

# I. Disposiciones generales

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

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

Artículo 31. *Inyección.*

- 31.1. Preparación de la mezcla.
- 31.2. Ejecución de la inyección.
- 31.3. Inspección.
- 31.4. Medidas de seguridad.

Artículo 32. *Observaciones generales respecto a la ejecución.*

- 32.1. Adecuación del proceso constructivo al proyecto.
- 32.2. Acciones mecánicas durante la ejecución.

Artículo 33. *Prevención y protección contra acciones físicas y químicas.*

- 33.1. Generalidades.
- 33.2. Durabilidad del hormigón.
- 33.3. Corrosión de las armaduras pasivas.
- 33.4. Corrosión de las armaduras activas.
- 33.5. Protección y conservación de las armaduras activas y de los anclajes.

TITULO 2.º DE LA REALIZACION DEL PROYECTO

Capítulo IV. *Características de los materiales.*

Artículo 34. *Características de los aceros.*

- 34.1. Generalidades.
- 34.2. Diagrama tensión-deformación de proyecto del acero para armaduras pasivas.
- 34.3. Resistencia de cálculo del acero para armaduras pasivas.
- 34.4. Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero para armaduras pasivas.
- 34.5. Diagrama tensión-deformación de proyecto del acero para armaduras activas.
- 34.6. Resistencia de cálculo del acero para armaduras activas.
- 34.7. Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero para armaduras activas.
- 34.8. Módulo de deformación longitudinal del acero para armaduras activas.
- 34.9. Relajación del acero para armaduras activas.

Artículo 35. *Características del hormigón.*

- 35.1. Definiciones.
- 35.2. Tipificación de la resistencia de proyecto.
- 35.3. Resistencia mínima del hormigón.
- 35.4. Diagrama tensión-deformación del hormigón.
- 35.5. Resistencia de cálculo del hormigón.
- 35.6. Diagramas de cálculo tensión-deformación del hormigón.
- 35.7. Módulo de deformación longitudinal del hormigón.
- 35.8. Retracción del hormigón.
- 35.9. Fluencia del hormigón.
- 35.10. Coeficiente de Poisson.
- 35.11. Coeficiente de dilatación térmica.

Artículo 36. *Adherencia de las armaduras activas al hormigón.*

Capítulo V. *Acciones.*

Artículo 37. *Clasificación de las acciones.*

- 37.1. Cargas o acciones directas.
- 37.2. Acciones indirectas.
- 37.3. Acciones debidas al pretensado.

Artículo 38. *Valores característicos de las acciones.*

- 38.1. Generalidades.
- 38.2. Valores característicos de las cargas permanentes.
- 38.3. Valores característicos de las cargas variables.
- 38.4. Valores característicos de las acciones indirectas.
- 38.5. Valores característicos de las acciones debidas al proceso constructivo.

Artículo 39. *Valores característicos de la fuerza de pretensado.*

- 39.1. Consideraciones generales.
- 39.2. Limitación de la fuerza.
- 39.3. Valor característico de la fuerza de pretensado.
- 39.4. Valoración de las pérdidas instantáneas de fuerza.
  - 39.4.1. Pérdidas de fuerza por rozamiento.
  - 39.4.2. Pérdidas por penetración de cuñas.
  - 39.4.3. Pérdidas por acortamiento elástico del hormigón.
- 39.5. Valoración de las pérdidas diferidas de fuerza.
  - 39.5.1. Pérdidas finales por retracción y fluencia del hormigón.
  - 39.5.2. Pérdidas por relajación del acero.
  - 39.5.3. Evolución de las pérdidas diferidas con el tiempo.

Capítulo VI. *Bases de Cálculo.*

Artículo 40. *Proceso general de cálculo.*

- 40.1. Generalidades. Introducción de la seguridad.
- 40.2. Estados límites últimos.
- 40.3. Estados límites de utilización.
- 40.4. Fases de comprobación.

Artículo 41. *Coefficientes de seguridad.*

Artículo 42. *Establecimiento de acciones de cálculo e hipótesis de carga más desfavorables.*

Artículo 43. *Comprobaciones que deben realizarse.*

Artículo 44. *Consideraciones sobre las acciones de carácter extraordinario.*

Capítulo VII. *Cálculo relativo al estado límite de equilibrio.*

Artículo 45. *Comprobaciones relativas al estado límite de equilibrio.*

Capítulo VIII. *Cálculos relativos a los estados límites de agotamiento.*

Artículo 46. *Obtención de los efectos de las acciones.*

- 46.1. Acciones directas.
- 46.2. Acciones indirectas.
- 46.3. Acciones debidas al pretensado.
- 46.4. Acciones debidas al proceso constructivo.
- 46.5. Datos generales para el cálculo de solicitaciones.

Artículo 47. *Cálculo resistente de secciones sometidas a solicitaciones normales.*

47.1. *Definición de la sección.*

- 47.1.1. Dimensiones de la sección.
- 47.1.2. Sección resistente.

- 47.2. Principios generales de cálculo.
- 47.3. Definición del estado límite de agotamiento.
- 47.4. Comprobación de una sección.
- 47.5. Excentricidad mínima.
- 47.6. Caso de armaduras activas no adherentes.
- 47.7. Método simplificado de cálculo.
- 47.8. Disposiciones relativas a las armaduras.

Artículo 48. *Cálculo resistente de secciones sometidas a solicitaciones tangentes.*

- 48.1. Resistencia a esfuerzo cortante.
- 48.1.1. Consideraciones generales.
- 48.1.2. Regla de cosido.
- 48.1.3. Resistencia a esfuerzo cortante de elementos lineales.
- 48.1.3.1. Definición de la sección.
- 48.1.3.2. Esfuerzo cortante reducido.
- 48.1.3.3. Definición de las zonas de comprobación.
- 48.1.3.4. Comprobaciones que hay que realizar.
- 48.1.3.4.1. Obtención de  $V_{ul}$ .
- 48.1.3.4.2. Obtención de  $V_{ed}$ .
- 48.1.3.4.3. Casos especiales de carga.
- 48.1.3.5. Disposiciones relativas a las armaduras.
- 48.1.3.5.1. Armaduras transversales.
- 48.1.3.5.2. Armaduras longitudinales.
- 48.1.3.6. Unión de las alas de una viga con el alma.
- 48.1.3.7. Caso de secciones mixtas.
- 48.1.4. Resistencia a esfuerzo cortante de placas y losas.
- 48.1.4.1. Sección resistente.
- 48.1.4.2. Comprobaciones que hay que realizar.
- 48.1.4.2.1. Obtención de  $V_{ul}$ .
- 48.1.4.2.2. Obtención de  $V_{ed}$ .
- 48.1.4.3. Disposiciones relativas a las armaduras.
- 48.1.4.3.1. Armaduras transversales.
- 48.1.4.3.2. Armaduras longitudinales.
- 48.2. Torsión.
- 48.2.1. Generalidades.
- 48.2.2. Comprobaciones relativas al hormigón.
- 48.2.3. Comprobaciones relativas a la armadura.
- 48.2.4. Torsión y flexión.

Capítulo IX. Estado límite último de pandeo.

Artículo 49. *Estado límite último de pandeo.*

Capítulo X. Cálculos relativos a los estados límites de fisuración.

Artículo 50. *Obtención de los efectos de las acciones.*

- 50.1. Consideraciones generales.
- 50.2. Acciones directas.
- 50.3. Acciones indirectas.
- 50.4. Acciones debidas al pretensado.

Artículo 51. *Fisuración por solicitaciones normales.*

- 51.1. Consideraciones generales.
- 51.2. Definición de la sección.
- 51.2.1. Dimensiones de la sección.
- 51.2.2. Sección bruta.
- 51.2.3. Sección neta.
- 51.2.4. Sección homogeneizada.
- 51.2.5. Sección eficaz.
- 51.3. Cuantía mínima de armaduras longitudinales.
- 51.4. Estado límite de descompresión.
- 51.5. Estado límite de aparición de fisuras.
- 51.5.1. Aparición de fisuras por tracción.
- 51.5.2. Aparición de fisuras por compresión.
- 51.5.3. Estructuras que no sean lineales ni superficiales planas.
- 51.6. Estado límite de fisuración controlada.

Artículo 52. *Limitación de la fisuración por esfuerzo cortante.*

Artículo 53. *Limitación de la fisuración por torsión.*

Capítulo XI. Cálculo relativo al estado límite de deformación.

Artículo 54. *Consideraciones generales.*

Artículo 55. *Elementos solicitados a flexión.*

- 55.1. Cálculo de flechas bajo cargas de corta duración.
- 55.2. Cálculo de flechas bajo cargas de larga duración.

Artículo 56. *Elementos solicitados a torsión.*

Capítulo XII. Zonas de anclaje.

Artículo 57. *Generalidades.*

- 57.1. Armaduras pretesas.
- 57.2. Armaduras postesas.

Capítulo XIII. Elementos estructurales.

Artículo 58. *Forjados de edificación unidireccionales con elementos prefabricados de hormigón pretensado.*

- 58.1. Tipos de forjados.
- 58.2. Condiciones para las viguetas y semiviguetas.
- 58.3. Condiciones para las piezas de entrevigado.
- 58.4. Condiciones para los forjados.
- 58.5. Cálculo de los forjados.

TÍTULO 3.º DEL CONTROL

Capítulo XIV. Control de materiales.

Artículo 59. *Control de calidad.*

Artículo 60. *Control de los componentes del hormigón.*

- 60.1. Cemento.
- 60.2. Agua de amasado.
- 60.3. Aridos.
- 60.4. Aditivos.

Artículo 61. *Control de la calidad del hormigón.*

Artículo 62. *Control de la consistencia del hormigón.*

Artículo 63. *Control de la resistencia del hormigón.*

Artículo 64. *Ensayos previos del hormigón.*

Artículo 65. *Ensayos característicos del hormigón.*

Artículo 66. *Ensayos de control del hormigón.*

- 66.1. Generalidades.
- 66.2. Control total (control al 100 por 100).
- 66.3. Control estadístico del hormigón.
- 66.3.1. Ensayos de control a nivel normal.
- 66.3.2. Ensayos de control a nivel intenso.
- 66.4. Decisiones derivadas del control de resistencia.

Artículo 67. *Ensayos de información del hormigón.*

Artículo 68. *Control de la calidad del acero.*

- 68.1. Generalidades.
- 68.2. Control a nivel normal.
- 68.3. Control a nivel intenso.
- 68.4. Ensayo de aptitud al soldeo en obra, para armaduras pasivas.

Artículo 69. *Control de dispositivos del anclaje y empalme de las armaduras postesas.*

Artículo 70. *Control de las vainas y accesorios para armaduras de pretensado.*

Artículo 71. *Control de los equipos de tesado.*

Artículo 72. *Control de los productos de inyección.*

Capítulo XV. Control de la ejecución.

Artículo 73. *Control de la ejecución.*

- 73.1. Generalidades.
- 73.2. Control de ejecución a nivel normal.
- 73.3. Control de ejecución a nivel intenso.

Artículo 74. *Control del tesado de las armaduras activas.*

Artículo 75. *Control de ejecución de la inyección.*

Artículo 76. *Pruebas de la obra.*

- 76.1. Generalidades.
- 76.2. Realización de pruebas de carga.
- 76.3. Forma de realizar las pruebas de carga.
- 76.4. Interpretación de los resultados de las pruebas de carga.

PARTE II. ANEJOS

Anejo 1. *Notación.*

Anejo 2. *Definiciones.*

Anejo 3. *Métodos de ensayo.*

Métodos de ensayo para la determinación de las características de adherencia de las armaduras de pretensado.

Método de ensayo para la determinación de cloruros en cemento y áridos para la construcción.  
Método de ensayo para determinar la estabilidad de la inyección.

CAPITULO I

Introducción

ARTICULO 1.º CAMPO DE APLICACION DE LA INSTRUCCION

La presente Instrucción es aplicable a las estructuras o elementos estructurales de hormigón pretensado, fabricados con materiales que cumplan las condiciones indicadas en la misma y en los que las acciones de pretensado se introduzcan mediante el empleo de armaduras activas de acero.

Expresamente se excluyen del campo de aplicación de esta Instrucción:

- las estructuras realizadas con hormigones ligeros, pesados o refractarios;
- las que hayan de estar expuestas normalmente a temperaturas superiores a 70° C;
- las estructuras mixtas de hormigón pretensado y perfiles de acero; las de hormigón y cerámica pretensados y, en general, las mixtas de hormigón pretensado y otro material, de distinta naturaleza, con función resistente.

El autor del proyecto y el director de la obra, están obligados a conocer y tener en cuenta las prescripciones de la presente Instrucción pero pueden, bajo su personal responsabilidad, emplear sistemas de cálculo, disposiciones constructivas, etc., diferentes.

COMENTARIOS

Las acciones de pretensado, según se indica en el artículo, se introducen mediante unas armaduras, constituidas por aceros de alta resistencia, que se denominan «armaduras activas» y que van asociadas a otras llamadas «pasivas» que son las armaduras habituales del hormigón armado.

Si para la introducción de las acciones de pretensado se utilizan métodos especiales tales como cementos expansivos, gatos planos, descenso de apoyos, etc., es decir, distintos de los indicados en el párrafo anterior, las prescripciones de la presente Instrucción no pueden ser aplicadas sin restricciones. Hay que tener presente que, en estos casos, tiene especial importancia la variación con el tiempo de los esfuerzos introducidos, habida cuenta de los efectos de retracción y fluencia del hormigón.

El Comité Europeo del Hormigón en fase de estudio, define los hormigones de acuerdo con su peso específico en:

Hormigones	Peso específico
Normales ... ..	De 2.000 a 2.800 kg/m³
Ligeros ... ..	De 1.200 a 2.000 kg/m³
Pesados ... ..	Superiores a 2.800 kg/m³

Dado que las características de los hormigones ligeros, pesados y refractarios, son distintas de las de los hormigones ordinarios, el empleo de los mismos requiere prescripciones específicas que deberán ser objeto de normativas especiales.

El efecto perjudicial de las temperaturas elevadas es, en general, más acusado en ambientes secos que en ambientes húmedos. El valor límite de setenta grados centígrados establecido por la Instrucción resulta, en todos los casos, suficientemente seguro. Si la temperatura excede de dicho límite, se deberá recurrir a la consulta de textos especializados y adoptar las medidas oportunas.

En obras especiales tales como obras marítimas, reactores nucleares, etc., se adoptarán las medidas derivadas de las características de la propia obra y de su utilización.

Las estructuras mixtas exigen el empleo de técnicas especiales y métodos de cálculo específico. Por ello no se incluyen dichas estructuras en el campo de aplicación de esta Instrucción.

ARTICULO 2.º DEFINICIONES

Estructura o elemento de hormigón pretensado es aquel que se somete, antes de su puesta en servicio, a acciones de pretensado, permanentes y creadas artificialmente, que se com-

ponen con las acciones directas o indirectas que puedan actuar, originando estados tensionales y de deformación compatibles con los estados límites establecidos.

En el hormigón pretensado con armaduras pretesas, el hormigón se efectúa después de haber tesado y anclado provisionalmente las armaduras sobre una base fija. Cuando el hormigón ha fraguado y adquirido la suficiente resistencia, se destesan las armaduras liberándolas de sus anclajes provisionales y, por adherencia, se transmite al hormigón la fuerza previa introducida en dichas armaduras.

En el hormigón pretensado con armaduras postesas, se hormigona primero la pieza, disponiendo en ella conductos o vainas para alojar las armaduras activas, que se tesan y anclan cuando el hormigón ha adquirido la resistencia suficiente.

En cualquiera de los dos casos, se hablará siempre de piezas de hormigón pretensado. Y cuando se necesite o se desee aclarar cuál de los dos procedimientos descritos ha sido utilizado en su construcción se añadirá «con armaduras pretesas» en el primero y «con armaduras postesas» en el segundo.

Los términos y vocablos de significación dudosa o poco conocida que aparecen a lo largo de la Instrucción, se interpretarán con el significado que se le asigna en el Anejo 2.

COMENTARIOS

No debe, por tanto, como con frecuencia ocurre, utilizarse la expresión «hormigón pretensado» para designar únicamente los elementos construidos por el primer procedimiento. En ningún caso es correcto utilizar las expresiones hormigón pretesado, hormigón postesado ni hormigón postensado.

El verbo «tesar» (poner en tracción), sus adjetivos «teso» y «tesa» y las voces derivadas sólo son aplicables a las armaduras.

ARTICULO 3.º ESTADOS LIMITES

3.1. Generalidades

Se denomina «estado límite» a cualquier situación que, al ser alcanzada por una estructura o parte de ella, la pone fuera de servicio, es decir, en condiciones tales que deja de cumplir alguna de las funciones para las que fue proyectada.

Los estados límites se clasifican en dos categorías:

- a) estados límites últimos, que corresponden al colapso total o parcial de la estructura; y
- b) estados límites de utilización (o de servicio), que vienen definidos por los requisitos funcionales y de durabilidad que deba cumplir la obra en servicio.

En general, los estados límites últimos son los mismos para todos los tipos de estructuras y materiales. Mientras que por el contrario, los estados límites de utilización difieren, en general, según el tipo de estructura y material, siendo específicos del hormigón los que se relacionan con el fenómeno de fisuración.

COMENTARIOS

Como ejemplos de estado límites últimos pueden citarse: pérdida de equilibrio, rotura de secciones, pandeo, etc.

Como ejemplos de estados límites de utilización pueden citarse: deformaciones excesivas, vibraciones excesivas, fisuración excesiva, etc.

3.2. Estados límites de utilización peculiares del hormigón pretensado

La posibilidad de controlar la eventual fisuración del hormigón, característica fundamental del pretensado, permite distinguir en las estructuras pretensadas, los siguientes estados límites de utilización:

- estado límite de descompresión, caracterizado por la reducción a valor nulo de las compresiones en las fibras extremas de una sección;
- estado límite de aparición de fisuras, caracterizado por el hecho de alcanzarse la deformación de rotura por tracción en una de las fibras extremas de una sección;
- estado límite de fisuración controlada, caracterizado por el hecho de que la abertura máxima de las fisuras en una pieza alcance un determinado valor límite, función de las condiciones ambientales en que tal pieza se encuentre.

## COMENTARIOS

## ARTICULO 4.º CLASIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS PRETENSADAS, SEGUN SU UTILIZACION

Los elementos estructurales pretensados, con arreglo a los requisitos funcionales y de durabilidad que deban cumplir, pueden agruparse en tres clases, cada una de las cuales viene caracterizada por determinadas condiciones relativas a los tres estados límites de utilización definidos en el artículo anterior.

## CLASE I

- Corresponde a los elementos cuyas condiciones de utilización exigen una ausencia de fisuración.

## CLASE II

- Corresponde a los elementos cuyas condiciones de utilización permiten admitir un cierto riesgo de fisuración en determinadas condiciones.

## CLASE III

- Corresponde a los elementos cuyas condiciones de utilización permiten admitir una fisuración de amplitud controlada.

A falta de disposiciones generales o particulares que fijen la clase en que deba proyectarse un elemento estructural, se justificará en la Memoria la clase que se adopta.

## COMENTARIOS

En general, hay algunos tipos de estructuras que pueden considerarse propios de cada una de las tres clases mencionadas en el artículo que se comenta. Como ejemplos pueden citarse, en la Clase I, las obras situadas en ambientes muy corrosivos; las sometidas a cargas dinámicas de considerable magnitud; las sometidas a cargas alternativas capaces de originar fenómenos de fatiga, y aquellas en las que la impermeabilidad se confie al hormigón. En la Clase II, aquellas estructuras situadas a la intemperie, en las que las sobrecargas capaces de producir la fisuración actúan con poca frecuencia y durante breves periodos, de tal forma que dicha fisuración sólo tiene un carácter transitorio y de escasa ocurrencia. Y en la Clase III, en general, las estructuras no sometidas a ambientes corrosivos.

La comprobación de una clase superior exige de la comprobación de las clases inferiores.

## ARTICULO 5.º UNIDADES, CONVENCION DE SIGNOS Y NOTACION

Las unidades adoptadas en la presente Instrucción corresponden a las del sistema Metro, Kilopondio y Segundo.

La convención de signos y notación utilizadas se adaptan a las normas generales al efecto establecidas por el Comité Mixto CEB-FIP (Comité Europeo del Hormigón-Federación Internacional del Pretensado).

En el Anejo I se incluye la notación más frecuentemente utilizada en esta Instrucción.

## COMENTARIOS

El sistema de unidades mencionado en el artículo, se admite con carácter transitorio en tanto no se establezca reglamentariamente el empleo del «Sistema Internacional de Unidades de Medida, S. I.» declarado de uso Legal en España por la Ley de Pesas y Medidas 88/67 de 8 de noviembre de 1967 («B.O.E.» del 10-11-67) y Decreto 1257/1964 («B.O.E.», 8-5-74).

La correspondencia entre las unidades del sistema Metro-Kilopondio-Segundo y las del Sistema Internacional S. I. es la siguiente:

## e) Kilopondio-Newton

$$1 \text{ kp} = 9,8 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$$

e inversamente,

$$1 \text{ N} = 0,102 \text{ kp} \approx 0,1 \text{ kp}$$

## b) Kilopondio por centímetro cuadrado - Newton por milímetro cuadrado

$$1 \frac{\text{Kp}}{\text{cm}^2} = 0,098 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \approx 0,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

e inversamente,

$$1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 10,2 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \approx 10 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Las unidades prácticas recomendadas en el sistema S. I. son las siguientes:

- para resistencias y tensiones:  $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \text{MPa}$
- para fuerzas:  $\text{kN}$
- para fuerzas por unidad de longitud:  $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- para fuerzas por unidad de superficie:  $\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
- para fuerzas por unidad de volumen:  $\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
- para momentos:  $\text{kN.m}$

## ARTICULO 6.º DOCUMENTOS DEL PROYECTO

## 6.1. Generalidades

En las obras que contrate o ejecute el Estado o sus Organismos autónomos se estará a lo dispuesto en el texto articulado de la Ley de Contratos del Estado aprobado por Decreto 923/1965 de 8 de abril («B.O.E.», 23-4-65), en la Ley 5/1973 de 17 de marzo sobre Modificación Parcial de la anterior («B.O.E.», 21-3-73), en el Reglamento General de Contratación del Estado aprobado por Decreto 3410/1975, de 25 de noviembre («B.O.E.», 27 y 29-12-75) y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de obras del Estado aprobado por Decreto 3854/1970 de 31 de diciembre («B.O.E.», 16-2-71).

Todo proyecto que se refiera a obras de primer establecimiento, de reforma o de gran reparación comprenderá como mínimo:

- Memoria, que considerará las necesidades a satisfacer y los factores de todo orden a tener en cuenta.
- Planos, de conjunto y de detalle necesarios para que la obra quede perfectamente definida.
- Pliego de prescripciones técnicas particulares donde se hará la descripción de las obras y se regulará su ejecución.
- Presupuesto integrado o no por varios parciales, con expresión de los precios unitarios descompuestos, estados de cubicaciones o mediciones y los detalles precisos para su valoración.
- Programa del posible desarrollo de los trabajos, en tiempo y coste óptimo, de carácter indicativo.

En el caso de las obras del Estado o de sus Organismos autónomos el proyecto deberá contener los cuatro primeros documentos citados cualquiera que sea su cuantía y el quinto cuando ésta sea superior a cinco millones de pesetas. También deberá comprender, en este último caso, los restantes documentos a que hace referencia el apartado B) del artículo 22 de la Modificación parcial de la Ley de Contratos del Estado.

En los casos de proyectos de «Obras de reparación menores» y de «Obras de conservación», el proyectista podrá simplificar los documentos relacionados, tanto en su número como en su contenido, siempre que la obra quede totalmente definida y justificada en todas sus partes y en su valor. En todos los casos los distintos documentos que en su conjunto constituyan un Anteproyecto, Estudio o Proyecto de cualquier clase deberán estar definidos en forma tal que otro facultativo distinto del autor de aquél con la misma titulación profesional, pueda interpretar o dirigir con arreglo al mismo los trabajos correspondientes.

## COMENTARIOS

## 6.2. Memoria

## 6.2.1. Normas generales

Serán factores a considerar en la Memoria los sociales, económicos y estéticos, así como las justificaciones de la solución adoptada, en sus aspectos técnico y económico y de las características, de todas y cada una de las obras proyectadas. Se indicarán en ella los datos previos, clase adoptada para los distintos elementos (art. 4.º), métodos de cálculo, niveles de control previstos y ensayos efectuados, cuyos detalles y desarrollo se incluirán en anejos separados. También figurarán en otros anejos: el estudio del terreno de cimentación, los materiales y los ensayos realizados con los mismos, la justificación del cálculo de los precios adoptados, las bases fijadas para la valoración de las unidades de obra y de las partidas alzadas propuestas y el presupuesto de las obras y el importe previsible de las expropiaciones necesarias y de restablecimiento de servicios y servidumbres afectados, en su caso.

En el caso de obras que contrate o ejecute el Estado o sus Organismos autónomos la Memoria considerará también los factores administrativos y el presupuesto para conocimiento de la Administración, obtenido añadiendo al presupuesto de las obras, además de los conceptos expresados en el párrafo anterior, la suma de los gastos correspondientes al estudio y elaboración del proyecto, incluso honorarios reglamentarios cuando procedan. También incluirá la manifestación expresa y justificada a que se refiere el segundo párrafo del artículo 64 del Reglamento General de Contratación de Obras del Estado.

## COMENTARIOS

## 6.2.2. Anejo de cálculo

En todo caso deberá redactarse un Anejo de Cálculo, en donde se justifique y razone con arreglo a las normas prescritas en esta Instrucción, tanto las dimensiones de los distintos elementos como el cumplimiento de las condiciones de estabilidad, resistencia, etc., de la estructura en su conjunto y de cada una de las partes en que puede suponerse dividida, con objeto de asegurar el buen servicio de la misma.

La exposición de estos cálculos se hará en forma clara y precisa, con el fin de facilitar su ulterior revisión. A tal efecto:

- se recomienda utilizar precisamente la notación adoptada en esa Instrucción; completándola, cuando resulta insuficiente, con símbolos que observen las reglas generales dadas en el Anejo I de la «Instrucción para el proyecto y la ejecución de las obras de hormigón en masa o armado». Estos símbolos adicionales serán los únicos cuyo significado habrá que explicar en el Anejo de Cálculo;
- se incluirán las indicaciones necesarias para identificar el elemento que se calcula, mediante las oportunas referencias a los planos o a los croquis suplementarios;
- se especificará el origen y la naturaleza de las cargas, así como de cualquier valor introducido como resultado de cálculos precedentes;
- se incluirán los datos de partida utilizados en el cálculo en relación con los materiales y sistemas de pretensado (relajación del acero, coeficientes de rozamiento, penetración de cuñas, etc.).

Los cálculos podrán ser completados en mayor o menor grado por estudios experimentales sobre modelo, realizados de acuerdo con técnicas apropiadas y por personal especializado. En este caso, se detallarán dichos estudios en el anejo correspondiente.

## COMENTARIOS

Los niveles de control elegidos influyen en el valor de los coeficientes de seguridad a considerar en el cálculo; por lo que deben justificarse su adopción y viabilidad.

Es absolutamente preciso que los cálculos estén claramente expuestos y ordenados para hacer posible su confrontación y revisión. Si no se dispone de una máquina de escribir que contenga los signos necesarios es preferible, para evitar confusiones, presentar los Anejos de Cálculo escritos a mano, con letra clara.

## 6.2.3. Cálculos en ordenador

Cuando se efectúen los cálculos con ayuda de ordenadores se recomienda separar en anejos especiales cada una de las

etapas del cálculo resuelto con ordenador, debiendo dichos anejos constituir por sí mismos unidades completas y ordenadas.

Cada anejo deberá contener en sus hojas iniciales:

- Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real al asimilarla a otra apta para su tratamiento en ordenador; la posible repercusión de dichas simplificaciones en los resultados; y las correcciones que deban efectuarse en los mismos, en su caso, para tener en cuenta estos efectos.
- Las propiedades supuestas para los materiales, como diagramas tensión-deformación, módulos de elasticidad, resistencias y tensiones admisibles, coeficientes de retracción, fluencia y térmicos, capacidad de carga y deformabilidad del terreno, etc.
- La descripción detallada de la estructura ideal calculada, acompañada de croquis siempre que sea conveniente, incluyendo dimensiones, áreas e inercias de las secciones necesarias, tipos de conexiones en los nudos y condiciones de sustentación.
- Las acciones consideradas, las posibles combinaciones y los coeficientes de seguridad a tener en cuenta en cada caso.
- Cualquier otro dato incluido en el cálculo, especificando siempre unidades y signos.
- Nombre del programa; tipo de ordenador y centro de cálculo utilizado.
- Método de cálculo utilizado en el programa y especialmente las bases del mismo y sus posibles simplificaciones, indicando referencias y las publicaciones consultadas si la formulación y la marcha del cálculo no son habituales.
- Métodos, aproximaciones y simplificaciones empleados en la programación.
- Resultados del cálculo, especificando unidades y signos.
- Análisis de dichos resultados, acompañando siempre que sea conveniente diagramas de esfuerzos o tensiones, e incluyendo, si es posible, la comprobación con resultados obtenidos por métodos simplificados.
- Utilización posterior de los resultados, en especial correcciones efectuadas sobre los mismos y obtención, a partir de ellos, de otros resultados que vayan a emplearse posteriormente.

## COMENTARIOS

## 6.3. Planos

Los planos deberán ser lo suficientemente descriptivos para la exacta realización de la obra, a cuyos efectos deberán poderse deducir también de ellos los planos auxiliares de obra o de taller y para que puedan deducirse de ellos las mediciones que sirvan de base para las valoraciones pertinentes.

Las dimensiones en todos los planos se acotarán en metros y con dos cifras decimales, por lo menos. Como excepción los diámetros de armaduras, tuberías, etc., se expresarán en milímetros, colocando detrás del símbolo  $\varnothing$  la cifra que corresponda.

Deberán poder efectuarse salvo en casos especiales las mediciones de todos los elementos sin utilizar más dimensiones que las acotadas. En particular, de no incluirse despiece detallado de las armaduras, deberán poder deducirse directamente de los planos todas las dimensiones geométricas de las mismas, mediante las oportunas notas o especificaciones complementarias que las definan inequívocamente.

Contendrán, en su caso, detalles de los dispositivos especiales, tales como los de apoyo o de enlace.

Igualmente, cuando proceda, se harán indicaciones sobre las contraflechas que convenga establecer en los encofrados y proceso de ejecución.

Por último, en cada plano figurará, en la zona inferior derecha del mismo un cuadro con las características resistentes del hormigón, y de los aceros empleados en los elementos que este plano define, así como los niveles de control previstos y el programa de tesado (véase 20.7.2 Programa de tesado).

Corresponde al Proyectista fijar la resistencia mínima que debe poseer el hormigón de la pieza en el momento del tesado y anclaje de las armaduras, así como las tensiones máximas admisibles en dicho hormigón, en las diferentes etapas del proceso de tesado.

## COMENTARIOS

Las prescripciones incluidas acerca de la unidad en que deben expresarse las cotas, tienden a facilitar la rápida com-

presión de los planos, así como a simplificar el trabajo de delineación, ya que permiten prescindir de las indicaciones m, cm, etc.

Cuando se deba acotar un número exacto de metros deberá escribirse, de acuerdo con lo prescrito en el apartado que se comenta, la cifra correspondiente seguida de coma y dos ceros.

Se emplea el símbolo  $\varnothing$  para designar el diámetro de una barra corrugada y el símbolo  $\emptyset$  para el diámetro de un tendón cuando el símbolo genérico  $\varnothing$  pudiera dar lugar a confusión.

#### 6.4. Pliego de prescripciones Técnicas Particulares

A los efectos de regular la ejecución de las obras, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá consignar expresamente o por referencia a los pliegos de prescripciones técnicas generales que resulten de aplicación, las características que hayan de reunir los materiales a emplear, especificando, si se juzga oportuno, la procedencia de los materiales naturales, cuando ésta defina una característica de los mismos, y ensayos a que deben someterse para comprobación de las condiciones que han de cumplir; las normas para elaboración de las distintas unidades de obra; las instalaciones que hayan de exigirse; las precauciones que deban adoptarse durante la construcción; y los niveles de control exigidos para los materiales y ejecución. En ningún caso contendrán estos pliegos declaraciones o cláusulas de carácter económico que deban figurar en el Pliego de Cláusulas Administrativas. En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá, específicamente, los siguientes datos relativos a los materiales que habrán de utilizarse en obra:

- Tipo, clase y categoría del cemento.
- Tipos de acero, tanto para armaduras activas como pasivas.
- Resistencia especificada para el hormigón.

Si, como es frecuente, para una misma obra se prevén distintos tipos de un mismo material, se detallarán separadamente cada uno de ellos, indicándose las zonas en que habrán de ser empleados.

Cuando para un material se exijan características especiales cuya determinación haya de hacerse mediante métodos de ensayo no incluidos en la presente Instrucción, este Pliego deberá fijar, de un modo concreto, los valores que deben alcanzar dichas características y los procedimientos de ensayo que hayan de seguirse para medirlos.

Cuando el proceso de ejecución de la obra requiera condiciones especiales, éstas deberán detallarse al máximo, indicándose entre ellas:

- disposición de cimbras y encofrados, cuando no sean los usuales;
- proceso de hormigonado, con especial referencia a las juntas (de retracción, de hormigonado, etc.);
- proceso de tesado e inyección;
- proceso de desencofrado y descimbramiento;
- tolerancias dimensionales.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá recomendar, cuando lo estime oportuno, que en el lugar adecuado de la obra se coloque una placa que indique el valor máximo de la carga para la cual se propone la utilización de la estructura. La colocación de la citada placa puede resultar oportuna en obras en las que convenga llamar la atención de los usuarios sobre la magnitud de las cargas, de forma análoga a como se hace en ascensores, por ejemplo.

Igualmente detallará las formas de medición y valoración de las distintas unidades de obra y las de abono de las partidas alzadas, establecerá el plazo de garantía y especificará las normas y pruebas previstas para las recepciones.

#### COMENTARIOS

En cuanto a las prescripciones técnicas de ejecución bastará, normalmente, con hacer referencia a los correspondientes artículos de la presente Instrucción, completándolos cuando sea necesario con aquellas condiciones particulares que se estime oportuno establecer. Bien entendido que, en ningún caso, dichas condiciones particulares podrán resultar incompatibles con lo prescrito en esta Instrucción, salvo clara, razonada y excepcional justificación.

Las tolerancias dimensionales deberán ser compatibles con las condiciones de ejecución previstas.

#### 6.5. Presupuesto

El Presupuesto estará integrado o no por varios parciales, con expresión de los precios unitarios descompuestos, estados de cubicaciones o mediciones y los detalles precisos para su valoración.

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se basará en la determinación de los costes directos o indirectos precisos para su ejecución.

Se considerarán costes directos:

- La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Se considerarán costes indirectos: los gastos de instalación de oficinas a pies de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra, y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquellos que figuran en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el técnico autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su posible plazo de ejecución.

En particular deberá figurar de forma explícita el coste del control, obtenido de acuerdo con los niveles adoptados para el mismo.

Se denominará presupuesto de ejecución material el resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario, y de las partidas alzadas.

En el caso de obras del Estado o de sus Organismos autónomos, se tendrán en cuenta, además, las normas complementarias de aplicación al cálculo de los precios unitarios que para los distintos proyectos elaborados por sus servicios haya dictado cada Departamento Ministerial al amparo de lo dispuesto en el último párrafo del artículo 87 del Reglamento General de Contratación de Obras del Estado.

Asimismo, para tales obras del Estado o de sus Organismos autónomos el presupuesto de ejecución por contrata y en su caso el de ejecución de la obra directamente por la Administración cuando se prevea la adopción de este sistema, se obtendrá de la forma que indica el artículo 68 del Reglamento General de Contratación de Obras del Estado.

#### COMENTARIOS

Se recomienda realizar las mediciones expresando: las excavaciones y rellenos, en metros cúbicos; los encofrados en metros cuadrados; los hormigones en metros cúbicos; las armaduras activas y pasivas en kilogramos y, en la unidad que convenga, los anclajes vainas, lechadas de inyección y demás unidades específicas de la técnica del pretensado, así como las cimbras o elementos auxiliares que se requieran, de acuerdo con el proceso de construcción previsto.

El incluir por separado y con sus precios independientes el hormigón, el acero, las excavaciones y las cimbras, permite darse cuenta de la importancia relativa del coste de cada uno de estos elementos; y, sobre todo, permite valorar justamente cualquier modificación que pueda introducirse después en los volúmenes de las distintas unidades de obra.

Siempre que la legislación aplicable lo permita conviene que el coste del control figure separadamente en el presupuesto. Si se recurre a un organismo de control, la selección del mismo debe efectuarse con el acuerdo del Director de la obra. Se recomienda que el abono del control no se efectúe a través del constructor.

#### 6.6. Programa de trabajo

El programa de trabajo especificará los plazos en los que deberán ser ejecutadas las distintas partes fundamentales en

que pueda descomponerse la obra, determinándose los importes que corresponderá abonar al término de cada uno de aquéllos.

#### COMENTARIOS

##### 6.7. Modificaciones del proyecto

En los casos en que el proyecto experimente modificaciones a lo largo de la ejecución de la obra, se rectificarán convenientemente cuantas veces sea necesario los cálculos, planos y demás documentos afectados por esas modificaciones, de tal manera que la obra terminada resulte exactamente definida en los documentos rectificadas finales.

En el caso de obras del Estado o de sus Organismos autónomos se tendrá en cuenta, por lo que se refiere a las modificaciones de las obras, todo lo dispuesto en los artículos 48, 49 y 50 de la Ley de Contratos del Estado, el primero de los cuales se modificó por la Ley 5/1973 de 17 de marzo; en los artículos 146 a 155 del Reglamento General de Contratación de Obras del Estado; y en las cláusulas 26 y 59 a 62 del Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la contratación de obras del Estado.

#### COMENTARIOS

Siempre que se haga una modificación sobre un plano, deberá estamparse la mención «anulado» en las copias anteriores, anotando en el plano rectificado la fecha de su expedición y la referencia del plano.

Se conservará una copia, al menos, de cada uno de los sucesivos planos; pero en obra, para evitar confusiones, se retirarán, o mejor aún, se destruirán las copias afectadas por la modificación y que quedan sustituidas por los planos rectificadas.

##### 6.8. Aplicación preferente de la legislación de contratos del Estado

En caso de presentarse en el futuro cualquier conflicto o dificultad motivado por diferencias o posibles discrepancias entre los textos de la vigente legislación de contratos del Estado y el de la Instrucción, que puedan dar lugar a interpretaciones distintas o a colisión de disposiciones, se entenderá que prevalece siempre el texto de la referida legislación de contratos.

#### COMENTARIOS

### TITULO 1.º

#### De la realización de la obra

#### CAPITULO II

#### Materiales

#### ARTICULO 7.º CEMENTO

##### 7.1. Cementos utilizables

Podrá utilizarse cualquier tipo de cemento portland o puzolánico, con tal de que sea de una categoría no inferior a la 350 y satisfaga las condiciones que se prescriben en el vigente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos.

El contenido de ion  $Cl^-$  en el cemento, determinado con arreglo al método de ensayo descrito en el Anejo n.º 3 deberá limitarse a un máximo de 0,03 en peso.

No se utilizará el cemento aluminoso para elementos pretensados; y el empleo de cemento tipo siderúrgico deberá ser objeto, en cada caso, de justificación especial.

El cemento utilizado será capaz de proporcionar al hormigón las cualidades que al mismo se exigen en el artículo 11.

En los documentos de origen figurarán el tipo, clase y categoría a que pertenece el cemento, así como la garantía del fabricante de que el cemento cumple las condiciones exigidas por el Pliego.

El fabricante enviará, si se le solicita, copia de los resultados de los análisis y ensayos correspondientes a la partida servida.

#### COMENTARIOS

Se limita el contenido de ion  $Cl^-$  en el cemento, porque tal ion es muy perjudicial desde el punto de vista de la corrosión de las armaduras.

La presencia de sulfuros en las escorias utilizadas en la preparación de los cementos siderúrgicos, podría contribuir en circunstancias especiales y no fácilmente previsibles, a la fragilización por hidrógeno de las armaduras de pretensado. Por ello se llama la atención sobre el empleo de este tipo de cemento, ya que en estos momentos no se puede establecer una limitación en lo que se refiere al contenido en sulfuros por ser un tema actualmente en fase de investigación.

En general, y de un modo especial en el caso de que vaya a utilizarse en la construcción de elementos prefabricados, resulta conveniente que el cemento posea las características adecuadas para que pueda ser sometido a tratamiento higrótico, u otro análogo, con el fin de conseguir un rápido fraguado y endurecimiento.

##### 7.2. Suministro y almacenamiento

El cemento no llegará a obra excesivamente caliente. Se recomienda que si su manipulación se va a realizar por medios mecánicos, su temperatura no exceda de 70 grados centígrados; y si se va a realizar a mano, no exceda del mayor de los dos límites siguientes:

- a) cuarenta grados centígrados;
- b) temperatura ambiente más cinco grados centígrados.

De no cumplirse los límites citados, deberá comprobarse, con anterioridad al empleo del cemento, que éste no presenta tendencia a experimentar falso fraguado.

Quando el suministro se realice en sacos, el cemento se recibirá en obra en los mismos envases cerrados en que fue expedido de fábrica y se almacenará en sitio ventilado y defendido, tanto de la intemperie como de la humedad del suelo y de las paredes. Si el suministro se realiza a granel, el almacenamiento se llevará a cabo en silos o recipientes que los aislen de la humedad.

Si el periodo de almacenamiento ha sido superior a un mes, se comprobará que las características del cemento continúan siendo adecuadas. Para ello, dentro de los veinte días anteriores a su empleo, se realizarán los ensayos de fraguado y resistencias mecánicas a tres y siete sobre una muestra representativa del cemento almacenado, sin excluir los terrones que hayan podido formarse.

De cualquier modo, salvo en los casos en que el nuevo periodo de fraguado resulte incompatible con las condiciones particulares de la obra, la sanción definitiva acerca de la idoneidad del cemento en el momento de su utilización vendrá dada por los resultados que se obtengan al determinar, de acuerdo con lo prescrito en el artículo 64 la resistencia mecánica a veintiocho días del hormigón con él fabricado.

#### COMENTARIOS

Aun en los casos en que las condiciones de conservación sean excelentes, un periodo de almacenamiento prolongado suele originar caídas de resistencia en el cemento, así como un aumento del tiempo de fraguado; de ahí los ensayos que se prescriben.

Si los resultados del ensayo de fraguado son compatibles con las condiciones particulares de la obra (lo que puede no ocurrir si son de tener heladas, por ejemplo), podrá seguir utilizándose el cemento con tal de que sea posible compensar su caída de resistencia con una dosificación más rica de conglomerantes en el hormigón. Este aumento de dosificación, no obstante, vendrá limitado por la cifra máxima de 400 kg/m<sup>3</sup> prescrita con carácter general en el artículo 21 o, eventualmente, por otra más estricta que pueda figurar en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Para establecer la nueva dosificación resultan muy útiles los resultados de los ensayos de resistencia prescritos, ya que, en general, el porcentaje de caída de resistencia del cemento a veintiocho días es aproximadamente el mismo que a siete días.

De esta manera podrá conseguirse, en muchos casos, que la resistencia del hormigón continúe siendo adecuada; lo cual constituye, en definitiva, el elemento de juicio determinante para dar o no validez al empleo del cemento en cuestión.

#### ARTICULO 8.º AGUA

En general podrán ser utilizadas, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.

Quando no se posean antecedentes de su utilización, o en caso de duda, deberán analizarse las aguas, y salvo justifi-

cación especial de que no alteran perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón, deberán rechazarse las que no cumplan una o varias de las siguientes condiciones:

- exponente de hidrógeno pH (UNE 7234)  $\geq 5$
- sustancias disueltas (UNE 7130)  $\leq 15$  g/l (15.000 p.p.m)
- sulfatos, expresados en  $SO_4^{2-}$  (UNE 7131)  $\leq 1$  g/l (1.000 p.p.m)
- ion cloro,  $Cl^-$  (UNE 7178)  $\leq 0,25$  g/l (250 p.p.m)
- hidratos de carbono (UNE 7132) 0
- sustancias orgánicas solubles en éter (UNE 7235)  $\leq 15$  g/l (15.000 p.p.m)

realizándose la toma de muestras según la Norma UNE 7236 y los análisis por los métodos de las normas indicadas.

Expresamente se prohíbe el empleo de agua de mar.

COMENTARIOS

Resulta más perjudicial para el hormigón utilizar aguas no adecuadas en su curado que en su amasado.

Está comprobado que la utilización del agua de mar reduce la resistencia del hormigón (en un 15 por 100 aproximadamente).

La limitación del contenido máximo de cloruros expresados en ión cloro es una medida preventiva contra posibles acciones corrosivas sobre las armaduras, que pueden producir mermas en la sección de éstas, fisuraciones y disminución de adherencia.

Con cementos portland de la clase PY resistentes al yeso, el límite máximo para el contenido del ion sulfato puede elevarse a 5 gramos por litro (5.000 p.p.m).

En las sustancias orgánicas solubles en éter quedan incluidos no sólo los aceites y las grasas de cualquier origen, sino también otras sustancias que puedan afectar desfavorablemente al fraguado y al endurecimiento hidráulicos.

En obras ubicadas en ambientes muy secos, que favorecen la posible presencia de fenómenos expansivos de cristalización, resulta recomendable restringir aún más la limitación relativa a sustancias solubles.

ARTICULO 9.º ARIDOS

9.1. Generalidades

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón, así como las restantes características que se exigen a éste en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Como áridos para la fabricación de hormigones destinados al pretensado, pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, rocas machacadas u otros minerales especiales adecuados a la función que ha de desempeñar el hormigón con ellos fabricado, y cuyo uso resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en laboratorio.

Se prohíbe el empleo de áridos que contengan o puedan contener piritas o cualquier otro tipo de sulfuros.

Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los áridos disponibles, o en caso de duda, deberá comprobarse que cumplen las condiciones prescritas en 9.3.

Se entiende por «arena» o «árido fino», el árido o fracción del mismo que pasa por un tamiz de 5 mm. de luz de malla (tamiz 5 UNE 7050); por «grava» o «árido grueso», el que resulta retenido por dicho tamiz; y por «árido total» (o simplemente «árido» cuando no haya lugar a confusiones), aquel que, de por sí o por mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere.

COMENTARIOS

Los áridos no deben ser activos frente al cemento, ni deben descomponerse por los agentes exteriores e que estarán sometidos en obra. Por tanto, no deben emplearse áridos tales como los procedentes de rocas blandas, friables, porosas, etc., ni los que contengan nódulos de piritas, de yeso, compuestos ferrosos, etcétera.

Entre los ensayos que se pueden realizar con los áridos, hay algunos de interés general; por ejemplo, el utilizado para determinar el contenido en materia orgánica, ya que ésta es siempre perjudicial para el fraguado y endurecimiento del hormigón.

En otros ensayos, el resultado es verdaderamente interesante sólo en un cierto número de casos, ya que su finalidad consiste en dar un índice del comportamiento del material en

circunstancias que, a pesar de ser relativamente frecuentes, no son comunes a todas las obras. Esto ocurre con la determinación de la pérdida de peso en solución de sulfato sódico o magnésico, cuyo principal objeto es conocer la resistencia, frente a la helada, del árido empleado en el hormigón.

Por último, hay pruebas de áridos que son específicas de un reducido número de obras: como el ensayo de desgaste en la máquina de «Los Angeles» que sólo se realiza, prácticamente, en construcciones sometidas a efectos de abrasión, como los pavimentos de carretera.

Las piritas, aun en pequeña cantidad, resultan muy peligrosas para el hormigón pues, por oxidación y posterior hidratación, se transforman en ácido sulfúrico y óxido de hierro hidratado, con gran aumento de volumen.

Quedan excluidas las escorias siderúrgicas porque pueden contener sulfuros.

Debe tenerse en cuenta que existen áridos dolomíticos que reaccionan, perjudicialmente, con los álcalis del cemento.

9.2. Limitación de tamaño

Al menos el 90 por 100, en peso, del árido grueso será de tamaño inferior a la menor de las dos dimensiones siguientes:

- a) Los cinco sextos de la distancia horizontal libre entre éstas y el borde de la pieza, si es que dichas aberturas tamizan el vertido del hormigón.
- b) La cuarta parte de la anchura, espesor o dimensión mínima de la pieza que se hormigona.

En ciertos elementos de pequeño espesor y previa justificación, el límite b) podrá elevarse al tercio de la mencionada dimensión mínima.

La totalidad de árido será de tamaño inferior al doble del menor de los dos límites a) y b) anteriores.

COMENTARIOS

Las piezas de ejecución muy cuidada (caso de prefabricación en taller) y aquellos elementos en los que el efecto pared del encofrado sea reducido (forjados que se encofran por una sola cara), constituyen dos ejemplos de casos en los que el límite b) puede elevarse al tercio del espesor de la pieza.

Cuando el hormigón deba pasar por entre varias capas de armaduras, convendrá emplear un tamaño de árido más pequeño que el límite máximo indicado.

9.3. Prescripciones y ensayos

La cantidad de sustancias perjudiciales que pueden presentar los áridos, no excederá de los límites que se indican en el siguiente cuadro:

	Cantidad máxima, en porcentaje, del peso total de la muestra	
	Arido fino	Arido grueso
Terrones de arcilla ... ..	1,00	0,25
Determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7133.		
Partículas blandas ... ..	—	5,00
Determinadas con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7134.		
Finos que pasan por el tamiz 0,080, UNE 7050 ... ..	5,00	1,00
Determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7135.		
Material retenido por el tamiz 0,063, UNE 7050, y que flota en un líquido de peso específico 2,0 ... ..	0,50	1,00
Determinado con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7244.		
Compuesto de azufre expresados en $SO_4^{2-}$ y referidos al árido seco ... ..	0,50	1,20
Determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7245.		
Cloruros, expresados en $Cl^-$ y referidos al árido seco ... ..	0,03	0,03
Determinados con arreglo al método de ensayo que se describe en el Anejo 3.		

No se utilizarán aquellos áridos finos que presenten una proporción de materia orgánica tal que, ensayados con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7082, produzcan un color más oscuro que el de la sustancia patrón.

Los áridos no presentarán reactividad potencial con los alcalis del cemento. Realizado el análisis químico de la concentración de SiO<sub>2</sub>, y determinada la reducción de la alcalinidad R, de acuerdo con el método de ensayo indicado en la UNE 7137, el árido será considerado como potencialmente reactivo si:

- Para  $R \geq 70$ , la concentración de SiO<sub>2</sub> resulta  $> R$
- Para  $R < 70$ , la concentración de SiO<sub>2</sub> resulta  $> 35 + 0,5 R$

La pérdida de peso máxima experimentada por los áridos al ser sometidos a cinco ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico (Método de ensayo UNE 7138) no será superior a la que se indica en el cuadro 9.3.

CUADRO 9.3

Aridos	Pérdida de peso	
	Con sulfato sódico	Con sulfato magnésico
Finos ... ..	10 %	15 %
Gruesos ... ..	12 %	18 %

Este doble ensayo sólo se realizará cuando así lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

El coeficiente de forma del árido grueso, determinado con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7238, no debe ser inferior a 0,2. En caso contrario, el empleo de ese árido vendrá supeditado a la realización de ensayos previos en laboratorio. Se entiende por coeficiente de forma  $\alpha$  de un árido el obtenido, a partir de un conjunto de  $n$  granos representativos de dicho árido, mediante la expresión:

$$\alpha = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n}{\frac{\pi}{6} (d_1^3 + d_2^3 + \dots + d_n^3)}$$

en la que:

- $\alpha$  = coeficiente de forma;
- $V_i$  = volumen de cada grano;
- $d_i$  = la mayor dimensión de cada grano, es decir, la distancia entre los dos planos paralelos y tangentes a ese grano que estén más alejados entre sí, de entre todos los que sea posible trazar.

COMENTARIOS

La presencia de compuestos de azufre detectados mediante el ensayo cualitativo indicado en la UNE 7245, pone de manifiesto la inestabilidad potencial del árido y, por consiguiente, el peligro de su empleo para la fabricación de hormigón al poder afectar a su durabilidad.

Respecto a los ensayos prescritos véanse las ideas generales expuestas anteriormente en el comentario al apartado 9.1.

El empleo de áridos gruesos con formas inadecuadas dificulta extraordinariamente la obtención de buenas resistencias y, en todo caso, exige una dosis excesiva de cemento. Por esta razón, es decir, para evitar la presencia de áridos laminares y aciculares en una proporción excesiva, se limita inferiormente el coeficiente de forma de la grava. El valor límite establecido no es muy exigente, por lo que sólo aquellos áridos que tienen gran cantidad de granos de forma inadecuada tendrán un coeficiente inferior a 0,20 y obligarán, por tanto, a recurrir a los ensayos previos que para este caso se prescriban. Tales ensayos consisten en la fabricación de probetas de hormigón, con objeto de comprobar si es o no admisible la dosis de cemento que esos áridos necesitan para que el hormigón correspondiente alcance las cualidades exigidas.

9.4. Almacenamiento

Los áridos deberán almacenarse clasificados por tamaños y de tal forma que queden protegidos de una posible contaminación por el ambiente y, especialmente, por el terreno.

Deberán también adoptarse las necesarias precauciones para eliminar la posibilidad de segregación, tanto durante el almacenamiento como durante su transporte.

COMENTARIOS

Con el fin de evitar el empleo de áridos excesivamente calientes durante el verano o saturados de humedad en invierno o en época de lluvia, se recomienda almacenarlos bajo techado, en recintos convenientemente protegidos y aislados. En caso contrario, deberán adoptarse las precauciones oportunas para evitar los perjuicios que la elevada temperatura, o excesiva humedad, pudieran ocasionar.

ARTICULO 10. ADITIVOS

En los hormigones destinados al pretensado no podrán utilizarse, como aditivos, el cloruro cálcico, ni en general, productos en cuya composición intervengan cloruros, sulfuros, sulfitos u otros compuestos químicos, que puedan ocasionar o favorecer la corrosión de las armaduras.

El empleo de otros aditivos deberá justificarse mediante ensayos que garanticen que la sustancia agregada en las proporciones previstas y disuelta en agua, produce el efecto deseado sin perturbar excesivamente las demás características del hormigón.

En los elementos pretensados mediante armaduras ancladas exclusivamente por adherencia, no podrán utilizarse aditivos que tengan carácter de aireantes.

COMENTARIOS

Los aditivos pueden incorporarse al hormigón para: regular su fraguado o temperaturas o en condiciones normales o extremas; facilitar su desencofrado; modificar su permeabilidad, consistencia, durabilidad o peso específico; protegerlo de las heladas, del desgaste o de los agentes agresivos; reducir o contrarrestar su retracción; activar o mejorar su resistencia y, en general, alterar o conseguir cualquiera otra propiedad determinada.

Como norma general se recomienda utilizar tan sólo aquellos aditivos cuyas características (y especialmente su comportamiento al emplearlos en las proporciones previstas) vengan garantizadas por el fabricante. No obstante, debe tenerse en cuenta que el comportamiento de los aditivos varía con las condiciones particulares de cada obra tipo y dosificación de cemento, naturaleza de los áridos, etc. Por ello es imprescindible la realización de ensayos previos en todos y cada uno de los casos, y muy especialmente cuando se empleen cementos diferentes del portland.

La prohibición de la utilización de aireantes se basa en que estos productos pueden perjudicar la adherencia entre el hormigón y la armadura.

En relación con los plastificantes, debe tenerse en cuenta que estos productos facilitan el hormigonado y permiten una reducción en la relación agua/cemento de las masas, con el consiguiente beneficio para su resistencia; pero al mismo tiempo, suelen retrasar el proceso de fraguado y endurecimiento del hormigón. Por consiguiente cuando se utilicen como aditivos productos plastificantes o fluidificantes, será necesario, en general, ampliar los plazos previstos para desmoldar las piezas y proceder a la transferencia (transmisión del esfuerzo de pretensado al hormigón).

ARTICULO 11. HORMIGONES

11.1. Composición

La composición elegida para la preparación de las mezclas destinadas a la construcción de estructuras o elementos pretensados, deberá estudiarse previamente, con el fin de asegurarse de que es capaz de proporcionar hormigones cuyas características mecánicas y de durabilidad satisfagan las exigencias del proyecto. Estos estudios se realizarán teniendo en cuenta, en todo lo posible, las condiciones de la obra real (diámetro, características superficiales y distribución de armaduras; modo de compactación, dimensiones de las piezas, etc.).

Los componentes del hormigón deberán cumplir las prescripciones incluidas en los artículos 7.º, 8.º, 9.º y 10.

COMENTARIOS

Hay que tener en cuenta que, en general, los hormigones para elementos pretensados deben alcanzar resistencias mecánicas elevadas. En particular, los hormigones que vayan a ser

utilizados en obras expuestas a ambientes muy agresivos, deberán ser objeto de estudios especiales.

La homogeneidad y compacidad de los hormigones utilizados, así como los recubrimientos y protección previstos para las armaduras serán los necesarios para garantizar la durabilidad de la obra, teniendo en cuenta sus condiciones de explotación y el ambiente al cual se prevé estará expuesta.

Es preciso señalar que las condiciones de durabilidad, sobre todo en el caso de riesgo eminente de agresividad de la atmósfera, requieren a veces utilizar hormigones cuyas resistencias pueden ser superabundantes con respecto a las exigidas por el cálculo.

#### 11.2. Condiciones del hormigón

Las condiciones o características de calidad exigidas al hormigón se especificarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, siendo necesario en todo caso indicar las referentes a su resistencia a compresión, su docilidad y tamaño máximo del árido; y cuando sea preciso, las referentes a su resistencia a tracción, absorción, peso específico, compacidad, desgaste, permeabilidad, aspecto externo, etc.

Tales condiciones deberán ser satisfechas por todas las unidades de producto componentes del total, entendiéndose por unidad de producto la cantidad de hormigón fabricada de una sola vez. Normalmente se asociará el concepto de unidad de producto a la amasada, si bien en algún caso y a efectos de control se podrá tomar en su lugar la cantidad de hormigón fabricado en un intervalo de tiempo determinado y en las mismas condiciones esenciales. En esta Instrucción se empleará la palabra «amasada» como equivalente a unidad de producto.

A los efectos de esta Instrucción, cualquier característica de calidad medible de una amasada vendrá expresada por el valor medio de un número de determinaciones (igual o superior a dos) de la característica de calidad en cuestión, realizadas sobre partes o porciones de la amasada.

(Continuará.)

## MINISTERIO DE HACIENDA

**14510** REAL DECRETO 1412/1977, de 2 de junio, por el que se desarrolla el Real Decreto-ley 15/1977, de 25 de febrero, en la parte relativa al régimen fiscal del arrendamiento y venta de fincas urbanas.

El Real Decreto-ley quince/mil novecientos setenta y siete, de veinticinco de febrero, establece, en relación con el Impuesto General sobre la Renta de Sociedades e Impuesto sobre las Rentas del Capital, un régimen tributario especial para el gravamen de los rendimientos procedentes del arriendo y venta de fincas urbanas, así como la normativa aplicable a las Entidades que a la entrada en vigor de aquella norma tuvieren concedidos los beneficios derivados del artículo treinta y ocho de la Ley de dieciséis de diciembre de mil novecientos cuarenta y demás disposiciones complementarias. En su disposición final primera autoriza al Gobierno para que dicte las disposiciones y adopte las medidas necesarias para el desarrollo y ejecución de lo establecido en el mismo.

Al tiempo que establece determinados beneficios fiscales para rendimientos que proceden del alquiler o de la venta de determinada clase de viviendas, el Real Decreto-ley prevé que las Entidades que tuvieren concedidos los beneficios derivados del artículo treinta y ocho de la Ley de dieciséis de diciembre de mil novecientos cuarenta ajusten, en lo sucesivo, su actuación a normas que, en concreto, vienen a determinar una objetivación de los beneficios que disfrutaban. Por ello se ha estimado conveniente reunir, en lo que a dichas Entidades afecta, la única normativa que en lo sucesivo les será de aplicación.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Hacienda, previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día dos de junio de mil novecientos setenta y siete,

DISPONGO:}

I

REGIMEN FISCAL DE LOS RENDIMIENTOS PROCEDENTES DEL ARRENDAMIENTO DE VIVIENDAS Y DE LA VENTA DE «VIVIENDAS SOCIALES»

A) Impuesto General sobre la Renta de las Sociedades y demás Entidades jurídicas.

#### Artículo uno.

De conformidad con lo previsto en el artículo veintiocho coma uno, del Real Decreto-ley quince/mil novecientos setenta y siete, de veinticinco de febrero, se reducirá la base imponible del Impuesto sobre Sociedades de las Entidades sujetas al mismo, cualquiera que fuese su actividad, en la parte de aquélla que proceda del arrendamiento de viviendas, siempre que concurran los requisitos siguientes:

a) Que las viviendas cumplan las características técnicas de construcción y superficie correspondientes a las viviendas de protección oficial del grupo primero.

Dichas características podrán ser modificadas por el Gobierno, a propuesta de los Ministerios de la Vivienda y de Hacienda, con respeto de los derechos adquiridos.

b) Que dichas viviendas hayan sido construidas a partir del día veintiocho de febrero de mil novecientos setenta y siete. A estos efectos se entenderá que se da tal circunstancia cuando la licencia municipal de obras hubiere sido concedida a partir de la indicada fecha.

c) Que los sujetos pasivos no establezcan cuentas en participación afectas a la construcción, la explotación o a ambas conjuntamente de las viviendas indicadas anteriormente.

#### Artículo dos.

La reducción a que se refiere el artículo uno se limitará a la parte de base imponible procedente de los rendimientos de los arrendamientos.

En los supuestos de arriendo de viviendas amuebladas se reducirá la base imponible en la parte de la misma que proceda del arrendamiento estricto de la vivienda, y no se reducirá, por tanto, la derivada de la parte del alquiler que corresponda al mobiliario. Si el contrato de arrendamiento de viviendas amuebladas estableciese un precio global que comprenda conjuntamente el de la vivienda y el del mobiliario se estimará, como precio de arrendamiento de aquélla, la renta catastral de la misma.

Cuando en virtud de lo dispuesto en las Ordenanzas municipales o en otras normas de rango suficiente fuese obligatoria la construcción de plazas de garaje, si éstas fueren cedidas en arrendamiento a los inquilinos de viviendas situadas en el mismo edificio, la reducción a que se refiere el párrafo anterior se llevará a cabo en la cuantía que proceda del total importe del alquiler de las indicadas viviendas y plazas de garaje, con un máximo de una plaza por vivienda.

#### Artículo tres.

También será objeto de reducción la parte de la base imponible que proceda del arriendo de hoteles para viajeros y colegios, escuelas, iglesias y edificios sociales o culturales complementarios, exigidos por la legislación y órganos urbanísticos.

#### Artículo cuatro.

Asimismo, se reducirá la base imponible del Impuesto sobre Sociedades en la parte de la misma que proceda de la venta de «viviendas sociales» a que se refiere el Real Decreto-ley doce/mil novecientos setenta y seis, de treinta de julio. No gozarán de la reducción anterior los sujetos pasivos que hayan financiado la construcción de viviendas sociales mediante el establecimiento de cuentas en participación.

#### Artículo cinco.

Para la determinación de la cuantía de las reducciones anteriores se estará a lo dispuesto en el artículo veintitrés punto cuatro del texto refundido de la Ley del Impuesto sobre Sociedades y disposiciones complementarias, contabilizando, en todo caso, por separado los ingresos y gastos que correspondan a los arrendamientos y ventas que den lugar a dichas reducciones.

#### Artículo seis.

A los efectos del cálculo de la dotación a la previsión para inversiones, se considerarán minorados los beneficios no distribuidos en la misma proporción en que lo haya sido la base imponible por virtud de las reducciones practicadas de acuerdo con lo previsto en los artículos uno a cinco anteriores.

#### Artículo siete.

Se entenderán, en todo caso, inversiones comprendidas en el artículo cuarenta del texto refundido del Impuesto sobre Sociedades;}