b>Amasada III:</b>	<b>33,5 34,0 MPa</b>
<b>Amasada IV:</b>	<b>30,8 32,1 MPa</b>
<b>Amasada V:</b>	<b>29,5 30,0 MPa</b>
<b>Amasada VI:</b>	<b>31,5 32,2 MPa</b>

La resistencia de proyecto es  $f_{ck} = 30$  MPa y se quiere saber si es adecuado el hormigón.

Los valores medios obtenidos son:

Amasada I:	$(32,0+31,6)/2 = 31,8$ MPa
Amasada II:	$(30,0+33,4)/2 = 31,7$ MPa
Amasada III:	$(33,5+34,0)/2 = 33,8$ MPa
Amasada IV:	$(30,8+32,1)/2 = 31,5$ MPa
Amasada V:	$(29,5+30,0)/2 = 29,8$ MPa
Amasada VI:	$(31,5+32,2)/2 = 31,9$ MPa

Ordenando de forma creciente los resultados, se obtiene la sucesión:

$$29,8 - 31,5 - 31,7 - 31,8 - 31,9 - 33,8$$

El resultado del ensayo da:

$$x_6 - 0,8(x_6 - x_1) = 33,8 - 0,8(33,8 - 29,8) = 30,6 \text{ MPa} \geq f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

El resultado es positivo por lo que, a los efectos de resistencia, puede aceptarse la dosificación y el proceso de ejecución correspondiente.

## 2.3 Ensayos de control de resistencia del hormigón (Art. 86.5.3)

### 2.3.1 Generalidades

El control de la resistencia del hormigón tiene la finalidad de comprobar que la resistencia del hormigón realmente suministrado a la obra es conforme a la resistencia característica especificada en el proyecto, de acuerdo con los criterios de seguridad y garantía para el usuario definidos por la Instrucción.

Su frecuencia y los criterios de aceptación aplicables serán función de:

- en su caso, la posesión de un DCOR y el nivel de garantía para el que se haya efectuado el reconocimiento oficial del mismo, y
- la modalidad de control que se adopte en el proyecto, y que podrán ser:

- Modalidad 1. Control estadístico (art. 86.5.4),
- Modalidad 2. Control al 100 por 100 (art. 86.5.5), y
- Modalidad 3. Control indirecto (art. 86.5.6).

### 2.3.2 Control indirecto

En este nivel el control se realiza por medición de la consistencia del hormigón. Se realizarán, al menos, cuatro determinaciones espaciadas a lo largo de cada jornada de suministro.

Esta modalidad de control se aplicará para el caso de hormigones no estructurales, o elementos de hormigón estructural cuando se cumpla:

- hormigones en posesión de un DCOR
- elementos de edificios de viviendas  $\leq 2$  plantas, con luces  $< 6$  m
- elementos flectados de edificios de viviendas  $\leq 4$  plantas, con luces  $< 6$  m
- ambiente I ó II
- que en el proyecto se haya adoptado  $f_{cd} \leq 10$  MPa

### 2.3.3 Control al 100 por 100

Esta modalidad de control es de aplicación a cualquier estructura, siempre que se adopte antes del inicio del suministro del hormigón. La conformidad de la resistencia del hormigón se comprueba determinando la resistencia en todas las amasadas sometidas a control y calculando, a partir de sus resultados, el valor de la resistencia característica real  $f_{c,real}$ .

Cuando el número de amasadas sea igual o menor que 20,  $f_{c,real}$  será el valor de la resistencia de la amasada más baja encontrada en la serie.

Para un número  $N$  de amasadas mayor que 20, el valor de  $f_{c,real}$  corresponde a la resistencia de la amasada que, una vez ordenadas las  $N$  determinaciones de menor a mayor, ocupa el lugar  $n = 0,05N$ , redondeándose  $n$  por exceso. El criterio de aceptación para esta modalidad de control se define por la expresión  $f_{c,real} \geq f_{ck}$ .

### 2.3.4 Control estadístico del hormigón

Esta modalidad de control es de aplicación general a todas las obras de hormigón estructural.

#### *Lotes de control de la resistencia*

Para el control de su resistencia, el hormigón de la obra se dividirá en lotes, previamente

al inicio de su suministro, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 86.5.4.1. El número de lotes no será inferior a tres (3). Correspondiendo en dicho caso, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. Todas las amasadas de un lote procederán del mismo suministrador, estarán elaboradas con los mismos materiales componentes y tendrán la misma dosificación nominal. Además, no se mezclarán en un lote hormigones que pertenezcan a columnas distintas de la Tabla 86.5.4.1.

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un DCOR (apartado 5.1 Requisitos de carácter específico de los distintivos para el hormigón), podrá aumentarse su tamaño multiplicando los valores de la Tabla 86.5.4.1 por cinco (5,0). En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.

**Tabla 86.5.4.1**

Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido

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

En el caso de que se produjera un incumplimiento al aplicar el criterio de aceptación correspondiente, la D.F. no aplicará el aumento del tamaño mencionado en el párrafo anterior para los siguientes seis (6) lotes. A partir del 7º lote siguiente, si en los seis anteriores se han cumplido las exigencias del DCOR, la D.F. volverá a aplicar el tamaño del lote definido originalmente. Si por el contrario, se produjera algún nuevo incumplimiento, la comprobación de la conformidad durante el resto del suministro se efectuará como si el hormigón no estuviera en posesión del DCOR.

*Realización de los ensayos*

Antes de iniciar el suministro del hormigón, la D.F. comunicará al Constructor, y éste al Suministrador, el criterio de aceptación aplicable. La conformidad del lote en relación con la resistencia se comprobará a partir de los valores medios de los resultados obtenidos sobre dos probetas tomadas para cada una de las  $N$  amasadas controladas, conforme a la Tabla 86.5.4.2.

Las tomas de muestras se realizarán aleatoriamente entre las amasadas de la obra sometida a control. Cuando el lote abarque hormigones procedentes de más de una planta, la D.F. optará por una de siguientes alternativas:

- subdividir el lote en sublotes a los que se deberán aplicar de forma independiente los criterios de aceptación que procedan,
- considerar el lote conjuntamente, procurando que las amasadas controladas se correspondan con las de diferentes orígenes y aplicando las consideraciones de control que correspondan en el caso más desfavorable.

**Tabla 86.5.4.2**

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

Una vez efectuados los ensayos, se ordenarán los valores medios,  $x_i$ , de las determinaciones de resistencia obtenidas para cada una de las  $N$  amasadas controladas:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_N$$

#### *Criterios de aceptación o rechazo de la resistencia del hormigón*

Los criterios de aceptación de la resistencia del hormigón para esta modalidad de control, se definen a partir de la siguiente casuística:

Caso 1: hormigones en posesión de un DCOR con un nivel de garantía conforme al apartado 5.1 del Anejo n° 19,

Caso 2: hormigones sin DCOR,

Caso 3: hormigones sin DCOR, fabricados de forma continua en central de obra o



suministrados de forma continua por la misma central de hormigón preparado, en los que se controlan en la obra > 36 amasadas del mismo tipo de hormigón.

Para cada caso, se procederá a la aceptación del lote cuando se cumplan los criterios establecidos en la Tabla 86.5.4.3.a

Tabla 86.5.4.3.a

Caso de control estadístico	Criterio de aceptación	Observaciones
Control de identificación		
1	$x_i \geq f_{ck}$	
Control de recepción		
2	$f(\bar{x}) = \bar{x} - K_2 r_N \geq f_{ck}$	
3	$f(x_{(1)}) = x_{(1)} - K_3 s_{35}^* \geq f_{ck}$	A partir de la amasada 37 <sup>a</sup> $3 \leq N \leq 6$ A las amasadas anteriores a la 37 <sup>a</sup> , se les aplicará el criterio n° 2

donde:

$f(\bar{X}), f(X_i)$  Funciones de aceptación

$x_i$  Cada uno de los valores medios obtenidos en las determinaciones de resistencia para cada una de las amasadas

$\bar{x}$  Valor medio de los resultados obtenidos en las  $N$  amasadas ensayadas

$\sigma$  Valor de la desviación típica correspondiente a la producción del tipo de hormigón suministrado, en  $N/mm^2$ , y certificado en su caso por el DCOR

$\delta$  Valor del coeficiente de variación de la producción del tipo de hormigón suministrado y certificado en su caso por el DCOR

$f_{ck}$  Valor de la resistencia característica especificada en el proyecto

$K_2; K_3$  Coeficientes que toman los valores reflejados en la Tabla 86.5.4.3.b

$x_{(1)}$  Valor mínimo de los resultados obtenidos en las últimas  $N$  amasadas

$x_{(N)}$  Valor máximo de los resultados obtenidos en las últimas  $N$  amasadas

$r_N$  Valor del recorrido muestral definido como

$$r_N = x_{(N)} - x_{(1)}$$

$s$  Valor de la desviación típica poblacional, definida como

$$s_N = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$s_{35}^*$  Valor de la desviación típica muestral, correspondiente a las últimas 35 amasadas

**Tabla 86.5.4.3.b**

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

**Ejemplo 3** (enunciado extraído de Ferreras, 1999)

En un proyecto se ha adoptado, como resistencia del hormigón fabricado en obra,  $f_{ck} = 35$  MPa. Se procede a realizar los ensayos de control estadístico. Las determinaciones  $N$  precisas para esa resistencia  $f_{ck}$  son cuatro determinaciones (tabla 86.5.4.2) de resistencia con dos probetas cada una. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 1) 37,0 39,4 MPa
- 2) 40,0 38,0 MPa
- 3) 36,8 36,0 MPa
- 4) 41,2 37,7 MPa

**Indicar si es aceptable o no la parte de obra controlada.**

Los valores medios de los resultados son:

- 1)  $(37,0+39,4)/2 = 38,2$  MPa
- 2)  $(40,0+38,0)/2 = 39,0$  MPa
- 3)  $(36,8+36,0)/2 = 36,4$  MPa
- 4)  $(41,2+37,7)/2 = 39,5$  MPa

Una vez efectuados los ensayos, se ordenan los valores medios,  $x_i$ , de las determinaciones de resistencia obtenidas para cada una de las  $N$  amasadas controladas:

$$36,4 - 38,2 - 39,0 - 39,5$$

Para el caso 2, hormigones sin distintivo, el criterio de aceptación es:

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

siendo

$\bar{x}$  Valor medio de los resultados obtenidos en las 4 amasadas ensayadas:

$$f_{cm} = \Sigma f_m / 4 = 152,1 / 4 = 38,03 \text{ MPa}$$

$K_2$  Coeficiente que toma los valores de la tabla 86.5.4.3.b  $\rightarrow K_2 = 0,82$  para 4 amasadas controladas

$r_N$  Valor del recorrido muestral definido como  $r_N = x_{(N)} - x_{(1)} = 39,5 - 36,4 = 3,1$

Por tanto:

$$f(\bar{x}) = \bar{x} - K_2 r_N = 38,03 - 0,82 \cdot 3,1 = 35,49 \geq f_{ck} = 35 \text{ MPa}$$

resultando aceptable la parte de obra controlada.

### 2.3.5 Decisiones derivadas del control de resistencia

La D.F. aceptará el lote en lo relativo a su resistencia, cuando se cumpla el criterio de aceptación que se haya seleccionado entre la modalidad de control adoptada.

Así mismo, en el caso de un hormigón en posesión de un DCOR con nivel de garantía conforme con el apartado 5.1 del Anejo nº 19, que no cumpla el criterio de aceptación definido en la Tabla 86.5.4.3.a para el control de identificación, la D.F. aceptará el lote cuando los valores individuales obtenidos en dichos ensayos sean superiores a  $0,90f_{ck}$  y siempre que, además, tras revisar los resultados de control de producción correspondientes al período más próximo a la fecha de suministro del mismo, se cumpla:

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

donde:

$\bar{x}$  Valor medio del conjunto de valores que resulta al incorporar el resultado no conforme a los 14 resultados del control de producción que sean temporalmente más próximos, y

$\sigma$  Valor de la desviación típica correspondiente a la producción del tipo de hormigón suministrado, en  $\text{N/mm}^2$ , y certificado en su caso por el DCOR.

En otros casos, la D.F., sin perjuicio de las sanciones que fueran contractualmente aplicables y conforme a lo previsto en el correspondiente pliego de prescripciones técnicas particulares, valorará la aceptación, refuerzo o demolición de los elementos construidos con el hormigón del lote a partir de la información obtenida mediante la aplicación gradual de los siguientes procedimientos:

- a) en primer lugar, por iniciativa propia o a petición de cualquiera de las partes, la D.F. dispondrá la realización de ensayos de información complementaria (apartado 86.8), al objeto de comprobar si la resistencia característica del hormigón real de la estructura, se corresponde con la especificada en el proyecto. Dichos ensayos serán realizados por un laboratorio acordado por las partes y conforme con el apartado 78.2.2 (Laboratorios y entidades de control de calidad),
- b) en el caso de que los ensayos de información confirmen los resultados obtenidos en el control, por iniciativa propia o a petición de cualquiera de las partes, la D.F. encargará la realización de un estudio específico de la seguridad de los elementos afectados por el hormigón del lote sometido a aceptación, en el que se compruebe que es admisible el nivel de seguridad que se obtiene con los valores de resistencia del hormigón realmente colocado en la obra. Para ello, deberá estimarse la resistencia característica del hormigón a partir de los resultados del control o, en su caso, a partir de ensayos de información complementaria,
- c) en su caso, la D.F. podrá ordenar el ensayo del comportamiento estructural del elemento realmente construido, mediante la realización de pruebas de carga, de acuerdo con el art. 79º (Condiciones para la conformidad de la estructura),

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

En el caso de que se efectúe un control indirecto de la resistencia del hormigón (art. 86.5.6) y se obtengan resultados no conformes, la D.F., sin perjuicio de las penalizaciones económicas y de cualquier otra índole que fueran contractualmente aplicables y conforme a lo previsto en el correspondiente pliego de prescripciones técnicas particulares, valorará la aceptación de los elementos construidos con el hormigón del lote a partir de la información del control de producción del hormigón, facilitada por el Suministrador.

### ***2.3.6 Decisiones derivadas del control de la durabilidad***

En el caso de que se detectase que un hormigón colocado en la obra presenta cualquier incumplimiento de las exigencias de durabilidad que contempla la Instrucción, la D.F. valorará la realización de comprobaciones experimentales específicas y, en su caso, la adopción de medidas de protección superficial para compensar los posibles efectos

potencialmente desfavorables del incumplimiento. En particular, la D.F. valorará cuidadosamente las desviaciones que aparezcan entre los resultados de los ensayos efectuados en el control de recepción respecto de los valores reflejados en el certificado de dosificación, por si pudieran deducirse posibles alteraciones en la dosificación.

#### **2.4 Ensayos de información complementaria del hormigón (Art. 86.8 EHE)**

Su objeto es estimar la resistencia del hormigón de una parte determinada de la obra, a una cierta edad o tras un curado en condiciones análogas a las de la obra.

Estos ensayos sólo son preceptivos en los casos previstos en el apartado 86.7 (Decisiones derivadas del control), cuando lo contemple el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o cuando así lo exija la D.F., por ejemplo, en alguna de las siguientes circunstancias:

- cuando se haya producido un incumplimiento al aplicar los criterios de aceptación en el caso de control estadístico del hormigón, o
- por solicitud de cualquiera de las partes, cuando existan dudas justificadas sobre la representatividad de los resultados obtenidos en el control experimental a partir de probetas de hormigón fresco.

Los ensayos de información del hormigón pueden consistir en:

- a) la fabricación y rotura de probetas, en forma análoga a la indicada para los ensayos de control, pero conservando las probetas no en condiciones normalizadas, sino en las que sean lo más parecidas posible a aquéllas en las que se encuentra el hormigón cuya resistencia se pretende estimar.
- b) la rotura de probetas testigo extraídas del hormigón endurecido (UNE-EN 12390-3). Este ensayo no deberá realizarse cuando la extracción pueda afectar de un modo sensible a la capacidad resistente del elemento en estudio, hasta el punto de resultar un riesgo inaceptable. En estos casos puede estudiarse la posibilidad de realizar el apeo del elemento, previamente a la extracción.
- c) el empleo de métodos no destructivos fiables, como complemento de los anteriormente descritos y debidamente correlacionados con los mismos.

La D.F. juzgará en cada caso los resultados, teniendo en cuenta que para la obtención de resultados fiables la realización, siempre delicada de estos ensayos, deberá estar a cargo de personal especializado.

### 3. CONTROL DEL ACERO Y DE LAS ARMADURAS PASIVAS (Art. 87 y 88)

#### 3.1 Control del acero

La conformidad del acero cuando éste disponga 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 32º (Aceros para armaduras pasivas).

Mientras no esté vigente el marcado CE para los aceros corrugados destinados a la elaboración de armaduras para hormigón armado, deberán ser conformes con la EHE-08 y con EN 10.080. La demostración de dicha conformidad, de acuerdo con lo indicado en 88.5.2, se podrá efectuar mediante:

- a) la posesión de un DCOR, conforme se establece en el Anejo nº 19,
- b) la realización de ensayos de comprobación durante la recepción. En dicho caso, según la cantidad de acero suministrado, se diferenciará entre suministros de menos de 300 t y suministros iguales o superiores a 300 t.

Se aceptará el lote en el caso de no detectarse ningún incumplimiento de las especificaciones indicadas en el artículo 32º en los ensayos o comprobaciones citadas en este punto. En caso contrario, si únicamente se detectaran no conformidades sobre una única muestra, se tomará una serie adicional de cinco (5) probetas correspondientes al mismo lote, sobre las se realizará una nueva serie de ensayos o comprobaciones en relación con las propiedades sobre la que se haya detectado la no conformidad. En el caso de aparecer algún nuevo incumplimiento, se procederá a rechazar el lote.

- c) en el caso de estructuras sometidas a fatiga, el comportamiento de los productos de acero para hormigón armado frente a la fatiga podrá demostrarse mediante la presentación de un informe de ensayos que garanticen las exigencias del apartado 38.10 (Características de fatiga de las armaduras), con una antigüedad no superior a un año y realizado por un laboratorio de los recogidos en el apartado 78.2.2.1.
- d) en el caso de estructuras en zona sísmica, el comportamiento frente a cargas cíclicas con deformaciones alternativas podrá demostrarse, salvo indicación contraria de la D.F., mediante la presentación de un informe de ensayos que garanticen las exigencias del artículo 32º (Aceros para armaduras pasivas), con una antigüedad no superior a un año y realizado por un laboratorio de los recogidos en el apartado 78.2.2.1.

### 3.2 Control de las armaduras pasivas

El artículo 88 tiene por objeto definir los procedimientos para comprobar la conformidad, antes de su montaje en la obra, de las mallas electrosoldadas, las armaduras básicas electrosoldadas en celosía, las armaduras elaboradas o, en su caso, la ferralla armada.

La conformidad de las armaduras con lo establecido en el proyecto incluirá su comportamiento en relación con las características mecánicas, las de adherencia, las relativas a su geometría y cualquier otra característica que establezca el pliego de prescripciones técnicas particulares o decida la D.F.

En el caso de armaduras normalizadas (mallas electrosoldadas y armaduras básicas electrosoldadas en celosía), que se encuentren en posesión del mercado CE, según lo establecido en la Directiva 89/106/CEE, su conformidad podrá ser suficientemente comprobada mediante la verificación de que las categorías o valores declarados en la documentación que acompaña al citado mercado CE, permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones del proyecto y, en su defecto, las de la instrucción.

Mientras las armaduras normalizadas no dispongan de mercado CE, se comprobará su conformidad mediante la aplicación de los mismos criterios que los establecidos para el acero en el artículo 87º. Además, deberán realizarse dos ensayos por lote para comprobar la conformidad respecto a la carga de despegue, así como la comprobación de la geometría sobre cuatro elementos por cada lote. Cuando las armaduras normalizadas estén en posesión de un DCOR, la D.F. podrá eximir de estas comprobaciones experimentales.

En el caso de armaduras elaboradas y de ferralla armada, la D.F. o, en su caso, el Constructor, deberá comunicar por escrito al Elaborador de la ferralla el plan de obra, marcando pedidos de las armaduras y fechas límite para su recepción en obra, tras lo que el Elaborador de las mismas deberá comunicar por escrito a la D.F. su programa de fabricación, al objeto de posibilitar la realización de toma de muestras y actividades de comprobación que, preferiblemente, deben efectuarse en la instalación de ferralla.

El control de recepción se aplicará también tanto a las armaduras que se reciban en la obra procedente de una instalación industrial ajena a la misma, así como a cualquier armadura elaborada directamente por el Constructor en la propia obra.

La toma de muestras y la realización de los ensayos para comprobar la conformidad de las características mecánicas, de adherencia y geométricas vienen especificadas en los artículos 88.2 y 88.3.

Ha de realizarse un control previo al suministro (documental y de las instalaciones) y un control durante el suministro (de la recepción del acero, documental y de las comprobaciones experimentales para comprobar la conformidad de las características mecánicas, de adherencia, geométricas), además de posibles comprobaciones adicionales en el caso de procesos de elaboración con soldadura resistente.

Por último, el Constructor archivará un certificado de suministro firmado por persona física y preparado por el Suministrador de las armaduras, que trasladará a la D.F. al final de la obra, en el que se exprese la conformidad con la Instrucción de la totalidad de las armaduras suministradas, con expresión de las cantidades reales correspondientes a cada tipo, así como su trazabilidad hasta los fabricantes, de acuerdo con la información disponible en la documentación que establece la UNE EN 10080.

#### **4. CONTROL DE LA EJECUCIÓN (Cap. XVII)**

##### **4.1 Organización**

El control de la ejecución es preceptivo. Tiene por objeto comprobar que los procesos realizados durante la construcción de la estructura, se organizan y desarrollan de forma que la D.F. pueda asumir su conformidad respecto al proyecto.

El Constructor elaborará el Plan de obra y el procedimiento de autocontrol de la ejecución de la estructura. Este último, contemplará las particularidades concretas de la obra, relativas a medios, procesos y actividades y se desarrollará el seguimiento de la ejecución de manera que permita a la D.F. comprobar la conformidad con las especificaciones del proyecto y lo establecido en la Instrucción. Para ello, los resultados de todas las comprobaciones realizadas serán documentados por el Constructor, en los registros de autocontrol. Además, efectuará una gestión de los acopios que le permita mantener y justificar la trazabilidad de las partidas y remesas recibidas en la obra, de acuerdo con el nivel de control establecido por el proyecto para la estructura.

La D.F., en representación de la Propiedad, tiene la obligación de efectuar el control de la ejecución, comprobando los registros del autocontrol del constructor y efectuando una serie de inspecciones puntuales, de acuerdo con lo establecido en la Instrucción. Para ello, la D.F. podrá contar con la asistencia técnica de una entidad de control de calidad (art. 78.2.2).

En su caso, la D.F. podrá eximir de la realización de las inspecciones externas, para aquellos procesos de la ejecución de la estructura que se encuentren en posesión de un DCOR.



## 4.2 Programación del control

Antes de iniciar la ejecución de la estructura, la D.F. deberá aprobar el Programa de control, que desarrolla el Plan de control definido en el proyecto, teniendo en cuenta el Plan de obra presentado por el Constructor para la ejecución de la estructura, así como, en su caso, los procedimientos de autocontrol de éste (art. 79.1).

La programación del control de la ejecución identificará los siguientes aspectos:

- niveles de control
- lotes de ejecución
- unidades de inspección
- frecuencias de comprobación

## 4.3 Niveles de control de la ejecución

Se contemplan dos niveles de control:

- a) Control de ejecución a nivel normal
- b) Control de ejecución a nivel intenso (aplicable **sólo cuando el Constructor esté en posesión de un sistema de la calidad certificado conforme a la ISO 9001**).

## 4.4 Lotes de ejecución

El Programa de control aprobado por la D.F. contemplará una división de la obra en lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el Plan de obra para la ejecución de la misma y conformes con los siguientes criterios:

- a) se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de ejecución de la obra,
- b) no se mezclarán elementos de tipología estructural distinta según la Tabla 92.4.,
- c) el tamaño del lote no será superior al indicado en la Tabla 92.4.

Tabla 92.4

Tipo de obra	Elementos de cimentación	Elementos horizontales	Otros elementos
Edificios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zapatas, pilotes y encepados correspondientes a 250 m<sup>2</sup> de superficie</li> <li>- 50 m de pantallas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vigas y Forjados correspondientes a 250 m<sup>2</sup> de planta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vigas y pilares correspondientes a 500 m<sup>2</sup> de superficie, sin rebasar las dos plantas</li> <li>- Muros de contención correspondientes a 50 ml, sin superar ocho puestas</li> <li>- Pilares <i>in situ</i> correspondientes a 250 m<sup>2</sup> de forjado</li> </ul>
Puentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zapatas, pilotes y encepados correspondientes a 500 m<sup>2</sup> de superficie, sin rebasar tres cimentaciones</li> <li>- 50 m de pantallas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 500 m<sup>3</sup> de tablero sin rebasar los 30 m lineales, ni un tramo o una dovela</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 200 m<sup>3</sup> de pilas, sin rebasar los 10 m de longitud de pila,</li> <li>- Dos estribos</li> </ul>
Chimeneas, torres, depósitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zapatas, pilotes y encepados correspondientes a 250 m<sup>2</sup> de superficie</li> <li>- 50 m de pantallas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementos horizontales correspondientes a 250 m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alzados correspondientes a 500 m<sup>2</sup> de superficie o a 10 m de altura</li> </ul>

#### 4.5 Unidades de inspección

Para cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser inspeccionadas, de acuerdo con lo previsto en la Instrucción.

A los efectos de la Instrucción, se entiende por unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable, en general, en una visita de inspección a la obra. En función de los desarrollos de procesos y actividades previstos en el Plan de obra, en cada inspección a la obra de la D.F. o de la entidad de control, podrá comprobarse un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Para cada proceso o actividad, se definirán las unidades de inspección correspondientes cuya dimensión o tamaño será conforme al indicado en la Tabla 92.5.

En el caso de obras de ingeniería de pequeña importancia, así como en obras de edificación sin especial complejidad estructural (formadas por vigas, pilares y forjados convencionales no pretensados, con luces de hasta 6 m y un número de niveles de forjado no superior a siete), la D.F. podrá optar por aumentar al doble los tamaños máximos de la unidad de inspección indicados en la Tabla 92.5.

Tabla 92.5

Procesos y actividades de ejecución	Tamaño máximo de la unidad de inspección
Control de la gestión de acopios	– Acopio ordenado por material, forma de suministro, fabricante y partida suministrada, en su caso
Operaciones previas a la ejecución. Replanteos.	– Nivel o planta a ejecutar
Cimbras	– 3.000 m <sup>3</sup> de cimbra
Encofrados y moldes	– 1 nivel de apuntalamiento, – 1 nivel de encofrado de soportes, – 1 nivel de apuntalamiento por planta de edificación – 1 vano, en el caso de puentes
Despiece de planos de armaduras diseñadas según proyecto	– Planillas correspondientes a una remesa de armaduras.
Montaje de las armaduras, mediante atado	– Conjunto de armaduras elaboradas cada jornada
Montaje de las armaduras, mediante soldadura	– Conjunto de armaduras elaboradas cada jornada
Geometría de las armaduras elaboradas	– Conjunto de armaduras elaboradas cada jornada
Colocación de armaduras en los encofrados	– 1 nivel de soportes (planta) en edificación – 1 nivel de forjados (planta) en edificación, – 1 vano, en el caso de puentes
Operaciones de aplicación del pretensado	– Pretensado dispuesto en la misma placa de anclaje, en el caso de postesado – Totalidad del pretensado total, en el caso de armaduras pretesas
Vertido y puesta en obra del hormigón	– Una jornada – 120 m <sup>3</sup> – 20 amasadas
Operaciones de acabado del hormigón	– 300 m <sup>3</sup> de volumen de hormigón – 150 m <sup>2</sup> de superficie de hormigón
Ejecución de juntas de hormigonado	– Juntas ejecutadas en la misma jornada
Curado del hormigón	– 300 m <sup>3</sup> de volumen de hormigón – 150 m <sup>2</sup> de superficie de hormigón
Desencofrado y desmoldeo	– 1 nivel de apuntalamiento, – 1 nivel de encofrado de soportes, – 1 nivel de apuntalamiento por planta de edificación – 1 vano, en el caso de puentes
Descimbrado	– 3.000 m <sup>3</sup> de cimbra
Uniones de los prefabricados	– Uniones ejecutadas en la misma jornada, – Planta de forjado

#### 4.6 Frecuencias de comprobación

La D.F. llevará a cabo el control de la ejecución, mediante:

- la revisión del autocontrol del Constructor para cada unidad de inspección,
- el control externo de la ejecución de cada lote de ejecución, mediante la realización de inspecciones puntuales de los procesos o actividades correspondientes a algunas de las unidades de inspección de cada lote.

Para cada proceso o actividad incluida en un lote, el Constructor desarrollará su autocontrol y la D.F. procederá a su control externo, mediante la realización de un número de inspecciones que varía en función del nivel de control definido en el Programa de control y de acuerdo con lo indicado en la Tabla 92.6.

Tabla 92.6

Procesos y actividades de ejecución	Número mínimo de unidades de inspección controladas por lote de ejecución			
	Control normal		Control intenso	
	Autocontrol del Constructor	Control externo	Autocontrol del Constructor	Control externo
Cimbras	1	1	Totalidad	50%
Encofrados y moldes	1	1	3	1
Despiece de planos de armaduras diseñadas según proyecto	1	1	1	1
Montaje de armaduras, mediante atado	15	3	25	5
Montaje de armaduras, mediante soldadura	10	2	20	4
Geometría de las armaduras elaboradas	3	1	5	2
Colocación de armaduras en los encofrados	3	1	5	2
Operaciones de pretensado	Totalidad	Totalidad	Totalidad	Totalidad
Vertido y puesta en obra del hormigón	3	1	5	2
Operaciones de acabado del hormigón	2	1	3	2
Ejecución de juntas de hormigonado	1	1	3	2
Curado del hormigón	3	1	5	2
Desencofrado y desmoldeo	3	1	5	2
Descimbrado	1	1	3	2
Uniones de los prefabricados	3	1	5	2

## 5. Ensayos de información complementaria de la estructura (Art. 101)

### 5.1 Generalidades

De las estructuras proyectadas y construidas con arreglo a la presente Instrucción, en las que los materiales y la ejecución hayan alcanzado la calidad prevista, comprobada mediante los controles preceptivos, sólo necesitan someterse a ensayos de información y en particular a pruebas de carga, las incluidas en los supuestos que se relacionan a continuación:

- a) Cuando así lo dispongan las Instrucciones, reglamentos específicos de un tipo de estructura o el pliego de prescripciones técnicas particulares.
- b) Cuando debido al carácter particular de la estructura convenga comprobar que la misma reúne ciertas condiciones específicas. En este caso el pliego de prescripciones técnicas particulares establecerá los ensayos oportunos que deben realizar, indicando con toda precisión la forma de realizarlos y el modo de interpretar los resultados.
- c) Cuando a juicio de la D.F. existan dudas razonables sobre la seguridad, funcionalidad o durabilidad de la estructura.

### 5.2 Pruebas de carga

Existen muchas situaciones que pueden aconsejar la realización de pruebas de carga de estructuras. En general, las pruebas de carga pueden agruparse de acuerdo con su finalidad en:

#### A) *Pruebas de carga reglamentarias*

Son todas aquellas fijadas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o Instrucciones o Reglamentos, y que tratan de realizar un ensayo que constate el comportamiento de la estructura ante situaciones representativas de sus acciones de servicio. Las reglamentaciones de puentes de carretera y puentes de ferrocarril fijan, en todos los casos, la necesidad de realizar ensayos de puesta en carga previamente a la recepción de la obra. Estas pruebas tienen por objeto el comprobar la adecuada concepción y la buena ejecución de las obras frente a las cargas normales de explotación, comprobando si la obra se comporta según los supuestos de proyecto, garantizando con ello su funcionalidad.

Hay que añadir, además, que en las pruebas de carga se pueden obtener valiosos datos de investigación que deben confirmar las teorías de proyecto (reparto de cargas, giros de apoyos, flechas máximas) y utilizarse en futuros proyectos.

Estas pruebas no deben realizarse antes de que el hormigón alcance la resistencia de proyecto. Pueden contemplar diversos sistemas de carga, tanto estáticos como dinámicos.

Las pruebas dinámicas son preceptivas en puentes de ferrocarril y en puentes de carretera y estructuras en las que se prevea un considerable efecto de vibración, de acuerdo con las Instrucciones de acciones correspondientes. En particular, este último punto afecta a los puentes con luces > 60 m o diseño inusual, utilización de nuevos materiales y pasarelas y zonas de tránsito en las que, por su esbeltez, se prevé la aparición de vibraciones que puedan llegar a ocasionar molestias a los usuarios. El proyecto y realización de este tipo de ensayos deberá estar encomendado a equipos técnicos con experiencia en este tipo de pruebas.

La evaluación de las pruebas de carga reglamentarias requiere la previa preparación de un proyecto de Prueba de carga, que debe contemplar la diferencia de actuación de acciones (dinámica o estática) en cada caso. De forma general, y salvo justificación especial, se considerará el resultado satisfactorio cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- En el transcurso del ensayo no se producen fisuras que no se correspondan con lo previsto en el proyecto y que puedan comprometer la durabilidad y seguridad de la estructura.
- Las flechas medidas no exceden los valores establecidos en proyecto como máximos compatibles con la correcta utilización de la estructura.
- Las medidas experimentales determinadas en las pruebas (giros, flechas, frecuencias de vibración) no superan las máximas calculadas en el proyecto de prueba de carga en más de un 15 % (hormigón armado) o de un 10 % (hormigón pretensado).
- La flecha residual después de retirada la carga, habida cuenta del tiempo en que esta última se ha mantenido, es lo suficientemente pequeña como para estimar que la estructura presenta un comportamiento esencialmente elástico. Esta condición deberá satisfacerse tras un primer ciclo carga-descarga, y en caso de no cumplirse, se admite que se cumplan los criterios tras un segundo ciclo.

#### *B) Pruebas de carga como información complementaria*

En ocasiones es conveniente realizar pruebas de carga como ensayos para obtener información complementaria, en el caso de haberse producido cambios o problemas durante la construcción. Salvo que lo que se cuestione sea la seguridad de la estructura, en este tipo de ensayos no deben sobrepasarse las acciones de servicio, siguiendo unos criterios en cuanto a la realización, análisis e interpretación semejantes a los descritos en el caso anterior.

C) *Pruebas de carga para evaluar la capacidad resistente*

En algunos casos las pruebas de carga pueden utilizarse como medio para evaluar la seguridad de estructuras. En estos casos la carga a materializar deberá ser una fracción de la carga de cálculo superior a la carga de servicio. Estas pruebas requieren siempre la redacción de un Plan de Ensayos que evalúe la viabilidad de la prueba, la realización de la misma por una organización con experiencia en este tipo de trabajos, y ser dirigida por un técnico competente. Estos ensayos tienen su aplicación fundamental en elementos sometidos a flexión.

El Plan de Prueba recogerá los siguientes aspectos:

- Viabilidad y finalidad de la prueba.
- Magnitudes que deben medirse y localización de los puntos de medida.
- Procedimientos de medida.
- Escalones de carga y descarga.
- Medidas de seguridad (muy importante dado que se puede producir algún fallo o rotura parcial o total del elemento ensayado).

En el art. 101.2 se establecen los criterios a seguir para su realización y las condiciones para considerar satisfactorio el resultado del ensayo.