

# I. Disposiciones generales

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

**14406** INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto (Continuación.) creto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

Las condiciones de tamaño del árido son las de 9.2, excepto la relativa al espesor mínimo de la losa superior, cuya exigencia más tolerante está sancionada por la experiencia.

### 58.5. Cálculo de los forjados

En el dimensionamiento de los forjados construidos con elementos prefabricados se tendrán en cuenta las indicaciones siguientes:

#### Solicitaciones

En las sustentaciones extremas de tramos aislados o de tramos extremos de forjados continuos se considerará para el dimensionamiento de la armadura superior un momento flector negativo de valor absoluto no inferior a 1/4 del momento flector máximo del vano. Sin embargo, este momento flector se tomará de valor cero, para calcular el momento del vano, a menos que se realice un cálculo elástico de los momentos de semiempotramiento en las vigas o muros sustentantes, y estos elementos se dimensionen para resistir las correspondientes torsiones o flexiones.

En el cálculo de los forjados continuos puede considerarse redistribución de momentos por plasticidad, que como máximo llegué a igualar en valor absoluto los máximos momentos de vano con los momentos de apoyo.

#### Secciones

En la determinación de la sección resistente (ver 47.1.2) de la sección homogeneizada (ver 51.2.4) y de la sección eficaz a momentos flectores positivos o negativos (ver 51.2.5), se pueden considerar el hormigón prefabricado, las armaduras de las viguetas o semiviguetas pretensadas, el hormigón «in situ» y las armaduras pasivas, cada material con su correspondiente módulo de elasticidad.

Cuando se emplean piezas resistentes pueden considerarse formando parte de la sección de hormigón «in situ», y con igual módulo de elasticidad, los tabiquillos de las piezas en contacto con este hormigón. Para tener en cuenta en el cálculo otras partes de estas piezas es preciso justificar experimentalmente su colaboración.

#### Solicitaciones normales de agotamiento

Para calcularlas son admisibles los métodos simplificados de cálculo con diagrama rectangular para el hormigón (ver 47.7). Bajo momentos flectores negativos puede admitirse que en el extremo de una vigueta o semiviguetas la tensión final de pretensado en el hormigón es nula, y que la distribución se efectúa linealmente hasta alcanzar el valor final en una distancia igual a 200 veces el diámetro de las armaduras activas.

#### Esfuerzo cortante de agotamiento

En las viguetas siempre se dispondrán estribos con las disposiciones que se exigen en 48.1 y se calculará su esfuerzo cortante de agotamiento  $V_{at}$  en zona C, tomando el menor de los valores  $V_{at}$  y  $V_{as}$ , definidos en dicho apartado. El esfuerzo cortante de agotamiento del forjado será el que corresponde a sus viguetas, sin considerar el hormigón de relleno de senos o ranuras.

En los forjados con semiviguetas no se precisa armadura transversal en toda sección en que se cumpla:

$$V_d \leq V_{as} = \psi f_{cv} b_w d_1$$

siendo:

$V_d$  = esfuerzo cortante de cálculo;

$V_{as}$  = esfuerzo cortante de agotamiento sin armadura transversal;

$\psi$  =  $0,5 + 33 \rho_o$  coeficiente función de la cuantía  $\rho_o$  de la armadura longitudinal;

$f_{cv}$  = resistencia normal de cálculo a esfuerzo cortante del hormigón «in situ»;

$b_w$  = anchura eficaz del nervio;

$d_1$  = canto útil de la sección (ver 48.1.3.4.2);

siempre que la adherencia entre el hormigón prefabricado y el hormigón «in situ» sea suficiente, lo que se justificará mediante ensayos del forjado sin estribos.

En las zonas en que  $V_d > V_{as}$  se dispondrá armadura transversal, cuya contribución  $V_{su}$  cumpla:

$$V_{su} \geq V_d - \psi f_{cv} b_w d_1$$

Esta armadura transversal estará constituida por estribos incluidos en el hormigón de la semiviguetas o en el hormigón «in situ», con anclajes situados en los 2/3 inferiores de la altura de la semiviguetas.

#### Limitaciones por deformación

El valor máximo admisible de la flecha vertical, en forjados que no hayan de soportar tabiques ni muros, es de 1/300, siendo 1 la luz del elemento considerado. Para la determinación de esta flecha se considerará solamente la flecha instantánea producida por la actuación simultánea de la carga permanente y la sobrecarga de uso, ambas con sus valores característicos.

En el caso de que se trate de forjados que hayan de soportar elementos de fábrica (muros o tabiques) se distinguen los tres casos siguientes:

- Si el elemento de fábrica ha sido construido con mortero de cemento, la flecha máxima admisible es 1/500.
- Si el elemento de fábrica ha sido construido con mortero de cal, la flecha máxima no podrá ser superior a 1/400.
- Si el elemento de fábrica ha sido construido con mortero de yeso, la flecha máxima admisible es 1/300.

En estos casos, la flecha que se considera es la producida desde el momento en que se termine la construcción del muro o tabique. Su valor se determina sumando a la flecha diferida producida por la carga permanente, la instantánea originada por la parte de carga permanente que se coloque después (solados, etc.) y por la sobrecarga de uso.

#### COMENTARIOS

Los forjados de piso deben construirse solidariamente unidos a sus elementos sustentantes, lo que se consigue:

- Si son muros de fábrica, mediante cadenas de apoyo de hormigón armado, en las que penetran las armaduras pasivas superiores con las longitudes de anclajes precisas y las testas de las viguetas o semiviguetas, con una entrega de unos 2 cm.
- Si son vigas de acero laminado, en cuya ala inferior apoya el forjado, disponiendo el suprado de éste 3-4 cm por encima del ala superior de las vigas para pasar las armaduras de los apoyos y las de reparto; o si los forjados apoyan en el ala superior de las vigas mediante conectores que se hormigonan en las cadenas de apoyo o mediante otros sistemas eficaces, no bastando la unión confiada al rozamiento.
- Si son vigas de hormigón armado, incluyendo en éstas las armaduras pasivas superiores del forjado y las testas de las viguetas o semiviguetas, con entrega máxima de 2 cm.

La sollicitación en cada sección del forjado suele calcularse utilizando hipótesis simplificadoras. En los extremos del forjado la rigidez a torsión de la viga sustentante produce momento flector negativo, difícil de evaluar y variable a lo largo de la viga.

En general se recomienda no considerar este empotramiento para calcular los momentos flectores positivos del vano, sino admitir que en el extremo tiene un apoyo simple, despreciando en el cálculo de la viga los momentos torsores que se producen en ésta.

Los momentos flectores negativos, sin embargo, existen, especialmente cerca de los pilares, y, por ello, la exigencia de su valor mínimo en el extremo del forjado.

En la determinación de las secciones es conveniente considerar todos los materiales que figuran en 58.5, pero por simplificación en forjados de viguetas se prescinde alguna vez del hormigón de la losa y senos o ranuras.

Los ensayos realizados sobre forjados con piezas resistentes que cumplen las condiciones de 58.3 indican que los tabiquillos de las piezas directamente adheridos al hormigón siempre pueden considerarse eficaces a compresión y esfuerzo cortante. En muchos de estos ensayos se comprueba que pueden también considerarse eficaces otras partes de las piezas resistentes unidas a estos tabiquillos directamente adheridos al hormigón, generalmente cuando tienen forma encasetonada, pero no es posible establecer una regla general para definir las, y, por ello, si se desea considerar otras partes de las piezas se requiere en cada caso un estudio experimental.

Los ensayos realizados con forjados de semiviguetas bajo momento flectores negativos indican que las tensiones finales de pretensado en el hormigón en los extremos de las semiviguetas podrán despreciarse. La regla del articulado presenta un límite prudente.

La experiencia de los forjados construidos en los últimos decenios indica que, cuando el hormigonado se efectúa cuidadosamente y con limpieza previa de la superficie de contacto, pueden admitirse semiviguetas sin armadura transversal hasta la limitación indicada y que los estribos son eficaces en las condiciones del articulado. Debe tenerse presente que las uniones sin armadura pasante son muy sensibles al polvo interpuesto y que su buen funcionamiento depende, entre otros parámetros, de la extensión y trazado de las superficies de contacto y de la altura a que queda la junta en la sección final resultante.

En general, en forjados ordinarios de edificación con luces de hasta 6 m y para unas condiciones medias no es preciso comprobar la flecha prescrita en el articulado si la relación canto/luz no es menor de:

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Tramos simplemente apoyados ... ..	1/24	1/20	1/18	1/14
Vanos extremos de tramos continuos ... ..	1/28	1/24	1/20	1/18
Vanos internos de tramos continuos ... ..	1/32	1/28	1/24	1/20
Voladizos ... ..	1/18	1/14	1/12	1/10

Caso 1: Forjados que no han de soportar tabiques ni muros.

Caso 2: Forjados que han de soportar fábricas construidas con mortero de yeso.

Caso 3: Forjados que han de soportar fábricas construidas con cal.

Caso 4: Forjados que han de soportar fábricas construidas con cemento.

TITULO III. DEL CONTROL

CAPITULO XIV

Control de materiales

ARTICULO 59. CONTROL DE CALIDAD

En esta Instrucción se establece con carácter preceptivo el control de la calidad del hormigón y de sus materiales componentes; del acero, anclajes, empalmes, vainas, equipos y demás accesorios característicos de la técnica del pretensado; de la inyección, y de la ejecución de la obra.

El fin del control es verificar que la obra terminada tiene las características de calidad especificadas en el proyecto, que serán las generales de esta Instrucción, más las específicas contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

COMENTARIOS

El Título III de esta Instrucción desarrolla el control de recepción que se realiza en representación de la Administración o de la Propiedad, según los casos.

Además del control de recepción es siempre recomendable la existencia de un control de producción, realizado, según el caso, por el fabricante o el constructor.

ARTICULO 60. CONTROL DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGON

60.1. Cemento

Especificaciones

Las del artículo 7.º de esta Instrucción más las contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Toma de muestras: Se realizará según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de cementos.

Ensayos

a) Antes de comenzar el hormigonado, o si varían las condiciones de suministro, y cuando lo indique el director de la obra.

Se realizarán los ensayos físicos, mecánicos y químicos previstos en el Pliego de Condiciones para la Recepción de Cementos, además de los previstos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, más los correspondientes a la determinación del ión Cl<sup>-</sup>, según el artículo 7.º

b) Durante la marcha de la obra:

Cuando lo indique el director de la obra; una vez cada tres meses de obra; y como mínimo tres veces durante la ejecución de la obra: se comprobará, al menos, contenido en ión Cl<sup>-</sup>, pérdida al fuego, residuo insoluble, la finura de molido, principio y fin de fraguado, resistencia a flexotracción y compresión y expansión en autoclave, según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos.

La exigencia b) se sustituirá por el certificado de ensayo previsto en 7.1, cuando el cemento esté en posesión del DISCAL (O. M.º de Industria de junio de 1964 —«BOE» de 8 de julio de 1964— y Resolución de la Dirección General de Industrias de la Construcción de 31 de diciembre de 1965 —«BOE» de 14 de enero de 1966—).

Criterios de aceptación y rechazo

El no cumplimiento de algunas de las especificaciones será condición suficiente para el rechazo de la partida de cemento.

COMENTARIOS

Las comprobaciones prescritas en el articulado tienen un doble carácter:

- de control de la partida correspondiente, para aceptarla o rechazarla;
- de comprobación del control de fabricación relativo al cemento utilizado, por comparación con los certificados suministrados por el fabricante.

60.2. Agua de amasado

Especificaciones

Las del artículo 8.º más las contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Ensayos

Antes de comenzar la obra, si no se tienen antecedentes del agua que vaya a utilizarse; si varían las condiciones de suministro y cuando lo indique el director de la obra: se realizarán los ensayos citados en el artículo 8.º

Criterios de aceptación o rechazo

El no cumplimiento de las especificaciones será razón suficiente para considerar el agua como no apta para amasar hormigón.

COMENTARIOS

60.3. Aridos

Especificaciones

Las del artículo 9.º más las contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

**Ensayos**

- a) Antes de comenzar la obra, si no se tienen antecedentes de los mismos; si varían las condiciones de suministro y siempre que lo indique el director de obra: se realizarán los ensayos del 9.3, además de los previstos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- b) Durante la obra:  
Se prestará gran atención al cumplimiento de lo especificado en 9.2.  
En caso de dudas se realizarán los correspondientes ensayos de comprobación.

**Criterios de aceptación y rechazo**

El no cumplimiento del 9.3 y de las especificaciones es condición suficiente para calificar el árido como no apto para fabricar hormigón.

El no cumplimiento de la limitación del 9.2 hace que el árido no sea apto para las piezas en cuestión. Si se hubiera hormigonado algún elemento con hormigón fabricado con áridos en tal circunstancia deberán adoptarse las providencias que considere oportuno el director de la obra, a fin de garantizar que en tales elementos no se han formado oquedades o coque-  
ras de importancia que puedan hacer peligrar la sección correspondiente.

**COMENTARIOS****60.4. Aditivos****Especificaciones**

Las del artículo 10 más las particulares que pueda contener el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

**Ensayos**

- a) Antes de comenzar la obra se comprobará en todos los casos el efecto del aditivo sobre las características de calidad del hormigón; tal comprobación se realizará mediante los ensayos previos del hormigón citados en el artículo 64.  
Igualmente se comprobará, mediante los oportunos ensayos de laboratorio, la ausencia en la composición del aditivo de cloruros, sulfuros, sulfitos u otros compuestos químicos que puedan favorecer la corrosión de las armaduras.  
Como consecuencia de lo anterior se seleccionarán las marcas y tipos admisibles en la obra, la constancia de cuyas características de composición y calidad garantizará el fabricante correspondiente.
- b) Durante la ejecución de la obra se vigilará que el tipo y marca del aditivo utilizado sean precisamente los aceptados según el párrafo anterior.

**Criterios de aceptación o rechazo**

El no cumplimiento de alguna de las especificaciones será condición suficiente para calificar el aditivo como no apto para agregar a hormigones de pretensado.

Cualquier posible modificación de las características de calidad del producto que se vaya a utilizar, respecto a las del aceptado en los ensayos previos al comienzo de la obra, implicará su no utilización hasta que la realización, con el nuevo tipo, de los ensayos previstos en a) autorice su aceptación y empleo en la obra.

**COMENTARIOS**

Las prescripciones anteriores vienen a establecer, a falta de una homologación general de los aditivos, una homologación, para cada obra en particular, que permite seleccionar al comienzo de la misma las marcas y tipos que pueden emplearse a lo largo de ella, sin que sus efectos sean perjudiciales para las características de calidad del hormigón o para las armaduras.

Como, en general, no será posible establecer un control permanente sobre los componentes químicos del aditivo en la marcha de la obra, control, por otra parte, no prescrito, aunque sí recomendado cuando sea posible, se establece que el control que debe realizarse en obra sea la simple comprobación de que se emplean aditivos aceptados en la fase previa, sin alteración alguna.

**ARTICULO 61. CONTROL DE LA CALIDAD DEL HORMIGON**

El control de la calidad del hormigón amasado se extenderá normalmente a su consistencia y a su resistencia con independencia de la comprobación del tamaño máximo del árido,

según 60.3, o de otras características expresadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Este control de la calidad del hormigón se realizará de acuerdo con lo indicado en los artículos 62 a 67 siguientes.

**COMENTARIOS**

Las características de calidad citadas son las mínimas normales.

En cada caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares citará las que, además, sean exigibles y cómo y con qué criterios se realizará el control de las mismas.

**ARTICULO 62 CONTROL DE LA CONSISTENCIA DEL HORMIGON****Especificaciones**

La consistencia será la especificada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o la indicada, en su momento, por el director de la obra, con las tolerancias que a continuación se indican:

Tipo de consistencia	Tolerancia en cm
Seca ... ..	0
Plástica ... ..	± 1
Blanda ... ..	± 1
Fluida ... ..	± 2

**Ensayos**

Siempre que se fabriquen probetas para controlar la resistencia, y cuando lo ordene el director de la obra, se determinará el valor de la consistencia, mediante el cono de Abrams, de acuerdo con la UNE 7103.

**Criterios de aceptación y rechazo**

El no cumplimiento de las especificaciones implicará el rechazo automático de la amasada correspondiente y la corrección de la dosificación.

**COMENTARIOS**

El control de la consistencia pone en manos del director de la obra un criterio de aceptación condicionada y de rechazo de las amasadas de hormigón, al permitirle cuantificar anomalías de su dosificación, especialmente por lo que a la relación agua-cemento se refiere.

En el cuadro de tolerancias se establecen las correspondientes a las consistencias desde seca a fluida, habiéndose omitido la líquida por estar prohibida en las obras de hormigón pretensado. En este sentido se recordará la conveniencia de no emplear, en general, consistencias secas y fluidas por los efectos nocivos que pueden ocasionar a las obras, en un caso por la mayor probabilidad de producir coque-  
ras y en el otro por la pérdida de resistencia subsiguiente.

**ARTICULO 63. CONTROL DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGON**

Independientemente de los ensayos de control de materiales componentes y de la consistencia del hormigón, a que se refieren los artículos 60 y 62, y de los que puedan prescribirse en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, los ensayos para el control de la resistencia del hormigón previstos en esta Instrucción con carácter preceptivo son los indicados en el artículo 66.

Otros tipos de ensayos son los llamados de «información», a los que se refiere el artículo 67, los cuales no tienen carácter preceptivo.

Finalmente, antes del comienzo del hormigonado puede resultar necesaria la realización de ensayos previos y/o ensayos característicos, los cuales se describen en los artículos 64 y 65, respectivamente.

Los ensayos previos, característicos y de control se refieren a probetas cilíndricas de 15 x 30 cm, rotas por compresión a 28 días de edad, según UNE 7240 y UNE 7242.

**COMENTARIOS**

A continuación se incluye un cuadro en el que se resumen las características de los ensayos establecidos en el articulado.

Ensayo de compresión	Previos	Característicos	De control	De información		
				Tipo a	Tipo b	Tipo c
Ejecución de probetas	En laboratorio	En obra	En obra	Extraídas del hormigón endurecido	En obra	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (métodos muy diversos)
Conservación de probetas	En cámara húmeda	En agua o cámara húmeda	En agua o cámara húmeda		En condiciones análogas a las de la obra	
Tipo de probetas	Cilíndricas de 15 x 30	Cilíndricas de 15 x 30	Cilíndricas de 15 x 30	Cilíndricas o cúbicas de dimensiones función del tamaño del árido	Cilíndricas de 15 x 30	
Edad de las probetas	28 días	28 días	28 días	Variable		
Número mínimo de probetas	4 x 3 = 12	6 x 3 = 18	Véase artículo 66	A establecer		
Obligatoriedad	Preceptivos, salvo experiencia previa	Preceptivos, salvo experiencia previa	Siempre preceptivos	No preceptivos, salvo excepción		
Observaciones	Están destinados a establecer la dosificación inicial de obra	Están destinados a sancionar la dosificación definitiva y los medios utilizados en la obra	A veces deben completarse con ensayos de información tipo «a» o tipo «c»	Están destinados a conocer la resistencia real del hormigón a una cierta edad y en unas condiciones determinadas		

ARTICULO 64. ENSAYOS PREVIOS DEL HORMIGON

Se realizarán en laboratorio antes de comenzar las obras, de acuerdo con lo prescrito en el artículo 21. Su objeto es establecer la dosificación que habrá de emplearse, teniendo en cuenta los materiales disponibles y aditivos que se vayan a emplear y las condiciones de ejecución previstas. En el mencionado artículo 21 se señala, además, en qué caso puede prescindirse de la realización de estos ensayos.

Para llevarlos a cabo se fabricarán al menos cuatro series de amasadas distintas, de tres probetas cada una por cada dosificación que se desee establecer y se operará de acuerdo con los métodos de ensayo UNE 7240 y UNE 7242.

De los valores así obtenidos se deducirá el valor de la resistencia media en el laboratorio,  $f_{cm}$ , el cual deberá superar el valor exigido a la resistencia de proyecto con margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introduce la ejecución en obra, la resistencia característica real de la obra sobrepase también a la de proyecto.

COMENTARIOS

Si bien en este artículo se contemplan los ensayos previos desde el punto de vista resistente, en realidad, bajo este epígrafe tienen cabida todos los ensayos que deben realizarse antes de comenzar el hormigonado para garantizar la aptitud de los materiales para amasar con ellos el hormigón previsto.

Garantizada la aptitud de los componentes del hormigón, el establecimiento de la dosificación que debe emplearse comprenderá, en la mayoría de los casos, el estudio de la granulometría de los áridos, relación agua-cemento, consistencia y resistencia y, eventualmente, cantidad de aditivos.

Desde el punto de vista del control de la resistencia, la medida de la consistencia tiene gran importancia; pues las alteraciones en la relación agua-cemento que puedan producirse en la obra, de gran repercusión en la resistencia, serán detectadas inmediatamente en tal ensayo, por otro lado de fácil realización en la obra.

Desde el punto de vista de la resistencia, objeto del artículo que se comenta, los ensayos previos, tal como se definen en el articulado, suministran datos para estimar la resistencia media del hormigón de la obra, la cual debe coincidir con el fabricado en el laboratorio; pero, como es lógico, no pueden aportar más información sobre la función de distribución del hormigón de la obra. Esta falta de información debe subsanarse, en esta fase, mediante la introducción de hipótesis, sancionadas por la experiencia, que permitan tomar la decisión de aceptar la dosificación en cuestión o modificarla.

(Continuará.)

MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES

15605

INSTRUMENTO de Adhesión de España al Convenio sobre el Reglamento Internacional para prevenir los Abordajes, hecho en Londres el 20 de octubre de 1972.

PEDRO CORTINA MAURI

MINISTRO DE ASUNTOS EXTERIORES DE ESPAÑA

Cumplidos los requisitos exigidos por la legislación española, extendiendo el presente Instrumento de Adhesión de España al Convenio sobre el Reglamento Internacional para prevenir los Abordajes, hecho en Londres el día 20 de octubre de 1972, a efectos de que, mediante su depósito previo y de conformidad con lo dispuesto en el párrafo c de su artículo II, España entre a ser parte del Convenio.

En fe de lo cual, firmo el presente en Madrid, a trece de mayo de mil novecientos setenta y cuatro.

PEDRO CORTINA MAURI