

riza al Ministro del Interior para dictar las disposiciones necesarias que desarrollen cuanto en él se dispone.

En su virtud, con objeto de proceder a la determinación de las unidades de nivel Sección y Negociado que habrán de integrarse en la estructura interna de la Subdirección General que depende de la Dirección General de Protección Civil, previa la aprobación de la Presidencia del Gobierno, a que se refiere el artículo 130.2 de la Ley de Procedimiento Administrativo y con el informe favorable del Ministerio de Hacienda, Este Ministerio ha tenido a bien disponer:

Artículo 1.º Las Secciones y Negociados de que constarán los Servicios de la Subdirección General de Protección Civil serán los siguientes:

1. Secretaría General.
 - 1.1. Sección de Asuntos Generales, con los Negociados de:
 - 1.1.1. Asuntos Generales.
 - 1.1.2. Registro General.
 - 1.2. Sección de Asuntos Económicos, con los Negociados de:
 - 1.2.1. Contabilidad y Habilitación.
2. Servicio de Formación.
 - 2.1. Sección de Estudios y Planificación, con los Negociados de:
 - 2.1.1. Estudios
 - 2.1.2. Planificación.
 - 2.2. Sección de Autoprotección y Divulgación, con los Negociados de:
 - 2.2.1. Autoprotección.
 - 2.2.2. Divulgación.
3. Servicio de Coordinación Operativa.
 - 3.1. Sección de Seguridad, con los Negociados de:
 - 3.1.1. Alarma y Transmisiones.
 - 3.1.2. Evacuación, Dispersión y Albergue.
 - 3.2. Sección de Socorro, con los Negociados de:
 - 3.2.1. Defensa ABQ y Refugios.
 - 3.2.2. Sanidad, Rehabilitación Servicios Públicos y Acción Social
 - 3.2.3. Incendios y Salvamento.
4. Servicio de Movilización.
 - 4.1. Sección de Movilización, con los Negociados de:
 - 4.1.1. Movilización de material.
 - 4.1.2. Catalogación de recursos.
 - 4.2. Sección de Participación Ciudadana, con los Negociados de:
 - 4.2.1. Promoción.
 - 4.2.2. Organización.

Art. 2.º Por la Subsecretaría del Ministerio del Interior se dictarán las normas precisas para el desarrollo y cumplimiento de lo establecido en la presente Orden.

DISPOSICION DEROGATORIA

Queda derogado el artículo 4.º de la Orden ministerial de 6 de mayo de 1962.

Lo que comunico a V. E. y V. I. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a V. E. y V. I.
Madrid, 2 de enero de 1981.

ROSON PÉREZ

Excmo. e Ilmo. Sres. Subsecretario y Director general de Protección Civil.

Mº DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO

464 REAL DECRETO 2868/1980, de 17 de octubre, por el que se aprueba la «Instrucción para el proyecto (Conclusión.) y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-80)». (Conclusión.)

Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-80), aprobada por Real Decreto 2868/1980, de 17 de octubre. (Conclusión.)

ARTICULO 66. 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 63 y 65 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 69.

Otros tipos de ensayos son los llamados de «información», a los que se refiere el artículo 70, 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 67 y 68, respectivamente.

Los ensayos previos, característicos y de control, se refieren a probetas cilíndricas de 15 x 30 centímetros, rotas por compresión a veintiocho 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.

Control de la resistencia del hormigón

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.	Veintiocho días.	Veintiocho días.	Veintiocho días.	Variable.		
Número mínimo de probetas.	4 x 3 = 12.	6 x 3 = 18.	Véase artículo 69.	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 67. ENSAYOS PREVIOS DEL HORMIGON

Se realizarán en laboratorio antes de comenzar las obras, de acuerdo con lo prescrito en el artículo 14. 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 14 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 confemplan 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.

Así, se puede aceptar la normalidad de su distribución, y en función de las condiciones previstas para la ejecución, establecer valores del coeficiente de variación.

Establecida de esta manera la función de distribución, el cuantil del 5 por 100 queda fijado por:

$$f_{cm} (1 - 1,64 \delta)$$

debiendo ser:

$$f_{ck} \leq f_{cm} (1 - 1,64 \delta)$$

La expresión anterior justifica plenamente el contenido del articulado, en el que se pide que la resistencia media de laboratorio supere el valor exigido en el proyecto f_{ck} , con margen suficiente.

Una razonable estimación en el valor del coeficiente de dispersión permitirá cuantificar adecuadamente la diferencia entre ambos parámetros.

A título puramente informativo se incluyen las siguientes fórmulas que relacionan una y otra resistencia; fórmulas que, a falta de otros datos, pueden utilizarse en los estudios previos como una primera aproximación.

Condiciones previstas para la ejecución de la obra	Valor aproximado de la resistencia media f_{cm} necesaria en laboratorio
Medias	$f_{cm} = 1,50 f_{ck} + 20 \text{ kp/cm}^2$
Buenas	$f_{cm} = 1,35 f_{ck} + 15 \text{ kp/cm}^2$
Muy buenas	$f_{cm} = 1,20 f_{ck} + 10 \text{ kp/cm}^2$

Las condiciones previstas para la ejecución de la obra deben entenderse con arreglo a las indicaciones que siguen:

Condiciones medias: Cemento sin conservación perfectamente adecuada ni comprobaciones frecuentes de su estado. Áridos medidos en volumen por procedimientos aparentemente eficaces, pero de precisión no comprobada. Ausencia de correcciones en los volúmenes de arena utilizados cuando varía la humedad de ésta, y por tanto su entumecimiento. Cantidad de agua bien medida al verterla en la hormigonera, pero sin corregir de acuerdo con la que, en cada caso, contenga la arena.

Condiciones buenas: Cemento bien conservado, con frecuentes comprobaciones de su calidad. Áridos cuidadosamente medidos en volumen, procurando corregir los volúmenes de arena utilizados de acuerdo con el entumecimiento de ésta. Reajuste de la cantidad de agua vertida en la hormigonera siempre que varíe notoriamente la humedad de los áridos. Vigilancia a pie de obra con utillaje mínimo necesario para realizar las comprobaciones oportunas.

Condiciones muy buenas: Control estricto de la calidad del cemento y de la relación agua/cemento. Áridos medidos en peso, determinando periódicamente su granulometría y humedad. Laboratorio a pie de obra con el personal e instalaciones necesarios en cada caso. Constante atención a todos los detalles (posible descorrección de básculas, cambio de partida de cemento, etc.).

La información suministrada por los ensayos previos de laboratorio es muy importante para la buena marcha posterior de los trabajos, por lo que conviene que los resultados los conozca el Director de la obra. En particular, la confección de mayor número de probetas con rotura a tres, siete y noventa días permitirá tener un conocimiento de la curva de endurecimiento del hormigón que puede resultar muy útil, tanto para tener información de partes concretas de la obra antes de veintiocho días como para prever el comportamiento del hormigón a mayores edades.

ARTICULO 68. ENSAYOS CARACTERÍSTICOS DEL HORMIGON

Salvo en el caso de emplear hormigón preparado o de que se posea experiencia previa con los mismos materiales y medios de ejecución, estos ensayos son preceptivos en todos los casos y tienen por objeto comprobar, en general antes del comienzo del hormigonado, que la resistencia característica real del hormigón que se va a colocar en la obra no es inferior a la de proyecto.

Los ensayos se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de seis masas diferentes de hormigón, por cada tipo que haya de emplearse, emoldando tres probetas por masa, las cuales se ejecutarán, conservarán y romperán según los métodos de ensayo UNE 7240 y UNE 7242.

Con los resultados de las roturas se calculará el valor medio correspondiente a cada amasada, obteniéndose la serie de seis resultados medios:

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

El ensayo característico se considerará favorable si se verifica:

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

En cuyo caso se aceptará la dosificación y proceso de ejecución correspondientes.

En caso contrario no se aceptarán, introduciéndose las oportunas correcciones y retrasándose el comienzo del hormigonado hasta que, como consecuencia de nuevos ensayos característicos, se llegue a dosificaciones y procesos aceptables.

Comentarios.

Estos ensayos tienen por objeto garantizar, antes del proceso de hormigonado, la idoneidad de la dosificación que se vaya a utilizar y del proceso de fabricación que se piensa emplear, para conseguir hormigones de la resistencia prevista en el proyecto.

Como puede comprobarse, el criterio de aceptación es análogo al que se empleará en los ensayos de control a nivel intenso, empleándose tres probetas para definir la resistencia de cada amasada. Esta prescripción tiene por objeto eliminar la posibilidad de un rechazo de dosificación o proceso de fabricación, como consecuencia de un error en la medida de la resistencia de una sola probeta, como consecuencia de deficiente ejecución, conservación, transporte, o del mismo proceso de rotura. Se entiende que el valor medio de una serie de tres probetas representa, con más propiedad que un solo valor, la calidad de la amasada compensando en parte las desviaciones introducidas al confeccionar las probetas.

El mayor costo del ensayo queda compensado por la repercusión económica del mismo sobre el costo de la obra.

Por otra parte, resulta útil ensayar varias dosificaciones iniciales, pues si se prepara una sola y no se alcanza con ella la debida resistencia, hay que comenzar de nuevo con el consiguiente retraso para la obra.

De acuerdo con el método de ensayo UNE 7240, las probetas se conservarán en obra, sumergidas en agua o en cámara húmeda, a temperatura no superior a 20°C. Para conseguirlo, lo más cómodo es disponer un depósito cubierto, construido de material no metálico. Siendo así que cuanto menor es la temperatura del agua de conservación, más baja resulta la resistencia de las probetas, es siempre ventajoso disponer un termostato de resistencia (aparato sencillo y económico) o recurrir a cualquier otro sistema, para no bajar mucho el límite máximo admitido de 20°C, y desde luego, es imprescindible comprobar con frecuencia la temperatura, mediante un termómetro.

ARTICULO 69. ENSAYOS DE CONTROL DEL HORMIGON

69.1. Generalidades.

Estos ensayos son preceptivos en todos los casos y tienen por objeto comprobar, a lo largo de la ejecución, que la resistencia característica del hormigón de la obra es igual o superior a la de proyecto.

El control podrá realizarse en dos modalidades:

- Control total (control al 100 por 100), cuando se conozca la resistencia de todas las amasadas.
- Control estadístico del hormigón, cuando sólo se conozca la resistencia de una fracción de las amasadas que se controlan. En este caso, en función del valor adoptado para γ_c y de acuerdo con el artículo 31, se establecen tres niveles de control estadístico de la calidad del hormigón:
 - Control estadístico a nivel reducido.
 - Control estadístico a nivel normal.
 - Control estadístico a nivel intenso.

En ambas modalidades, los ensayos se realizan sobre probetas ejecutadas en obra y conservadas y rotas según UNE 7240 y UNE 7242.

Comentarios.

El objeto de los ensayos de control es comprobar que las características de calidad del hormigón, curado en condiciones normales y a veintiocho días de edad, son las previstas en el proyecto.

Con independencia de los ensayos de control, se realizarán los de información (artículo 70) que prescriba el pliego de prescripciones técnicas particulares o indique el Director de la obra para conocer a una edad, y tras un proceso de curado análogo al de los elementos de que se trata, que el hormigón tiene la resistencia adecuada.

Desde el punto de vista de la aceptación del lote objeto del control, los ensayos determinantes son los que se prescriben en 69.2 y 69.3 o, en su caso, los derivados del 69.4.

69.2. Control total (control al 100 por 100).

Esta modalidad de control es de aplicación a cualquier obra y cualesquiera que sean los valores adoptados para γ_c , de conformidad con el artículo 31 de esta Instrucción.

El control se realiza determinando la resistencia de todas las amasadas componentes de la parte de obra sometida a control y calculando a partir de sus resultados el valor de la resistencia característica real, según 26.1.

Para que el conjunto de amasadas sometidas a control sea aceptable, es preciso que

$$f_{c \text{ real}} \geq f_{ck}$$

Comentarios.

En la mayoría de las obras, este tipo de control no deberá utilizarse por el elevado número de probetas que implica confeccionar, conservar y romper la complejidad de todo orden que supone para la obra y el elevado costo del control.

Sin embargo, en algunos casos especiales, como elementos aislados de mucha responsabilidad, en cuya composición entra un número pequeño de amasadas u otros similares, puede resultar de gran interés el conocimiento exacto de $f_{c \text{ real}}$ para basar en él las decisiones de aceptación o rechazo, con eliminación total del posible error inherente a toda estimación. En previsión de estos casos especiales, pero sin exclusión de cualquier otro, se da entrada de forma fehaciente en la Instrucción a este tipo de control.

Conforme se ha definido en el artículo 28, el valor de la resistencia característica real corresponde al cuantil del 5 por 100 en la función de distribución de la población objeto del control. Su obtención se reduce a determinar el valor de la resistencia de la amasada, que es superada en el 95 por 100 de los casos, o que, a lo sumo, es igualada en el 5 por 100 de ellos.

En general, para poblaciones formadas por N amasadas, el valor de $f_{c \text{ real}}$ corresponde a la resistencia de la amasada que, una vez ordenadas las N determinaciones de menor a mayor, ocupa el lugar $n = 0,05 N$, redondeándose «n» por exceso.

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

69.3. Control estadístico del hormigón.

69.3.1. Ensayos de control a nivel reducido.

En este nivel el control se realiza por medición de la consistencia del hormigón, fabricado de acuerdo con dosificaciones tipo.

Con la frecuencia que se indique en el pliego de prescripciones técnicas particulares o por el Director de la obra y con no menos de cuatro determinaciones espaciadas a lo largo del día se realizará un ensayo de consistencia, según el artículo 65.

De la realización de tales ensayos quedará (en obra) la correspondiente constancia a través de los valores obtenidos y decisiones adoptadas en cada caso.

Esta modalidad de control es de aplicación exclusivamente a obras en que la resistencia característica exigida en el proyecto no sea superior a 150 kp/cm²; se empleen dosificaciones tipo, con un mínimo de 300 kg. de cemento, de categoría 350 por metro cúbico de hormigón y en cuyo proyecto se haya adoptado $\gamma_c = 1,70$, en correspondencia con el artículo 31.

Para elementos de hormigón en masa se podrá reducir la dosificación mínima a 250 kg. de cemento, de categoría 350, conservando las restantes prescripciones del párrafo anterior.

Comentarios.

Este nivel de control es de aplicación, fundamentalmente, a obras de escasa importancia, en las que no siendo fácil recurrir a laboratorios especializados, no es excesivamente gravoso incrementar la dosificación de cemento para garantizar, por métodos indirectos, el valor de la resistencia de proyecto del hormigón.

Presupone un valor bajo en la resistencia a alcanzar; una dosificación alta y contrastada, capaz de suministrar una resistencia mucho mayor de la exigida y una vigilancia continuada por parte de la Dirección de la obra que garantice lo correcto de la dosificación, el amasado y la puesta en obra, llevando un sistemático registro de su consistencia.

69.3.2. Ensayos de control a nivel normal.

Esta modalidad de control es de aplicación a obras en cuyo proyecto se haya adoptado para γ_c un valor $\gamma_c \geq 1,5$, en correspondencia con el artículo 31.

A efectos de control, se divide la obra en partes sucesivas, inferiores cada una al menor de los límites señalados en el cuadro 69.3.2.a.

El control tiene por objeto determinar si el hormigón componente de cada una de las partes es aceptable con arreglo a los criterios de esta Instrucción.

El control se realiza mediante determinaciones de resistencia de amasadas, según el artículo 10, en número $N \geq 2$ y frecuencia que fijará el Director de la obra, de no estar previstos en el pliego de prescripciones técnicas particulares, tomadas al azar entre las componentes de la obra sometida a control. En todo caso el contratista podrá utilizar un número de determinaciones superior al mencionado anteriormente, siendo a su costa el sobrecosto del ensayo.

Ordenados los resultados de las determinaciones de resistencia de las N amasadas controladas en la forma:

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

CUADRO 69.3.2.a

Límite superior	Tipo de elementos estructurales		
	Lineales	Superficiales	Grandes Maçizos
Volumen.	100 m ³	200 m ³	500 m ³
Superficie.	500 m ²	500 m ²	—
Número de amasadas.	100	100	100
Tiempo de hormigonado.	2 semanas	2 semanas	1 semana
Número de plantas.	1	1	—

se define como resistencia característica estimada, en este nivel, la que cumple las siguientes expresiones:

$$\text{Si } N < 6; f_{est} = K_N \cdot x_1$$

$$\text{Si } N \geq 6; f_{est} = 2 \cdot \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{m-1}}{m-1} - x_m < K_N \cdot x_1$$

Siendo:

K_N = coeficiente dado en el cuadro en función de N y del tipo de instalación en que se fabrique el hormigón.

x_1 = resistencia de la amasada de menor resistencia.

$m = N/2$ si N es par.

$$m = \frac{N-1}{2} \text{ si N es impar.}$$

CUADRO 69.3.2.b

Valores de K_N

N	Hormigones fabricados en central, con control sistemático muy cuidadoso de todas las operaciones	Otros casos
2	0,88	0,75
3	0,91	0,80
4	0,93	0,84
5	0,94	0,87
6	0,95	0,89
7	0,96	0,91
8	0,97	0,93
10	0,98	0,96
12	0,99	0,98
14	1,00	1,00
16	1,01	1,02
18	1,02	1,04

Para que la parte de obra sometida a control sea aceptable es necesario que se verifique

$$f_{est} \geq f_{ck}$$

Comentarios.

Se consideran en este nivel los casos frecuentes en que las determinaciones de resistencia de las amasadas componentes de la parte de obra sometida a control no responden a criterios sistemáticos, en su número ni en su frecuencia. Es posible, por lo tanto, que puedan introducirse errores en la fabricación del hormigón, de trascendencia para su resistencia, no fácil ni inmediatamente detectables. Para reducir en lo posible tales efectos, se establece que γ_c sea igual o superior a 1,5.

En realidad, en este nivel, la función para determinar la resistencia característica estimada sería $f_{est} = K_N \cdot x_1$, con los significados establecidos para K_N y x_1 . Tal función exige conocer el coeficiente de variación δ de la población para poder aplicarse con toda corrección, puesto que K_N es función de tal coeficiente de variación y del número N. Sin embargo, como para que la estimación de δ tenga una fiabilidad aceptable es necesario que se controle un número de amasadas N superior al que habitualmente se emplea y como, por otra parte, a partir de N = 6 las diferencias entre los valores K_N , para el mismo valor de N y diferentes coeficientes de variación es inferior al 5 por 100, se ha preferido ligar los valores de K_N al tipo de control con que se fabrica el hormigón, desligándolo del cálculo de δ , mediante la aceptación previa de la hipótesis de que los hormigones fabricados en central con control sistemático de todas las operaciones, tienen un coeficiente de variación del orden de 0,10, englobando en «otros casos» las que presentan un $\delta = 0,20$.

Sólo el Director de obra puede juzgar si el control sistemático de la fabricación del hormigón es suficiente, para lo cual puede tener en cuenta el coeficiente de variación de los resultados de los ensayos ya realizados desde el origen de un suministro homogéneo.

Con lo anterior, en los casos de $N \geq 6$ la discrepancia producida en f_{est} por una errónea estimación de δ será prácticamente insignificante, habiéndose aceptado la posibilidad de emplear una segunda función de estimación, dependiente únicamente de los valores muestrales, y prevista, en principio, para el control a nivel intenso, a fin de paliar aún más los posibles casos en que la diferencia en cuestión, aún pequeña, pudiera tener importancia.

Los casos en que $N < 6$ son los que presentan más dificultad, puesto que ni es posible estimar δ con precisión, ni introducir un segundo estimador de comparación; en ellos, evidentemente, una errónea estimación previa de su coeficiente de variación puede tener repercusiones a la hora de la aceptación. Cuando la realización de los ensayos de una manera sistemática sea posible se recomienda comenzar la serie de ensayos con valores de $N \geq 6$, continuando con la misma extensión de la muestra durante el control de las cuatro o cinco primeras partes de obra; con la totalidad de los valores muestrales obtenidos puede entonces calcularse el coeficiente de variación de la población con suficiente garantía y, una vez cerciorados del caso de que se trata a efectos de la elección de K_N , reducir el valor de N en el control de las sucesivas partes de la obra.

69.3.3. Ensayos de control a nivel intenso.

Este tipo de control es preceptivo siempre que la resistencia de proyecto sea mayor de 250 kp/cm² o cuando para γ_c se adopte un valor < 1,5, de conformidad con el artículo 31.

A los efectos del control se dividirá la obra en partes, con arreglo a los criterios del cuadro 69.3.2.a, siendo el objeto del control determinar si el hormigón componente de cada una de

las partes es aceptable, con arreglo al contenido de esta instrucción.

El control de cada parte se realiza sobre un número N de determinaciones de resistencia de otras tantas amasadas, tomadas al azar, entre las componentes de la parte controlada. Los valores de N se establecerán, de acuerdo con la sistemática que se define en este artículo.

En general, obtenidas las resistencias de N amasadas y ordenadas de menor a mayor en la forma:

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

se define la resistencia característica estimada, de la parte de obra sometida a control, por

$$f_{est} = 2 \cdot \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{m-1}}{m-1} - x_m \leq K_N x_1$$

siendo;

$$m = N/2 \text{ ó } \frac{N-1}{2} \text{ según sea N par o impar, respectivamente.}$$

K_N = parámetro definido en 69.3.2 para el caso de control a nivel normal, función del valor N y del tipo de instalación en que se fabrique el hormigón.

La parte de obra sometida a control será aceptable si se verifica que:

$$f_{est} \geq f_{ck}$$

La sistemática de la aplicación de este nivel de control a la totalidad de la obra será la siguiente:

Al comienzo del control se tomará N = 12; cuando en cuatro lotes consecutivos con N = 12 se haya obtenido aceptación ($f_{est} \geq f_{ck}$), se tomará, en los siguientes, N = 6. Se volverá a tomar N = 12 a partir del momento en que con N = 6 se obtenga $f_{est} < f_{ck}$, volviéndose a tomar N = 6 tan pronto como en cuatro lotes consecutivos se obtenga $f_{est} \geq f_{ck}$. Este proceso se repetirá tantas veces como sea preciso.

Comentarios.

Se basa el control a nivel intenso, como el control a nivel normal, en determinaciones de la resistencia de diversas amasadas, siéndole de aplicación lo comentado al respecto en el artículo anterior.

Se presupone la normalidad de la población, si bien, por tomar en consideración exclusivamente la mitad de los valores obtenidos, no se penalizan las desviaciones en más a partir del valor $x_m + 1$.

Con la limitación establecida, $f_{est} \geq K_N \cdot x_1$, se quiere eludir los posibles casos de polémica en que, por una desviación en más del valor x_m , pudiera resultar un ensayo aceptable con el criterio establecido en el nivel normal y rechazable en éste.

Por último, el juego de decisiones sobre el número de determinaciones que debe realizarse, es decir, sobre la información general que se quiere conseguir, pretende obtener una información de extensión aceptable al comienzo de la obra y siempre que esté en entredicho la calidad del hormigón que anteriormente se haya puesto en obra, mientras que permite reducir el número de probetas en los casos en que la fabricación se estabiliza alrededor de calidades aceptables.

69.4. Decisiones derivadas del control de resistencia.

Cuando en una parte de obra, sometida a cualquier nivel de control, sea $f_{est} \geq f_{ck}$, tal parte de obra se aceptará.

Si resultase $f_{est} < f_{ck}$, a falta de una explícita previsión del caso en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra y sin perjuicio de las sanciones contractuales previstas, se procederá como sigue:

- a) Si $f_{est} \geq 0,9 f_{ck}$, la obra se aceptará.
- b) Si $f_{est} < 0,9 f_{ck}$, se podrá proceder a realizar, a costa del constructor, los ensayos de información previstos en el artículo 70 o las pruebas de carga previstas en el artículo 73, a juicio del Director de la obra; y según decisión de éste, a aceptarlos, a demolerlos o a reforzarlos.

En caso de haber optado por ensayos de información y resultar estos desfavorables, podrá el Director de obra ordenar las pruebas de carga antes de decidir si se acepta, refuerza o demuele.

Comentarios.

Antes de tomar la decisión de aceptar, reforzar o demoler, el Director de obra deberá estimar la disminución de la seguridad, para lo cual podrá consultar con el proyectista y con Organismos especializados; tomará aquella decisión, incluso de ser positiva, sin la realización de los ensayos previstos en b).

En general, de una prueba de carga no se puede deducir que el margen de seguridad de la estructura en servicio es suficiente, salvo en el caso en que la prueba se lleve hasta rotura (lo que es de aplicación, por ejemplo, en elementos prefabricados que se repiten). No obstante, la realización de una prueba de carga juiciosamente efectuada e interpretada puede aportar datos útiles que coadyuven a la toma de decisión final.

ARTICULO 70. ENSAYOS DE INFORMACION DEL HORMIGON

Estos ensayos sólo son preceptivos en los casos previstos por esta Instrucción en los artículos 18, 21 y 69, o cuando así lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Su objeto es conocer la resistencia real del hormigón de una parte determinada de la obra a una cierta edad y/o tras un curado en condiciones análogas a las de la obra.

Los ensayos de información pueden consistir en:

a) La fabricación y rotura de probetas en forma análoga a la indicada para los ensayos de control, pero conservando las probetas no en agua, sino en unas condiciones que sean lo más parecidas posible a aquellas en las que se encuentre el hormigón cuya resistencia se busca.

b) La rotura de probetas testigo extraídas del hormigón endurecido (método de ensayo UNE 7241 y UNE 7242). Esta forma de ensayo sólo podrá realizarse cuando dicha extracción sea posible sin afectar de un modo sensible a la capacidad de resistencia de la obra.

c) Como complemento de los anteriores, el empleo de métodos no destructivos confiables, debidamente correlacionados con aquéllos, que merezcan la aprobación del Director de obra.

Para la valoración de la resistencia de los ensayos a), b) y c), debe tenerse en cuenta que en soportes o elementos análogos hormigonados verticalmente la resistencia puede estar reducida en un 10 por 100, como se considera en el cálculo 26.5.

Comentarios.

La realización de estos ensayos tiene interés a veces; por ejemplo, para conocer la resistencia alcanzada por un hormigón que ha sido afectado por la helada; para fijar el momento de desencofrado o descimbrado de una pieza; para conocer la capacidad de carga de una zona de la estructura; para decidir el momento de la apertura al tráfico de un pavimento, etc.

Respecto a la extracción de probetas testigo, se llama la atención sobre el hecho de que para que sean representativas tales probetas deben poseer unas dimensiones mínimas determinadas, función del tamaño de los áridos y que puedan dar resistencias inferiores a las de las probetas enmoldadas. Esas dimensiones vienen establecidas en el método de ensayo de la UNE 7241.

En general, los resultados que dan los ensayos del tipo a) suelen quedar del lado de la seguridad, ya que el pequeño tamaño de las probetas, y, por tanto, su menor inercia en todos aspectos, actúa en sentido desfavorable, y el hormigón de dichas probetas suele resistir algo menos que el del elemento que ellas representan.

Existe una gran variedad de ensayos no destructivos (acústicos, esclerométricos, etc.), muchos de los cuales se encuentran todavía en evolución, por lo que se ha preferido no especificar ninguno de ellos en el articulado. El Director de obra juzgará, en cada caso, sobre la idoneidad del método que se proponga, teniendo en cuenta que es condición necesaria para obtener resultados confiables el que la realización e interpretación, siempre delicadas, de estos ensayos, esté a cargo de personal especializado.

En cualquier caso, la precaución de realizar ensayos no destructivos sobre probetas de la obra en las fases de los ensayos previos, característicos o de control, permite establecer las correlaciones oportunas entre los valores dados por los ensayos destructivos y los no destructivos que, en caso de tener que recurrir a los ensayos de información, pueden constituir un depósito de conocimiento de gran valor, especialmente al permitir en cualquier momento extender el campo de observación más allá de los elementos concretos de los que se hayan extraído las probetas.

ARTICULO 71. CONTROL DE LA CALIDAD DEL ACERO

71.1. Generalidades

En correspondencia con el valor adoptado para γ_s de acuerdo con el artículo 31, se establecen los siguientes niveles para controlar la calidad del acero:

- Control a nivel reducido.
- Control a nivel normal.
- Control a nivel intenso.

No podrán utilizarse en obra partidas de acero que no lleguen acompañadas del certificado de garantía del fabricante, según lo prescrito en el artículo 9.º

Comentarios.

Con respecto a los distintos ensayos prescritos en los apartados de este artículo, se recomienda adoptar el procedimien-

to siguiente: En el caso de que sea posible clasificar los materiales existentes en obra que tengan el mismo diámetro en lotes, según las diferentes partidas suministradas, el resultado de los ensayos será aplicable al resto del material que constituye el lote del que se obtuvieron las probetas para hacer tal ensayo. Si no es posible clasificar el material del mismo diámetro en lotes, como está indicado, se considerará que todo el material de un diámetro constituye un solo lote.

El muestreo que se prescribe es débil, pero suficiente en la práctica, pues aunque no representa en cada obra un ensayo real de recepción, es evidente que un material defectuoso sería detectado rápidamente. En la práctica, el sistema es correcto para el fin que se persigue, que es dificultar el empleo de materiales sistemáticamente defectuosos.

Sin embargo, en el caso de desacuerdo en la interpretación de los ensayos realizados debería pasarse a realizar ensayos, con suficiente número de muestras para servir de base estadística a una estimación eficaz de la calidad.

71.2. Control a nivel reducido.

Corresponde a $\gamma_s = 1,20$ y es de aplicación a barras, alambres y mallas lisos y corrugados cuando se empleen como lisos.

El límite elástico correspondiente que debe considerarse en el cálculo no será superior a 2.200 kp/cm².

El control consiste en comprobar, sobre cada diámetro:

- su sección equivalente, que ha de cumplir lo especificado en 9.1, realizándose dos verificaciones por partida.
- la no formación de grietas o fisuras en los ganchos de anclaje.

71.3. Control a nivel normal.

Corresponde a $\gamma_s = 1,15$.

El control consiste en:

- Tomar dos probetas por cada diámetro y partida de 20 t. o fracción para sobre ellas:
 - Verificar que la sección equivalente cumple lo especificado en el apartado 9.1.
- En caso de barras corrugadas, verificar que las características geométricas de sus resaltos están comprendidas entre los límites admisibles establecidos en el certificado de homologación (apartado 9.3).
- Realizar después de enderezado los ensayos de doblado simple a 180º y de desdoblado según 9.2, 9.3 y 9.4, y las UNE 36097/1/79, 36088/1/79, 36099/1/79 y 36092/1/79.
- Determinar, al menos, en dos ocasiones durante la realización de la obra, el límite elástico, carga de rotura y alargamiento en rotura como mínimo en una probeta de cada diámetro empleado. En el caso particular de las mallas electrosoldadas se realizarán, como mínimo, dos ensayos por cada diámetro principal empleado; y dichos ensayos incluirán la resistencia al arrancamiento del nudo soldado según la UNE 7432.
- En el caso de existir empalmes por soldadura, verificar de acuerdo con lo especificado en el apartado 71.5 para el soldeo en obra.

71.4. Control a nivel intenso.

Corresponde a $\gamma_s = 1,1$.

El control consiste en:

- Tomar dos probetas por cada diámetro y partida de 20 t. o fracción, para sobre ellas:
 - Verificar que la sección equivalente cumple lo especificado en 9.1.
- En el caso de barras corrugadas, verificar que las características geométricas de sus resaltos están comprendidas entre los límites admisibles establecidos en el certificado de homologación (ver 9.3).
- Realizar después de enderezado los ensayos de doblado simple a 180º y de desdoblado, según 9.2, 9.3 y 9.4 y las UNE 36097/1/79, 36088/1/79, 36099/1/79 y 36092/1/79.
- Realizar ensayos periódicos y sistemáticos de comprobación de las características del material especificadas en el artículo 9.º, no menos de tres veces en el curso de la obra y con un mínimo de una comprobación por cada 50 t. En cada comprobación se tomarán, al menos, dos probetas procedentes de cada diámetro utilizado.
- En el caso de existir empalmes por soldadura, se verificará la aptitud para el soldeo en obra según 71.5 al menos dos veces en el curso de la obra por diámetro.

71.5. Ensayo de aptitud al soldeo en obra.

Este ensayo se realizará sobre los diámetros máximo y mínimo que se vayan a soldar.

De cada diámetro se tomarán seis probetas, realizándose con tres los ensayos de tracción y con las otras tres el doblado simple, procediéndose de la siguiente manera:

— Ensayo de tracción: De las tres probetas tomadas para este ensayo, una se probará soldada y las otras sin soldadura, determinando su carga total de rotura. El valor obtenido para la probeta soldada no presentará una disminución superior al 5 por 100 de la carga total de rotura media de las otras dos probetas, ni será inferior a la carga de rotura garantizada.

De la comprobación de los diagramas fuerza-alargamiento correspondientes resultará que, para cualquier alargamiento, la fuerza correspondiente a la barra soldada no será inferior al 95 por 100 del valor obtenido del diagrama de la barra testigo de diagrama inferior.

La base de medida del extensómetro ha de ser, como mínimo, tres veces la longitud de la oliva.

— Ensayo de doblado simple: Se realizará sobre tres probetas soldadas en la zona de afección del calor (HAZ) sobre el mandril del diámetro indicado en 9.2 si se trata de barras lisas y en la tabla 9.3.a en el caso de barras corrugadas.

71.6. Condiciones de aceptación o rechazo de los aceros.

Según el resultado de los ensayos a que ha sido sometido el acero y según los tres tipos de control admitidos, se ajustará la dirección de obra a los siguientes criterios de aceptación o rechazo.

a) Control a nivel reducido.

Comprobación de la sección equivalente.—Si las dos verificaciones que han sido realizadas resultan satisfactorias, la partida quedará aceptada. Si las dos resultan no satisfactorias, la partida será rechazada. Si se registra un solo resultado no satisfactorio, se verificarán cuatro nuevas muestras correspondientes a la partida que se controla, y si alguna de estas nuevas cuatro verificaciones resulta no satisfactoria, la partida será rechazada. En caso contrario, será aceptada.

Formación de grietas o fisuras en los ganchos de anclaje.—La aparición de grietas o fisuras en los ganchos de anclaje de cualquier barra obligará a rechazar toda la partida a la que la misma corresponda.

b) Control a nivel normal o a nivel intenso.

Comprobación de la sección equivalente.—Se efectuará igual que en el caso de control a nivel reducido.

Características geométricas de los resaltos de las barras corrugadas.—El incumplimiento de los límites admisibles establecidos en el certificado de homologación será condición suficiente para que se rechace la partida correspondiente.

Ensayos de doble simple y de desdoblado.—Si los resultados obtenidos en las dos probetas ensayadas son satisfactorios, la partida quedará aceptada. Si fallase uno de los resultados, se someterán a ensayo cuatro nuevas probetas. Cualquier fallo registrado en estos nuevos ensayos obligará a rechazar la partida correspondiente. Finalmente, si los resultados obtenidos en las dos probetas inicialmente ensayadas no son satisfactorios, la partida será rechazada.

Ensayos de tracción para determinar el límite elástico, la carga de rotura y el alargamiento en rotura.—Mientras los resultados de los ensayos sean satisfactorios se aceptarán las barras del diámetro correspondiente. Si se registra algún fallo, todas las barras de ese mismo diámetro existentes en obra y las que posteriormente se reciban serán clasificadas en lotes correspondientes a las diferentes partidas suministradas, sin que cada lote exceda de las 20 toneladas. Cada lote será controlado mediante ensayos sobre dos probetas. Si los resultados de ambos ensayos son satisfactorios, el lote será aceptado. Si los dos resultados fuesen no satisfactorios, el lote será rechazado. Y si solamente uno de ellos resulta no satisfactorio, se efectuará un nuevo ensayo completo de todas las características mecánicas que deben comprobarse sobre 16 probetas. El resultado se considerará satisfactorio si la media aritmética de los dos resultados más bajos obtenidos supera el valor garantizado y todos los resultados superan el 95 por 100 de dicho valor. En caso contrario, el lote será rechazado.

Ensayo de soldeo.—En caso de registrarse algún fallo en el control del soldo en obra, se interrumpirán las operaciones de soldadura y se procederá a una revisión completa de todo el proceso.

c) Control de aceros homologados en obras de edificación:

En las obras de edificación, si el material ostenta el sello de conformidad CIETSID, homologado por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, se procederá de la siguiente manera:

c-1) Si el proyectista prescribe el empleo de acero con este sello adoptará $\gamma_s = 1,15$ si el control a efectuar es de nivel normal, reduciendo en un 50 por 100 la intensidad de muestreo, o $\gamma_s = 1,10$ si el control fuera de nivel normal. No se considera necesario aplicar a materiales con este sello el control a nivel intenso.

c-2) Si no figura en el proyecto el empleo de acero con este sello, la dirección de obra podrá reducir en un 50 por 100 la intensidad de muestreo si se trata de control a nivel normal; en el caso de que se registre algún fallo en cualquiera de los

ensayos, se procederá según lo indicado en b). Si se trata de control a nivel intenso, la dirección de obra podrá realizar los ensayos indicados en b) para el control a nivel normal.

Comentarios.

Cuando sea necesario ampliar el número de ensayos previstos, los nuevos ensayos deberán hacerse siempre sobre aceros que procedan de la misma partida que aquellos cuyo ensayo haya resultado no satisfactorio. En caso de que esto no sea posible, el Director de la obra decidirá qué medidas deben adoptarse.

En el caso de que se registre algún fallo en los ensayos de control de una partida de acero que haya sido ya colocada en parte en obra, se estudiará la repercusión que este fallo pueda tener en el comportamiento resistente de la estructura y en la disminución de la seguridad prevista. A la vista de ello el Director de la obra adoptará la decisión que estime oportuna.

Para hormigón armado utilizado exclusivamente en obras de edificación, el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo concedió, por Orden de 6 de julio de 1978 («Boletín Oficial del Estado» de 9 de agosto), la homologación del sello de conformidad «CIETSID» para barras corrugadas.

CAPITULO X

Control de la ejecución

ARTICULO 72. CONTROL DE LA EJECUCION

72.1. Generalidades.

El control de la ejecución tiene por objeto garantizar el cumplimiento de las prescripciones generales del capítulo III de esta Instrucción, más las específicas contenidas en el pliego de prescripciones técnicas particulares.

Corresponde a la dirección de la obra la responsabilidad de la realización del control de la ejecución, el cual se adecuará necesariamente al nivel correspondiente, en función del valor adoptado para γ_c en el proyecto y de los daños previsibles en caso de accidentes según el artículo 31.

Se consideran en el citado artículo 31 los siguientes tres niveles para la realización del control de la ejecución:

- Control de ejecución a nivel reducido.
- Control de ejecución a nivel normal.
- Control de ejecución a nivel intenso.

Comentarios.

Un hormigón que a la salida de hormigonera cumpla todas las especificaciones de calidad puede ver disminuidas las mismas si su transporte, colocación y curado no son correctos. Lo mismo puede decirse respecto al corte, doblado y colocación de las armaduras. Además, aun realizadas las operaciones anteriores con todo cuidado, es preciso comprobar las luces y dimensiones de los elementos construidos para poder garantizar que la calidad de la obra terminada es la exigida en el proyecto.

Básicamente, el control de la ejecución está confiado a la inspección visual de las personas que lo ejercen, por lo que su buen sentido, conocimientos técnicos y experiencia práctica son fundamentales para lograr el nivel de calidad previsto. No obstante lo anterior, es preciso sistematizar tales operaciones de control para conseguir una eficacia elevada en el mismo, pues no siempre los defectos que puedan presentarse se detectarán como no se haya considerado previamente la posibilidad de su presencia.

En este sentido, la Instrucción establece tres niveles, en correspondencia con el coeficiente de mayoración de las solicitudes, que se pondrán en práctica estableciendo una sistemática de control más o menos intensa y continuada. A título orientativo, se incluye la tabla 72.1 en que se detallan las principales operaciones que deben controlarse, en correspondencia con esta Instrucción y con el pliego de prescripciones técnicas particulares.

TABLA 72.1

Operaciones objeto de control durante la ejecución

En las operaciones que proceda se efectuará el control dimensional.

Fase de control de ejecución	Operaciones que se controlan
Previo al hormigonado.	Revisión de los planos de proyecto y de obra. Comprobación, en su caso, de hormigoneras, vibradores, maquinaria de transporte, máquinas de hormigonado continuo, aparatos de medida, moldes para las probetas, equipos de laboratorio, dispositivos de seguridad, medidas de seguridad, etc. Replanteo. Andamiajes y cimbras.

Fase de control de ejecución	Operaciones que se controlan
Durante el hormigonado.	Encofrados y moldes. Doblado de armaduras. Empalmes de armaduras. Colocación de armaduras. Previsión de juntas. Previsión del hormigonado en tiempo frío. Previsión del hormigonado en tiempo caluroso. Previsión del hormigonado bajo lluvia. Fabricación, transporte y colocación del hormigón. Compactación del hormigón. Juntas. Hormigonado en tiempo frío. Hormigonado en tiempo caluroso. Hormigonado bajo lluvia. Curado.
Posterior al hormigonado.	Descimbramiento, desencofrado y desmoldeo. Tolerancias en dimensiones, flechas y contraflechas, combas laterales, acabado de superficies, etc. Transporte y colocación de elementos prefabricados. Previsión de acciones mecánicas durante la ejecución. Reparación de defectos superficiales.

72.2. Control de ejecución a nivel reducido.

Corresponde a un valor de $\gamma_f = 1,8$.

Se realiza mediante visitas de inspección de la obra sin carácter periódico, durante las cuales se efectúan observaciones no sistemáticas sobre las prescripciones enunciadas en 72.1.

72.3. Control de ejecución a nivel normal.

Corresponde a un valor de $\gamma_f = 1,6$.

Se realiza mediante frecuentes y periódicas visitas de inspección de la obra, durante las cuales se comprueba sistemáticamente, y por rotación, un conjunto parcial de operaciones correspondientes a las prescripciones de 72.1, con objeto de cubrir la totalidad en dos o tres visitas.

72.4. Control de ejecución a nivel intenso.

Corresponde a un valor de $\gamma_f = 1,5$.

Se realiza mediante frecuentes, periódicas y detalladas visitas de inspección de la obra, disponiendo de un técnico facultativo permanentemente en la misma que realiza comprobaciones continuadas y sistemáticas de la totalidad de las prescripciones de 72.1.

Comentarios.

Se ha de tener en cuenta que la tabla 72.1 únicamente tiene el carácter orientativo de un memorándum, y que, especialmente, se han de cumplir las prescripciones contenidas tanto en el capítulo III como en el pliego de prescripciones técnicas particulares de la obra.

ARTICULO 73. PRUEBAS DE LA OBRA

73.1. Generalidades.

En el caso en que, debido al carácter particular de la obra, convenga comprobar que la misma reúne, una vez terminada, ciertas condiciones específicas, el pliego de prescripciones técnicas particulares establecerá las pruebas oportunas que deban realizarse, indicando con toda precisión tanto la forma de llevar a cabo el ensayo como el modo de interpretar los resultados.

Aparte de lo anterior, se realizarán pruebas de carga de la obra en los casos previstos en 73.2, debiendo respetarse, en tales pruebas, las disposiciones contenidas en 73.3 y 73.4.

Comentarios.

Los ensayos sobre probetas, cualquiera que sea la cualidad del hormigón que con ellos se pretenda medir, son un procedimiento cómodo pero no totalmente representativo del comportamiento final del hormigón de la obra. Por otra parte, el comportamiento del hormigón frente a ciertos agentes, como, por ejemplo, su mayor o menor permeabilidad al agua, es una función de diversas variables, lo suficientemente compleja para que no sea posible reproducir cuantitativamente el fenómeno en laboratorio. Por ello, resulta particularmente útil, en algunos casos, el recurrir a ensayos sobre la obra ya terminada.

En general, es recomendable que la realización e interpretación de las pruebas de carga se encomienden a un centro especializado.

73.2. Realización de pruebas de carga.

Salvo indicación en contrario de la reglamentación específica de un tipo de estructura o del pliego de prescripciones técnicas

particulares, no será necesario someter a pruebas de carga las obras, proyectadas y construidas con arreglo a la presente Instrucción, en las que los materiales y la ejecución hayan alcanzado la calidad prevista.

Si el pliego antes mencionado impone la realización de pruebas de carga, deberá establecer los siguientes puntos:

- Zonas de la obra que deben cargarse.
- Magnitudes que deben medirse.
- Métodos de medidas utilizables.
- Puntos o zonas donde debe medirse.
- Condiciones de carga o descarga.

Si el pliego de prescripciones técnicas particulares no impone la realización de pruebas de carga, pero se está en el caso del párrafo b) de 69.4, será el Director de la obra, de acuerdo con el autor del proyecto, quien establezca los puntos antedichos.

73.3. Forma de realizar las pruebas de carga.

Como norma general, no se realizarán pruebas de carga antes de que el hormigón haya alcanzado una resistencia igual, por lo menos, a la considerada en el cálculo.

La carga de prueba no deberá exceder, en ningún caso, de la carga característica tenida en cuenta en el cálculo.

Si la prueba se realiza con cargas fijas, se evitará cualquier choque o vibración que pueda afectar desfavorablemente al elemento que se ensaya y se dispondrán las cargas de manera que no se produzcan efectos de arco o bóveda susceptible de transmitir directamente a los apoyos una parte de la carga aplicada.

Si la prueba se realiza con cargas móviles, éstas deberán aplicarse a una velocidad lo más parecida posible a la prevista para las cargas reales de utilización de la obra. Por otra parte, salvo expresa indicación en contrario del pliego de prescripciones técnicas particulares, se admitirá siempre sustituir los esfuerzos dinámicos previstos en el cálculo por la carga estática equivalente.

Los aparatos de medida se dispondrán unidos a soportes bien firmes y estables, colocándolos, en la medida de lo posible, abrigados de la intemperie y alejados de cualquier influencia extraña que pueda deformarlos o hacerlos entrar en vibración.

Comentarios.

Para definir el momento en que pueden realizarse las pruebas, se recurrirá a ensayos de información (véase artículo 70) con objeto de comprobar que la resistencia del hormigón en el momento elegido no es inferior a la del proyecto.

El modo de aplicación de las cargas debe ser tal que se produzcan los máximos esfuerzos en las secciones consideradas como críticas. Debe tenerse en cuenta la posibilidad de que los elementos vecinos colaboren a la resistencia del elemento que se ensaya. Por otra parte, deben adoptarse toda clase de precauciones para evitar un posible accidente en el transcurso de la prueba.

Conviene aplicar las cargas por sucesivos incrementos dividiendo para ello la carga total, si es posible, en cuatro partes por lo menos. Desde que finaliza la aplicación de una fracción de carga hasta que se inicia la de la siguiente, deberán dejarse transcurrir intervalos, sensiblemente iguales, que resulten suficientes para lograr una estabilización de las deformaciones, y de quince minutos de duración, como mínimo. Una vez completada la carga total, se dejarán pasar unas horas antes de retirarla, observándose cualquier defecto o fisura que pudiese aparecer.

Especialmente se llama la atención sobre el posible efecto perturbador de la temperatura y, en particular, del soleamiento sobre los aparatos y dispositivos de medida. Tales causas pueden provocar, igualmente, variaciones de deformación en los elementos de la obra que se ensaya.

73.4. Interpretación de los resultados de las pruebas de carga.

El resultado de la prueba se considerará satisfactorio si se cumplen las tres condiciones siguientes:

- a) En el transcurso del ensayo no se producen fisuras que no correspondan a lo previsto en el proyecto, cuya amplitud pueda comprometer la seguridad o la durabilidad de la obra.
- b) Las flechas medidas no exceden de los valores establecidos en el proyecto como máximos compatibles con la correcta utilización de la obra.

c) La flecha residual después de retirar la carga, habida cuenta del tiempo en que esta última se ha mantenido, es lo suficientemente pequeña como para estimar que la obra presenta un comportamiento esencialmente elástico. Esta condición deberá satisfacerse tras el primer ciclo de carga-descarga, o en su defecto, tras un segundo ciclo que se permite realizar a tal propósito.

Comentarios.

Como norma general, tras un primer ciclo de carga-descarga total, la flecha residual estabilizada debe ser inferior al quinto de la flecha total medida bajo carga total. Si no es así, se procederá a un segundo ciclo de carga-descarga, al cabo del cual la flecha residual estabilizada debe ser inferior al octavo de la flecha total medida bajo carga en este segundo ciclo.

Pueden admitirse pequeñas variaciones en torno a los valores mencionados, según el tipo de elemento que se ensaye y según la importancia relativa de la sobrecarga respecto a la carga permanente.

Para una mejor interpretación de los resultados, se recomienda medir los movimientos más característicos que se hayan producido durante la realización de las pruebas y registrar, al mismo tiempo, la temperatura y humedad del ambiente, las condiciones de soleamiento y cuantos detalles puedan influir en los resultados de las medidas.

La dirección de todas las operaciones que constituyen el ensayo, la cuidadosa toma de datos y la interpretación de los resultados deben estar a cargo de personal especializado en esta clase de trabajos.

PARTE II

ANEJOS

ANEJO I

Notación

En el presente anejo solo se incluyen los símbolos más frecuentes utilizados en la Instrucción.

Mayúsculas romanas

- A = Área.
- A_c = Área de la sección del hormigón.
- A_{ct} = Área de la zona de la sección del hormigón sometida a tracción.
- A_e = Área efectiva.
- A₁ = Sección recta inicial.
- A_s = Área de la sección de la armadura en tracción (simplificación: A).
- A' = Área de la sección de la armadura en compresión (simplificación: A').
- A_{sP} = Área de la sección de la armadura en tracción, o menos comprimida (simplificación: A₁).
- A_{s2} = Área de la sección de la armadura en compresión o más comprimida (simplificación: A₂).
- A_{s, nec} = Sección necesaria del acero.
- A_{s, real} = Sección real del acero.
- A_{st} = Área de la sección de la armadura transversal (simplificación: A_p).
- C = Momento de inercia de torsión.
- E = Módulo de deformación.
- E_c = Módulo de deformación del hormigón.
- E_{o1} = Módulo de deformación longitudinal inicial del hormigón a la edad de j días.
- E_j = Módulo instantáneo de deformación longitudinal secante del hormigón.
- E_s = Módulo de elasticidad del acero.
- F = Acción.
- F_d = Valor de cálculo de una acción.
- F_{ed} = Valor de la acción sísmica.
- F_k = Valor característico de una acción.
- F_m = Valor medio de una acción.
- G = Carga permanente. Otro significado: Módulo de elasticidad transversal.
- G_k = Valor característico de la carga permanente.
- I = Momento de inercia.
- K = Cualquier coeficiente con dimensiones.
- L = Longitud.
- M = Momento flector.
- M_d = Momento flector de cálculo.
- M_f = Momento de fisuración en flexión simple.
- M_u = Momento flector último.
- N = Esfuerzo normal.
- N_d = Esfuerzo normal de cálculo.
- N_u = Esfuerzo normal último.
- Q = Carga variable.
- Q_k = Valor característico de Q.
- S = Solicitación. Otro significado: momento de primer orden de un área.
- S_d = Valor de cálculo de la sollicitación.
- T = Momento torsor. Otro significado: temperatura.
- T_d = Momento torsor de cálculo.
- T_u = Momento torsor último.
- U_c = Capacidad mecánica del hormigón.
- U_s = Capacidad mecánica del acero (simplificación: U).
- V = Esfuerzo cortante. Volumen.
- V_{cu} = Contribución del hormigón a esfuerzo cortante en el estado límite último.
- V_d = Esfuerzo cortante de cálculo.
- V_{su} = Contribución del acero a esfuerzo cortante en el estado límite último.
- V_u = Esfuerzo cortante último (V_u = V_{cu} + V_{su}).
- W = Carga de viento. Otro significado: módulo resistente.
- X = Reacción o fuerza en general, paralela al eje x.
- Y = Reacción o fuerza en general, paralela al eje y.
- Z = Reacción o fuerza en general, paralela al eje z.

Minúsculas romanas

- a = Distancia. Otro significado: Flecha.
- b = Anchura; anchura de una sección rectangular.

- b_e = Anchura eficaz de la cabeza de una sección en T.
- b_w = Anchura del alma o nervio de una sección en T.
- c = Recubrimiento.
- c_h = Recubrimiento horizontal o lateral.
- c_v = Recubrimiento vertical.
- d = Altura útil. Otro significado: Diámetro.
- d' = Distancia de la fibra más comprimida del hormigón al centro de gravedad de la armadura de compresión (d' = d₂).
- e = Excentricidad. Espesor ficticio.
- f = Resistencia. Flecha.
- f_c = Resistencia del hormigón a compresión.
- f_{ed} = Resistencia de cálculo del hormigón a compresión.
- f_{cj} = Resistencia del hormigón a compresión, a los j días de edad.
- f_{ck} = Resistencia de proyecto del hormigón a compresión.
- f_{cm} = Resistencia media del hormigón a compresión.
- f_{c, real} = Resistencia característica real del hormigón.
- f_{ct} = Resistencia del hormigón a tracción.
- f_{ct, d} = Resistencia de cálculo del hormigón a tracción.
- f_{ct, k} = Resistencia característica del hormigón a tracción.
- f_{cv} = Resistencia virtual de cálculo del hormigón a esfuerzo cortante.
- f_{est} = Resistencia característica estimada.
- f_j = Resistencia característica a compresión del hormigón a j días de edad.
- f_{0,2} = Límite elástico convencional, a 0,2 por 100, de un acero deformado en frío.
- f_s = Carga unitaria de rotura del acero.
- f_{td} = Resistencia de cálculo en tracción del acero de los cercos o estribos.
- f_y = Límite elástico aparente de un acero natural. Límite elástico convencional, a 0,2 por 100, de un acero deformado en frío. A este último también se le llama f_{0,2}.
- f_{yd} = Resistencia de cálculo de un acero.
- f_{yk} = Límite elástico de proyecto de un acero.
- g = Carga permanente repartida. Otro significado: Aceleración debida a la gravedad.
- h = Canto total o diámetro de una sección. Otros significados: Espesor, horas.
- h_f = Espesor de la placa de una sección en T.
- i = Radio de giro.
- j = Número de días.
- k = Cualquier coeficiente con dimensiones.
- l = Longitud. Luz.
- l_b = Longitud de anclaje.
- l_e = Longitud de pandeo.
- l_o = Distancia entre puntos de momento nulo.
- m = Momento flector por unidad de longitud o de anchura.
- n = Número de objetos considerados. Otro significado: Coeficiente de equivalencia.
- q = Carga variable repartida.
- r = Radio.
- s = Espaciamiento. Desviación típica.
- S_t = Separación entre planos de armaduras transversales.
- t = Tiempo. Edad teórica.
- u = Perímetro.
- w = Anchura de fisura.
- x = Coordenada. Profundidad del eje neutro.
- y = Coordenada. Profundidad del diagrama rectangular de tensiones.
- z = Coordenada. Brazo de palanca.

Minúsculas griegas

- Alfa
- α = Angulo-coeficiente adimensional.
- Beta
- β = Angulo-coeficiente adimensional.
- Gamma
- γ = Coeficiente de ponderación o seguridad. Peso específico.
- γ_m = Coeficiente de minoración de la resistencia de los materiales.
- γ_c = Coeficiente de seguridad o minoración de la resistencia del hormigón.
- γ_s = Coeficiente de seguridad o minoración del límite elástico del acero.
- γ_f = Coeficiente de seguridad o ponderación de las acciones o sollicitaciones.
- γ_k (ó γ_R) = Coeficiente de ponderación de la carga permanente.
- γ_q (ó γ_d) = Coeficiente de ponderación de la carga variable.
- γ_w (ó γ_w) = Coeficiente de ponderación de la carga de viento.
- γ_n = Coeficiente de seguridad o ponderación complementario de las acciones o sollicitaciones.
- γ_r = Coeficiente de seguridad a la fisuración.
- Delta
- δ = Coeficiente de variación.

Epsilon

ϵ	= Deformación relativa.
ϵ_c	= Deformación relativa del hormigón.
ϵ_{cc}	= Deformación relativa de fluencia.
ϵ_{cs}	= Deformación relativa de retracción.
ϵ_{cu}	= Deformación de rotura por flexión del hormigón.
ϵ_{max}	= Alargamiento bajo carga máxima.
ϵ_s	= Deformación relativa del acero.
ϵ_{s1}	= Deformación relativa de la armadura más traccionada o menos comprimida (ϵ_1).
ϵ_{s2}	= Deformación relativa de la armadura más comprimida o menos traccionada (ϵ_2).
ϵ_u	= Alargamiento remanente concentrado de rotura.
ϵ_y	= Alargamiento correspondiente al límite elástico del acero.

Eta

η	= Coeficiente de reducción relativo al esfuerzo cortante. Estricción.
--------	---

Theta

θ	= Angulo.
----------	-----------

Lambda

λ	= Coeficiente adimensional.
-----------	-----------------------------

Mu

μ	= Momento flector reducido o relativo.
-------	--

Nu

ν	= Esfuerzo normal reducido o relativo.
-------	--

Xi

ξ	= Coeficiente sin dimensiones.
-------	--------------------------------

Rho

ρ	= Cuantía geométrica = A_s/A_c .
--------	------------------------------------

Sigma

σ	= Tensión normal.
σ_c	= Tensión en el hormigón.
σ_s	= Tensión en el acero.
σ_{s1}	= Tensión de la armadura más traccionada o menos comprimida (σ_1).
σ_{s2}	= Tensión de la armadura más comprimida, o menos traccionada (σ_2).
σ_I	= Tensión principal de tracción.
σ_{II}	= Tensión principal de compresión.

Tau

τ	= Tensión tangente.
τ_b	= Tensión de adherencia.
τ_{bm}	= Tensión media de adherencia.
τ_{bu}	= Tensión de rotura de adherencia.
τ_{td}	= Valor de cálculo de la tensión tangente de torsión.
τ_{tu}	= Valor último de la tensión tangente de torsión.
τ_w	= Tensión tangente del alma.
τ_{wd}	= Valor de cálculo de τ_w .
τ_{wu}	= Valor último de la tensión tangente de alma.

Phi

ϕ	= Coeficiente adimensional.
ϕ_t	= Coeficiente de evolución de la fluencia en un tiempo t.

Psi

ψ	= Coeficiente adimensional.
--------	-----------------------------

Omega

ω	= Cuantía mecánica: $\omega = A_s \cdot f_{yd} / A_c \cdot f_{cd}$.
----------	--

Símbolos matemáticos y especiales

Σ	= Suma.
Δ	= Diferencia-incremento.
\varnothing	= Diámetro de una barra lisa.
\varnothing_c	= Diámetro de una barra corrugada.
∇	= No mayor que.
∇	= No menor que.

ANEJO 2

Definiciones.

Abaco: Zona de una placa alrededor de un soporte, o de su capitel, que se resalta. Véase apartado 55.2.

Acción: Toda causa capaz de producir estados tensionales en una estructura o elemento.

Alargamiento concentrado: Alargamiento remanente de rotura medido sobre una base que, por incluir la sección de rotura y zonas adyacentes, resulta afectada por una posible estricción.

Alargamiento remanente de rotura: Aumento de la longitud inicial de la base de medida que permanece después de la rotura de una probeta de acero ensayada a tracción, expresado en tanto por ciento de dicha longitud inicial.

Alargamiento repartido: Alargamiento remanente de rotura medido sobre una base que no incluye la sección de rotura ni las zonas afectadas por una posible estricción.

Anchura eficaz: En una viga en T, se refiere a la anchura de la cabeza superior, de compresión, que debe tenerse en cuenta para el cálculo como viga. Véase apartado 50.1.

Arena: Es el árido o fracción del mismo que pasa por un tamiz de cinco milímetros de luz de malla (tamiz 5 UNE 7050).

Arido: Véase «árido total».

Arido fino: Véase «arena».

Arido grueso: Véase «grava».

Arido total: Es 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. Véase apartado 7.1.

Armadura de piel: Malla que se dispone junto a los paramentos laterales de los nervios de las vigas de gran canto para impedir la formación de fisuras inadmisibles en el alma. Véase apartado 51.3 y su comentario.

Armadura negativa: Armadura destinada a absorber el momento negativo.

Armadura positiva: Armadura destinada a absorber el momento positivo.

Banda: Cada una de las franjas ideales, paralelas a la dirección del vano que se considera, en que se supone dividido el recuadro (o fila de recuadros) a los efectos de distribución de esfuerzos. Véase apartado 55.2.

Banda central: La que comprende la mitad central del recuadro. Véase apartado 55.2.

Banda de soportes: La formada por dos bandas laterales contiguas, situadas a ambos lados de la línea que une los centros de una fila de soportes. Véase apartado 55.2.

Banda exterior: Banda lateral de un recuadro exterior (o fila de recuadros), situada sobre la fila de soportes exteriores. Véase apartado 55.2.

Banda lateral: La situada lateralmente en el recuadro (o fila de recuadros), de anchura igual a un cuarto de la luz del vano perpendicular a la banda. Véase apartado 55.2.

Baricentro plástico: En una sección, punto de aplicación de la resultante de las tensiones de compresión del hormigón y del acero, en el supuesto de que exista un acortamiento uniforme del 2 por 1.000.

Canto útil: En una sección, distancia entre el centro de gravedad de la armadura en tracción o menos comprimida y el borde más comprimido de la sección.

Capacidad mecánica: En una barra de acero o sección de hormigón producto de su sección por la resistencia de cálculo del material en tracción o en compresión. En una armadura, suma de las capacidades mecánicas de las barras que la componen.

Capitel: Ensanchamiento del extremo superior de un soporte, que sirve de unión entre éste y la placa. Véase apartado 55.2.

Coeficiente de mayoración: Coeficiente de seguridad parcial relativo a las acciones, multiplicador de los valores característicos de las mismas.

Coeficiente de minoración: Coeficiente de seguridad parcial relativo al material, divisor del valor característico de su resistencia.

Coeficiente de forma de un árido: Se entiende por coeficiente de forma de un árido el obtenido a partir de un conjunto de n granos representativos mediante una expresión que relaciona la suma de los volúmenes con la suma de los cubos de las mayores dimensiones paradiámetros de los mismos. Véase apartado 7.4.

Compresión centrada: Véase «compresión simple».

Compresión compuesta: A los efectos de esta Instrucción, estado de tensiones originado por un esfuerzo normal N excéntrico de compresión en una sección, en el cual sólo existe acortamiento.

Compresión simple: A los efectos de esta Instrucción, estado de tensiones originado en una sección por un esfuerzo normal N de compresión, aplicado en el baricentro plástico, con lo que los acortamientos de dos puntos cualesquiera de la sección (y en particular de las armaduras) son iguales.

Condiciones de ejecución buenas: Se refiere a unas determinadas condiciones de almacenaje de los componentes del hormigón y de la ejecución de este último de manera que sea de esperar una buena concentración de resultados de la resistencia característica. Véase comentario del artículo 67.

Condiciones de ejecución medias: Se refiere a unas determinadas condiciones de almacenaje de los componentes del hormigón y de la ejecución de este último de manera que

sea de esperar una mediana concentración de resultados de la resistencia característica. Véase comentario del artículo 67.

Condiciones de ejecución muy buenas: Se refiere a unas determinadas condiciones de almacenaje de los componentes del hormigón y de la ejecución de este último de manera que sea de esperar una muy buena concentración de resultados de la resistencia característica. Véase comentario del artículo 67.

Cuántia geométrica: En la sección transversal de una pieza, cociente que resulta de dividir el área de la sección total de armaduras por la de la sección de hormigón.

Cuántia mecánica: En la sección transversal de una pieza, cociente que resulta de dividir la capacidad mecánica de la armadura por la capacidad mecánica de la sección útil del hormigón.

Cuantil: Valor estadístico que divide una distribución de frecuencia en una determinada proporción, dada por un número que se denomina «orden del cuantil».

Diagrama característico tensión-deformación: Para un material dado, diagrama que representa la relación entre los valores de las tensiones aplicadas y de las correspondientes deformaciones, directamente medidas en los ensayos y sin introducir ningún coeficiente de seguridad.

Diagrama de cálculo tensión-deformación: Para un material dado, es el que se deduce de su diagrama característico tensión-deformación, introduciendo convenientemente el coeficiente de seguridad que corresponda.

Diámetro nominal de una barra corrugada: Se define como el número convencional que define el círculo respecto al cual se establecen las tolerancias. Véase comentario al apartado 9.1.

Esbeltz geométrica: En una pieza dada, cociente que resulta al dividir su longitud por la menor dimensión de su sección transversal recta.

Esbeltz mecánica: En una pieza dada, cociente que resulta al dividir su longitud por el radio de giro mínimo de su sección transversal recta.

Escalón de cedencia: Zona en el gráfico tensión-deformación del acero, en la que tiene lugar un aumento de deformación sin aumento de carga.

Estado límite: 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.

Estado límite último: Es aquel que corresponde al colapso total o parcial de la estructura.

Estado límite de utilización (o de servicio): Es aquel que viene definido por los requisitos funcionales y de durabilidad que deba cumplir la obra en servicio.

Flexión compuesta: A los efectos de esta Instrucción, estado de tensiones originado por un esfuerzo normal N excéntrico de tracción o de compresión en una sección, en el cual existen deformaciones de distinto signo, es decir, tracciones y compresiones.

Flexión esviada compuesta: En una sección, estado de tensiones originado por un esfuerzo normal N , cuyo punto de aplicación no pertenece a ninguno de sus dos ejes principales de inercia.

Flexión esviada simple: En una sección, estado de tensiones originado por la aplicación de dos momentos actuando alrededor de sus dos ejes principales de inercia.

Flexión normal: Estado de tensiones originado en una sección por un esfuerzo normal excéntrico, cuyo punto de aplicación pertenece a uno de los ejes principales de inercia de dicha sección. Se llama así por oposición a la flexión esviada, en la cual la excentricidad del esfuerzo es doble.

Flexión pura: Estado de flexión, sin esfuerzo ni tensiones cortantes, que se mantiene constante a lo largo de la directriz de una pieza.

Flexión recta: Flexión normal.

Flexión simple: Caso de flexión compuesta, en la cual el esfuerzo normal N es nulo, es decir, en el que la sollicitación actuante es un momento flector M .

Gancho normal: Es el constituido por una semicircunferencia de radio interior igual a $2,5 \varnothing$ para barras lisas, con una prolongación recta igual a $2 \varnothing$. Véanse apartados 40.2 y 40.3.

Grava: Es el árido que resulta retenido por el tamiz de cinco milímetros de luz de malla (tamiz 5 UNE 7050). Véase apartado 7.1.

Límite elástico aparente: En los aceros que al ensayarlos a tracción presentan un escalón de cedencia bien definido, tensión para la cual se inicia dicho escalón.

Límite elástico convencional: Mínima tensión capaz de producir en un acero una deformación remanente del 0,2 por 100.

Luz: En el sentido general, distancia horizontal entre los apoyos de un arco, viga, etc...

Para el caso de placas continuas sobre apoyos aislados, véase su definición en el apartado 55.2.

Módulo de deformación longitudinal del hormigón: Es el cociente entre la tensión aplicada y la deformación elástica correspondiente. Véase comentario al apartado 28.7.

Momento tope: Es el momento producido con respecto a la armadura de tracción por una determinada tensión de compresión aplicada uniformemente a toda la sección útil. Véase artículo 37.

Patilla normal: Es la constituida por un cuarto de circunferencia de radio interior igual a $2,5 \varnothing$ para las barras lisas, y $3,5 \varnothing$ para las corrugadas, con una prolongación recta igual a $2 \varnothing$. Véase apartados 40.2 y 40.3.

Pórtico virtual: Es un elemento ideal que se adopta para el cálculo de las placas según una dirección dada. Véase apartado 55.2.

Recuadro: Es una zona rectangular de una placa, limitada por las líneas que unen los centros de cuatro soportes contiguos. Véase apartado 55.2.

Recuadro exterior: Es aquel que en la dirección considerada no tiene recuadro contiguo a uno de los lados.

Recuadro interior: Es aquel que en la dirección considerada queda situado entre otros dos recuadros.

Recubrimiento: Mínima distancia libre entre cualquier punto de la superficie lateral de una barra y el paramento más próximo de la pieza.

Resistencia característica del hormigón: Véase su definición en el apartado 28.1.

Resistencia de cálculo: Valor de la resistencia característica de un material dividido por el correspondiente coeficiente de minoración.

Resistencia media: Valor que se obtiene, a partir de una serie de n ensayos de resistencia sobre probetas de un material, al dividir la suma de los n resultados obtenidos por el número n de esos resultados.

Resistencia minorada: Véase «resistencia de cálculo».

Sección nominal de una barra corrugada: Es la sección transversal resistente de la barra. Véase el comentario al apartado 9.1.

Sección útil: Es el área que corresponde al canto útil. Véase artículo 37.

Sobrecarga característica: Sobrecarga máxima previsible, no excepcional, durante la vida de la estructura.

Sollicitación: Conjunto de esfuerzos (axil, tangencial, de flexión y de torsión) que actúan sobre las caras de una rebanada de un elemento estructural.

Sollicitación de agotamiento: En una sección dada, la que sería capaz de producir un fallo resistente total, instantáneo o diferido, en el supuesto de que los materiales del elemento considerado tuviesen, como resistencias reales, las resistencias minoradas.

Soportes compuestos: Son aquellos soportes de hormigón cuya armadura está fundamentalmente constituida por perfiles metálicos. Véase artículo 60.

Tamaño del árido: Se denomina tamaño de un árido total la luz de malla del tamiz por el que pasa al menos el 90 por 100 en peso de su árido grueso, debiendo pasar totalmente por un tamiz de luz de malla doble.

Torsión: Estado elástico de una pieza debido al giro relativo de las secciones normales a la directriz, que produce unas tensiones nulas, normales a las secciones y unos esfuerzos cortantes en las mismas que aumentan con su distancia al centro de la pieza.

Tracción compuesta: A los efectos de esta Instrucción, estado de tensiones originado en una sección por un esfuerzo normal N de tracción, en el cual no existen compresiones en el hormigón.

Tracción simple: Caso de tracción compuesta, en el cual los alargamientos en puntos cualesquiera de la sección (y en particular, de las armaduras) son iguales.

Valor característico de las acciones: Es el que tiene en cuenta no sólo los valores extremos que alcanzan las acciones, sino también la dispersión que tales valores presentan en la realidad. Véase artículo 28.

Valor ponderado de las acciones: Es el que resulta de multiplicar el característico por un coeficiente de ponderación γ_f . Véase artículo 31.

ANEJO 3

Recomendaciones prácticas para la utilización de cementos

A continuación se incluye un cuadro en el que se resumen las recomendaciones más importantes para la utilización de los cementos admitidos por esta Instrucción.

Las recomendaciones incluidas en dicho cuadro no deben ni pueden ser interpretadas en ningún caso como prescripciones.

Las recomendaciones incluidas en las columnas «utilizable en» e «indicado para» no tienen un carácter limitativo, ya que la clase y categoría del cemento son sólo unas entre las muchas variables que influyen en la calidad y durabilidad del hormigón.

Las recomendaciones de la columna «no indicado para», sin llegar a tener el carácter de prescripciones, conviene sean respetadas, ya que el hacer caso omiso de las mismas puede suponer un riesgo considerable en muchas ocasiones.

Finalmente, y abundando en las ideas anteriores, debe quedar muy claro que la información incluida en el cuadro da una serie de normas que es prudente respetar, pero que pueden ser modificadas una vez hechos los estudios previos oportunos.

El cuadro siguiente, en lo que respecta a tipos, clase y categorías de cemento, está redactado de acuerdo con las características de éstos, especificadas en el «Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos» (RC-75).

RECOMENDACIONES PRACTICAS PAR

Relativas a los propios cementos						
0						
1						
2	Cementos	Almacenamiento (Véase art. 5.º)	No mezclar con	Utilizable en		Indicado para
3				Obras de hormigón en masa	Obras de hormigón armado	
4				Todas	Todas	
5	P-350	Cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas	Todas	<ul style="list-style-type: none"> — En principio, todo uso. — Prefabricación con tratamientos higrotérmicos.
6	P-450	Muy cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas, salvo las de grandes masas o espesores.	Todas, y en especial las de altas resistencias.	<ul style="list-style-type: none"> — En principio, todo uso. — Obras de hormigón de altas resistencias. — Prefabricación con o sin tratamientos higrotérmicos.
7	P-550	Muy cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Excepcionalmente, nunca en grandes masas o espesores.	Todas, y en especial las de muy altas resistencias.	<ul style="list-style-type: none"> — Obras de hormigón de altas resistencias. — Elementos resistentes de pequeño espesor. — Prefabricación sin tratamientos higrotérmicos.
8	P-350-ARI	Muy cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas	Todas	<ul style="list-style-type: none"> — En principio, todo uso, en especial hormigonado en tiempo frío. — Prefabricación en general.
9	P-450-ARI	Muy cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Excepcionalmente, y salvo las de grandes masas o espesores.	Todas, y en especial las de altas resistencias iniciales.	<ul style="list-style-type: none"> — Hormigonado en tiempo frío. — Obras de hormigón de altas resistencias a corto plazo. — Prefabricación sin tratamientos higrotérmicos.
10	P-550-ARI	Muy cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Excepcionalmente, y nunca en grandes masas o espesores.	Todas, y en especial las de muy altas resistencias iniciales.	<ul style="list-style-type: none"> — Hormigonado en tiempo muy frío. — Obras de hormigón de muy altas resistencias iniciales. — Elementos resistentes de pequeño espesor. — Prefabricación sin tratamientos higrotérmicos.
11	P-350-Y	Cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas	Todas	<ul style="list-style-type: none"> — Obras en terrenos yesíferos exentos de sulfato magnésico.
12	P-450-Y	Muy cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas, salvo las de grandes masas o espesores.	Todas, y en especial las de altas resistencias.	<ul style="list-style-type: none"> — Obras en terrenos yesíferos exentos de sulfato magnésico.
13	P-550-Y	Muy cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Excepcionalmente, y nunca en grandes masas o espesores.	Todas, y en especial las de muy altas resistencias.	<ul style="list-style-type: none"> — Obras en terrenos yesíferos exentos de sulfato magnésico.
14	P-350-BC	Normal	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas	Todas, salvo las de altas resistencias a corto o largo plazo.	<ul style="list-style-type: none"> — Obras de hormigón de mediano o gran volumen. — Piezas de gran espesor.
	1	2	3	4	5	6

A LA UTILIZACION DE LOS CEMENTOS

Relativas al hormigón

No indicado para	Aridos (Véase art. 7.º)	Amasado (Véase art. 15)	Puesta en obra Transporte, colocación, compactación, acaba- do y hormigonado con frío o calor (Véase arts. 18 y 19).	Curado (Véase art. 19)	Desencofrado, desmoldeado, descimbramiento, desapeo, etc. (Véase art. 20)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
— Obras en medios agresivos. — Macizos de gran masa, en especial con dosificaciones altas.	Idóneos	Normal	Normal	Cuidado	A plazo normal o algo más corto.	5
— Obras en medios agresivos. — Macizos de gran masa y piezas de gran espesor. — Elementos o piezas fisurables por retracción.	Idóneos	Cuidado	Cuidada	Cuidado, especialmente en las primeras horas.	A plazo normal o algo más corto.	6
— Obras en medios agresivos. — Macizos de mediano volumen y piezas de espesor medio. — Elementos o piezas fisurables por retracción.	Idóneos	Muy cuidado	Muy cuidada	Muy cuidado, especialmente en las primeras horas.	A plazo más corto.	7
— Obras en medios agresivos. — Macizos de gran masa, en especial con dosificaciones más que intermedias.	Idóneos	Cuidado	Cuidada	Muy cuidado	A plazo normal o más corto.	8
— Obras en medios agresivos. — Macizos de mediano o gran volumen y piezas de espesor grande o medio. — Elementos o piezas fisurables por retracción.	Idóneos	Muy cuidado	Muy cuidada, atención al transporte.	Muy cuidado, especialmente en las primeras horas.	A plazo más corto.	9
— Obras en medios agresivos. — Macizos de mediano volumen y piezas de espesor medio. — Elementos o piezas fisurables por retracción.	Idóneos	Muy cuidado	Muy cuidada, atención al transporte.	Extraordinariamente cuidado, en especial durante las primeras horas.	A plazo muy corto.	10
— Obras en medios agresivos, especialmente por sulfato magnésico. — Hormigonado en tiempo frío.	Idóneos	Normal	Normal, no hormigonar a menos de + 5° C.	Muy cuidado, especialmente en los primeros días.	A plazo algo más largo.	11
— Obras en medios agresivos, especialmente por sulfato magnésico. — Hormigonado en tiempo frío.	Idóneos	Cuidado	Normal, no hormigonar a menos de + 2° C.	Muy cuidado, especialmente en las primeras horas y días.	A plazo normal o algo más corto.	12
— Obras en medios agresivos, especialmente por sulfato magnésico. — Hormigonado en tiempo muy frío.	Idóneos	Muy cuidado	Cuidada	Muy cuidado, especialmente en las primeras horas.	A plazo más corto.	13
— Obras en medios agresivos. — Hormigonado en tiempo frío. — Prefabricación.	Idóneos	Normal	Normal	Cuidado, sobre todo en las primeras edades.	A plazo más largo.	14

7

8

9

10

11

12

RECOMENDACIONES PRACTICAS PAR

Relativas a los propios cementos						
0	1	2	3	Utilizable en		Indicado para
				Obras de hormigón en masa	Obras de hormigón armado	
4	Cementos	Almacenamiento (Véase art. 5.º)	No mezclar con			
15	P-350-B	Cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20 Los que perjudiquen su blancura	Todas las de hormigón blanco.	Todas las de hormigón blanco.	— En principio, todos los usos del P-350 en los que se requiera hormigón de color blanco.
16	P-450-B	Muy cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20 Los que perjudiquen su blancura	Todas las de hormigón blanco, salvo las de grandes masas o espesores.	Todas las de hormigón blanco, y en especial las de altas resistencias.	— En principio, todos los usos del P-450 en los que se requiera hormigón de color blanco.
17	P-550-B	Muy cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20 Los que perjudiquen su blancura	Excepcionalmente, y nunca en grandes masas o espesores.	Excepcionalmente y en hormigón blanco, en especial en las de muy alta resistencia.	— En principio, todos los usos del P-550 en los que se requiera hormigón de color blanco.
18	PA-350	Cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas	Todas, salvo las de muy altas o altas resistencias.	— En principio, todos los usos del P-350, prestando la debida atención a las recomendaciones relativas al hormigón.
19	PA-450	Muy cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas, salvo las de muy grandes masas o espesores.	Todas	— En principio, todos los usos del P-450, prestando la debida atención a las recomendaciones relativas al hormigón.
20	PA-550	Muy cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Excepcionalmente, y nunca en grandes masas o espesores.	Excepcionalmente, en especial en las de altas resistencias.	— En principio, todos los usos del P-550, prestando la debida atención a las recomendaciones relativas al hormigón.
21	S-I-350	Cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas	Todas, salvo las de altas resistencias a corto plazo.	— Obras en medios ligeramente agresivos. — Algunas obras marítimas.
22	S-I-450	Muy cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas	Todas	— Obras en medios ligeramente agresivos. — Algunas obras marítimas.

1

2

3

4

5

6

A LA UTILIZACION DE LOS CEMENTOS

No indicado para	Relativas al hormigón					0
	Aridos (Véase art. 7.º)	Amasado (Véase art. 15)	Puesta en obra Transporte, colocación, compactación, acabado y hormigonado con frío o calor (Véase arts. 16 y 18)	Curado (Véase art. 19)	Desencofrado, desmoldeado, descimbramiento, desapeo, etc. (Véase art. 20)	1
			Normal	Muy cuidado	A plazo normal.	2
						3
						4
— Obras en medios agresivos, en especial por yesos u otros sulfatos. — Macizos de gran masa, en especial con dosificaciones medias o altas.	Idóneos y compatibles, si son coloreados.	Cuidado	Normal	Muy cuidado	A plazo normal.	15
— Obras en medios agresivos, en especial por yesos u otros sulfatos. — Macizos de gran volumen y piezas de espesor grande o medio. — Elementos o piezas fisurables por retracción.	Idóneos y compatibles, si son coloreados.	Muy cuidado	Muy cuidada, atención al transporte.	Muy cuidado, especialmente en las primeras horas.	A plazo normal o más corto.	16
— Obras en medios agresivos, en especial por yesos u otros sulfatos. — Macizos de mediano volumen y piezas de espesor medio. — Elementos o piezas fisurables por retracción.	Idóneos y compatibles, si son coloreados.	Muy cuidado	Muy cuidada, atención al transporte.	Extraordinariamente cuidado, en especial durante las primeras horas.	A plazo más corto.	17
— Obras en ambientes agresivos. — Obras de muy altas o altas resistencias, sobre todo a edades cortas.	Evitar los excesos de finos.	Cuidado	Cuidada, atención a la exudación y a la segregación.	Muy cuidado, especialmente en los primeros días; evitar desecación.	A plazo normal o más largo (sobre todo en tiempo frío).	18
— Obras en ambientes agresivos. — Obras de muy altas resistencias.	Evitar los excesos de finos.	Muy cuidado	Muy cuidada, atención a la exudación y a la segregación.	Muy cuidado, especialmente en las primeras horas y días; evitar desecación.	A plazo normal o algo más largo.	19
— Obras en ambientes agresivos. — Macizos de gran volumen y piezas de gran espesor. — Elementos o piezas fisurables por retracción, especialmente con dosificaciones medias o altas.	Evitar los excesos de finos.	Muy cuidado	Muy cuidada, atención a la exudación y a la segregación.	Muy cuidado, especialmente en las primeras horas; evitar desecación.	A plazo normal o algo más corto.	20
— Obras en ambientes de agresividad media o fuerte, o muy secos. — Obras de altas resistencias iniciales y hormigonado en tiempo frío. — Obras de hormigón sin manchas.	Idóneos	Cuidado; no emplear cemento muy reciente.	Cuidar la compactación, no hormigonar a menos de +2° C.	Prolongado y muy cuidado sobre todo a temperaturas bajas; evitar desecación.	A plazo normal o más largo.	21
— Obras en ambientes de agresividad media o fuerte, o muy secos. — Obras de altas resistencias iniciales y hormigonado en tiempo muy frío. — Obras de hormigón sin manchas.	Idóneos	Muy cuidado	Cuidar la compactación, no hormigonar a menos de +2° C.	Prolongado y muy cuidado sobre todo a temperaturas bajas; evitar desecación.	A plazo normal o algo más corto.	22

7

8

9

10

11

12

RECOMENDACIONES PRACTICAS PAR

0	Relativas a los propios cementos						
1							
2	Cementos	Almacenamiento (Véase art. 5.º)	No mezclar con	Utilizable en		Indicado para	
3				Obras de hormigón en masa	Obras de hormigón armado		
4	23	S-II-350	Cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas	Todas, salvo las de altas resistencias a corto plazo.	— Obras en medios de agresividad moderada. — Obras marítimas.
	24	S-III-250	Normal	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas, salvo las de resistencias altas o medias.	No recomendable.	— Obras en medios agresivos. — Obras subterrá- neas.
	25	S-III-350	Cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas, salvo las de muy altas resis- tencias.	Todas, salvo las de altas resistencias a corto o largo plazo.	— Obras en medios agresivos. — Obras marítimas. — Obras subterrá- neas.
	26	PUZ-I-250	Normal	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas, salvo las de resistencias altas.	No recomendable.	— Obras en medios moderadamente agresivos. — Obras marítimas — Obras de hormi- gón con áridos reactivos.
	27	PUZ-I-350	Cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas	Todas, salvo las de altas resistencias a corto plazo.	— Obras en medios moderadamente agresivos. — Obras marítimas. — Obras de hormi- gón con áridos reactivos. — Prefabricación con tratamientos higrotérmicos.
	28	PUZ-I-450	Muy cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas	Todas	— Obras en medios moderadamente agresivos. — Obras marítimas. — Obras de hormi- gón con áridos reactivos. — Prefabricación con tratamientos higrotérmicos.
	29	PUZ-II-250	Normal	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas, salvo las de resistencias altas	No recomendable.	— Obras en medios moderadamente agresivos. — Obras marítimas. — Obras de hormi- gón con áridos reactivos.
	30	PUZ-II-350	Cuidado	A-550 NL-30 NL-80 NR-20	Todas	Todas, salvo las de altas resistencias a corto plazo.	— Obras en medios moderadamente agresivos. — Obras marítimas — Obras de hormi- gón con áridos reactivos. — Prefabricación con tratamientos higrotérmicos.
		1	2	3	4	5	6

A LA UTILIZACION DE LOS CEMENTOS :

Relativas al hormigón						0
No indicado para	Aridos (Véase art. 7.º)	Amasado (Véase art. 15)	Puesta en obra Transporte, colocación, compactación, acabado y hormigonado con frío o calor (Véase arts. 16 y 18)	Curado (Véase art. 19)	Desencofrado, desmoldeado, descimbramiento, desapeo, etc. (Véase art. 20)	1
		Cuidado	Cuidar mucho la compactación, no hormigonar a menos de + 5° C.	Enérgico y prolongado, en especial a bajas temperaturas; evitar desecación, sobre todo rápida.	A plazo normal o más largo, sobre todo en tiempo frío.	2
		Normal	Cuidar mucho la compactación, no hormigonar a menos de + 5° C.	Enérgico y prolongado, sobre todo a bajas temperaturas; evitar al máximo la desecación prematura; emplear productos de curado si es preciso.	A plazo bastante más largo.	3
		Cuidado	Cuidar mucho la compactación, no hormigonar a menos de + 5° C.	Enérgico y prolongado, sobre todo a bajas temperaturas; evitar al máximo la desecación; emplear productos de curado si es preciso.	A plazo normal, más largo o bastante más largo.	4
		Normal	No hormigonar en tiempo frío.	Prolongado y cuidado, sobre todo en climas secos y con temperaturas extremas.	A plazo bastante más largo.	23
		Cuidado	No hormigonar en tiempo frío, sin precauciones.	Prolongado y cuidado, sobre todo en climas secos y con temperaturas extremas.	A plazo normal o más largo.	24
		Muy cuidado	Cuidada	Prolongado y cuidado, sobre todo en climas secos y con temperaturas extremas.	A plazo normal o algo más corto.	25
		Normal	No hormigonar en tiempo frío.	Prolongado y cuidado, sobre todo en climas secos y con temperaturas extremas.	A plazo bastante más largo.	26
		Cuidado	No hormigonar en tiempo frío, sin precauciones.	Prolongado y cuidado, sobre todo en climas secos y con temperaturas extremas.	A plazo normal o más largo.	27
		Normal	No hormigonar en tiempo frío.	Prolongado y cuidado, sobre todo en climas secos y con temperaturas extremas.	A plazo bastante más largo.	28
		Cuidado	No hormigonar en tiempo frío, sin precauciones.	Prolongado y cuidado, sobre todo en climas secos y con temperaturas extremas.	A plazo normal o más largo.	29
		Cuidado	No hormigonar en tiempo frío, sin precauciones.	Prolongado y cuidado, sobre todo en climas secos y con temperaturas extremas.	A plazo normal o más largo.	30
— Obras en ambientes de agresividad fuerte o muy secos.	Evitar especialmente los que contienen arcilla.					
— Obras de altas resistencias iniciales y hormigonado en tiempo frío.						
— Obras de poco espesor y mucha superficie, o de hormigón sin manchas.						
— Obras en ambientes muy secos y hormigonado en tiempo frío.	Evitar especialmente los que contienen arcilla.					
— Obras de alta resistencia o de poco espesor y gran superficie.						
— Obras de hormigón sin manchas.						
— Obras en ambientes muy secos y hormigonado en tiempo frío.	Evitar especialmente los que contienen arcilla.					
— Obras de alta resistencia o de poco espesor y gran superficie.						
— Obras de hormigón sin manchas.						
— Obras en medios muy agresivos.	Idóneos; pueden ser reactivos si son inevitables.					
— Hormigonado en tiempo frío.						
— Obras de alta resistencia o de poco espesor y gran superficie.						
— Obras en medios muy agresivos.	Idóneos; pueden ser reactivos si son inevitables.					
— Hormigonado en tiempo frío.						
— Obras de altas resistencias iniciales.						
— Hormigonado en tiempo muy frío.	Idóneos; pueden ser reactivos si son inevitables.					
— Obras de muy altas resistencias iniciales.						
— Obras en medios muy agresivos.	Idóneos; pueden ser reactivos si son inevitables.					
— Hormigonado en tiempo frío.						
— Obras de alta resistencia o de gran resistencia.						
— Obras en medios muy agresivos.	Idóneos; pueden ser reactivos si son inevitables.					
— Hormigonado en tiempo frío.						
— Obras de altas resistencias iniciales.						

RECOMENDACIONES PRACTICAS PAR

0	Relativas a los propios cementos					
	1	2	3	Utilizable en		Indicado para
Cementos				Almacenamiento (Véase art. 5.º)	No mezclar con	
	31	PUZ-II-450	Muy cuidado			A-550 NL-30 NL-80 NR-20
32	A-550	Cuidado	Los demás	Sólo en casos excepcionales o específicos.	Cuando se requieran muy altas resistencias a las veinticuatro horas.	— Obras en medios moderadamente agresivos o situados en terrenos yesíferos. — Obras marítimas. — Obras de reparación o rápida y/o en tiempo frío. — Obras de carácter refractario.
33	NL-30	Normal	Los demás	Sólo en obras pequeñas, poco resistentes, y en las que se requiera impermeabilidad, y con dosificaciones no bajas.	Nunca	— Obras pequeñas de hormigón en masa de muy baja resistencia.
34	NL-80	Normal	Los demás	Sólo en obras pequeñas, poco resistentes, y en las que se requiera impermeabilidad, y con dosificaciones no bajas.	Nunca	— Obras pequeñas de hormigón en masa de baja resistencia.
35	NR-20	Normal	Los demás	Nunca	Nunca	— Obras pequeñas de hormigón en masa de muy baja resistencia.
	1	2	3	4	5	6

ANEJO 4

Normas para la utilización del cemento aluminoso

Preámbulo.

Para la correcta utilización del cemento aluminoso en sus distintas aplicaciones se tendrán en cuenta las normas generales válidas para la confección de morteros y hormigones de cemento portland, con excepción de aquellas que se refieren a los siguientes extremos, en los cuales deberán seguirse las instrucciones específicas para dicho cemento que a continuación se señalan.

1. Materiales.

1.1. El cemento aluminoso deberá cumplir con las normas exigidas al tipo A-550 en el pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos.

1.2. El cemento aluminoso no deberá contener más de 0,1 por 100 de azufre.

1.3. Prohibición total de utilizar áridos que contengan álcalis liberables, como puedan ser las arenas procedentes de elementos graníticos, esquistosos, micáceos y todo constituyente más o menos degradado o descompuesto, así como los granulados de escoria.

1.4. Prohibición total de utilizar arenas que contengan fracciones inferiores a 0,5 milímetros.

1.5. Prohibición del uso de cualquier tipo de aditivo.

2. Equipos y útiles de trabajo.

2.1. Los equipos y útiles de trabajo estarán limpios y sin trazas de otros cementos, cal ni yeso.

3. Dosificación.

3.1. Dosificar los morteros y hormigones con un mínimo de agua, de tal forma que la relación agua/cemento no exceda de 0,4.

3.2. El contenido mínimo de cemento será de 400 kg/m³ para asegurar la adecuada docilidad y compacidad en ausencia de finos en la arena.

4. Puesta en obra del hormigón.

4.1. Se utilizará el vibrado para la puesta en obra del hormigón.

4.2. Además de las prescripciones que sobre la temperatura de los áridos y del agua de amasado se citan para la confección de hormigones de cemento portland, deberá ponerse especial cuidado en evitar que la del hormigón de cemento aluminoso recién preparado alcance valores superiores a los 25° C. Los áridos y el agua, en tiempo caluroso, no estarán expuesto al sol.

4.3. En el hormigonado en tiempo frío las precauciones a tomar serán:

a) Asegurar que la temperatura del hormigón recién elaborado sea suficiente para que pueda permanecer por encima de los 5° C hasta que se haya iniciado el fraguado y con él las reacciones exotérmicas de hidratación del cemento.

b) No deberán utilizarse áridos congelados o con hielo.

c) Deberá controlarse rigurosamente la humedad de los áridos.

4.4. El espesor máximo de las capas de hormigón, si no se adoptan precauciones especiales, será de 30 centímetros. El

A LA UTILIZACION DE LOS CEMENTOS

No indicado para	Relativas al hormigón					0
	Aridos (Véase art. 7.º)	Amasado (Véase art. 15)	Puesta en obra Transporte, colocación, compactación, acabado y hormigonado con frío o calor (Véase arts. 16 y 18)	Curado (Véase art. 19)	Desencofrado, desmoldeado, descimbramiento, desapeo, etc. (Véase art. 20)	1
— Hormigonado en tiempo muy frío. — Obras de muy altas resistencias iniciales.	Idóneos; pueden ser reactivos si son inevitables.	Muy cuidado	Cuidada	Prolongado y cuidado, sobre todo en climas secos y con temperaturas extremas.	A plazo normal o algo más corto.	2
— Obras en medios agresivos alcalinos. — Macizos de gran volumen o piezas de gran espesor. — Hormigones muy plásticos.	Exentos de limos, arcillas y elementos finos y aportadores de álcalis (micas, feldespatos, etc.).	Muy cuidado — No usar ningún aditivo. — Evitar contaminación con otros cementos. — No reamasar.	Muy cuidada, no hormigonar en tiempo cálido y seco.	Muy cuidado y enérgico durante cuarenta y ocho horas; evitar elevación de temperatura sobre 25° C y desecación.	A plazo muy corto.	3
— Obras de hormigón estructural. — Obras de hormigón en masa de mediana resistencia y/o en medios agresivos.	Rechazar de las arenas las fracciones menores de 0,5 mm.	Mezclar el cemento con el árido en seco y amasar, echando la mezcla sobre el agua.	Utilizar el hormigón inmediatamente después de amasado; no hormigonar en tiempo frío.	Prolongado.	A plazo muy largo	4
— Obras de hormigón estructural. — Obras de hormigón en masa de mediana resistencia y/o en medios agresivos.	Idóneos	Mezclar el cemento con el árido en seco y amasar, echando la mezcla sobre el agua.	Utilizar el hormigón inmediatamente después de amasado; no hormigonar en tiempo frío.	Prolongado.	A plazo muy largo.	31
— Toda clase de obras de hormigón.	Idóneos	Muy cuidado No reamasar. Mezclar el cemento con el árido en seco y amasar, echando la mezcla sobre el agua	Utilizar el hormigón inmediatamente después de amasado; no hormigonar en tiempo frío.	Prolongado.	A plazo muy largo.	32
						33
						34
						35
7	8	9	10	11	12	

llenado de las capas debe distanciarse entre sí veinticuatro horas, dejando sin alisar la superficie superior para obtener una mejor adherencia.

5. Curado.

5.1. Debe efectuarse un curado inicial del hormigón mediante aspersión o riego con agua fría, en forma continuada, una vez finalizado el fraguado, para evitar que la temperatura de la masa sobrepase los 25° C. Habitualmente esta operación finalizará a las veinticuatro horas de la puesta en obra del hormigón para piezas de pequeño espesor, debiéndose prolongar hasta alcanzar las cuarenta y ocho horas en piezas de mayores dimensiones.

5.2. Es conveniente igual que para el cemento portland, evitar la desecación prematura de los elementos constructivos ya elaborados, especialmente en ambientes calurosos y secos. Una buena recomendación práctica es conservarlos a cubierto y sin que lleguen a sobrepasar los 25/30° C, pudiendo ser necesario regarlos periódicamente durante los primeros días.

5.3. Se prohíbe totalmente el curado térmico.

6. Cálculo y proyecto.

6.1. Como resistencia característica del hormigón se adoptará la obtenida a la edad de veinticuatro horas.

6.2. Se asegurará un mayor recubrimiento de las armaduras que el exigido con hormigones fabricados con cemento normal, ya que los hormigones de cemento aluminoso son menos básicos que los de cemento portland y la baja relación agua/cemento hace a los hormigones de cemento aluminoso más porosos y propensos a la carbonatación.

ANEJO 5

Homologación de la adherencia de las barras corrugadas

CAPITULO 1

Número de ensayos y exigencias mínimas

Conforme a las recomendaciones del Comité Euro-Internacional del Hormigón, se realizarán 25 ensayos de adherencia por diámetro, adoptándose como diámetros a ensayar 8, 16 y 32 mm., que definen los tres grupos de diámetros siguientes:

- Ø 8 para la serie fina (6, 8 y 10)
- Ø 16 para la serie media (12, 16 y 20)
- Ø 32 para la serie gruesa (25, 32 y 40)

Si la gama de fabricación carece totalmente de alguna serie, se ensayarán solamente las barras que definen las restantes series.

Se realizarán ensayos de homologación por cada tipo de grabado; caso de fabricar aceros de distinto límite elástico, pero con igual grabado, solamente será necesaria la homologación de la calidad de menor límite elástico.

Para cortar las barras a ensayar, el fabricante mandará al laboratorio 25 barras de 10 m. de longitud por cada diámetro. El fabricante mandará las barras que se correspondan lo más exactamente posible con los valores garantizados mínimos de resaltos. En el laboratorio de ensayo se medirán los resaltos y se elegirán cinco barras por diámetro de las que tengan valores más desfavorables para el ensayo de adherencia. De cada barra se cortarán cinco muestras, formándose así las 25 muestras que constituyen la serie por diámetro.

En el certificado de homologación figurarán los valores geométricos de los resaltos correspondientes a las muestras ensayadas. Para comprobaciones posteriores, bastará con un control geométrico de los resaltos y comprobar que los valores medidos son más favorables, respecto a la adherencia, que los que figuran en el certificado de homologación.

La realización de los ensayos se ajustará al procedimiento descrito a continuación.

CAPITULO II

Ensayo de adherencia de aceros para armaduras de hormigón armado

1. Objeto.

La presente norma tiene por objeto determinar las características convencionales de adherencia de los aceros utilizados como armaduras en construcciones de hormigón armado.

2. Fundamento del ensayo.

El método consiste en someter a flexión simple las vigas de ensayo hasta la rotura total de la adherencia en cada una de las dos semivigas, midiendo al tiempo el deslizamiento de los dos extremos de la barra.

3. Probetas de ensayo.

3.1. Número de probetas.

Las barras corresponderán a tres diámetros (fino, mediano y grueso) y se ensayarán cinco muestras por barra y cinco barras por diámetro.

3.2. Forma y medidas.

Serán vigas formadas por dos bloques paralelepípedicos de hormigón armado, unidos en su parte inferior por la armadura

en estudio y en su parte superior por una rótula de acero (figura 1 y 2).

Las dimensiones de las probetas dependen del diámetro de la barra estudiada.

Para barras de diámetro inferior a 16 mm., serán las de la figura 3.

Para barras de diámetro igual o superior a 16 mm., serán las de la figura 4.

3.3. Armaduras auxiliares.

Serán barras lisas de acero dulce. Las figuras 5 y 6 dan el detalle de las armaduras para los dos tipos de probetas.

3.4. Composición y mezcla de hormigón.

La composición deberá ser:

Grava rodada de granulometría 5/15 ó 4/16: 1.300 kg.

Arena de granulometría 0/2: 600 kg.

Cemento portland P-350: 250 kg.

Agua: 165 l.

La mezcla deberá ser hecha mecánicamente y, a ser posible, en hormigonera de eje vertical.

La duración del amasado será al menos de tres minutos hasta la adición del agua, prolongándose el mezclado durante tres minutos más.

3.5. Confección, desencofrado y conservación de probetas.

Serán hormigonadas en horizontal en moldes metálicos.

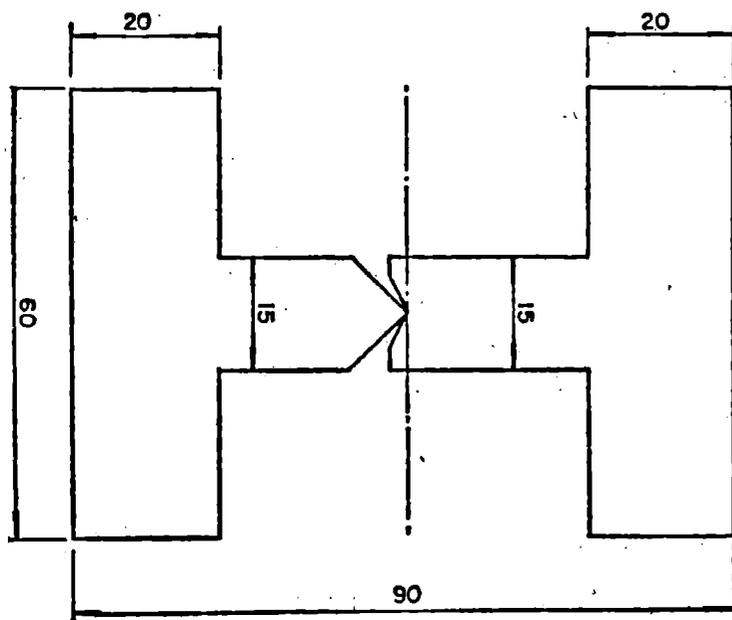
El hormigón deberá ser vibrado por aguja o mesa vibrante y alisado después con llana.

Deberán cubrirse con plástico hasta el desencofrado, que se hará tres días después de su endurecimiento.

ENSAYO DE ADHERENCIA

ESQUEMA DE ROTULAS

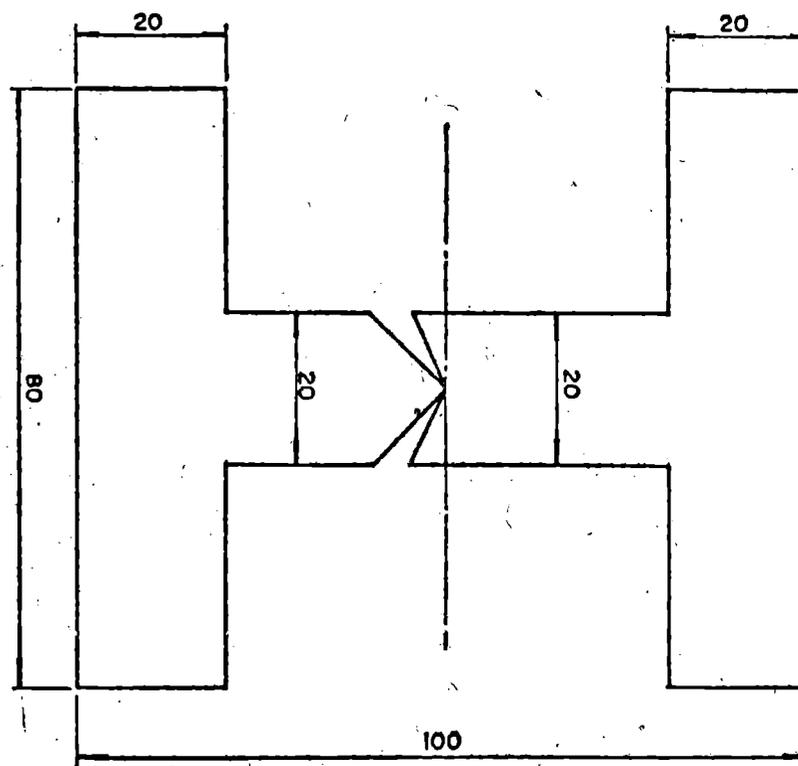
TIPO A



LONGITUD: 100 mm.

Fig. 1

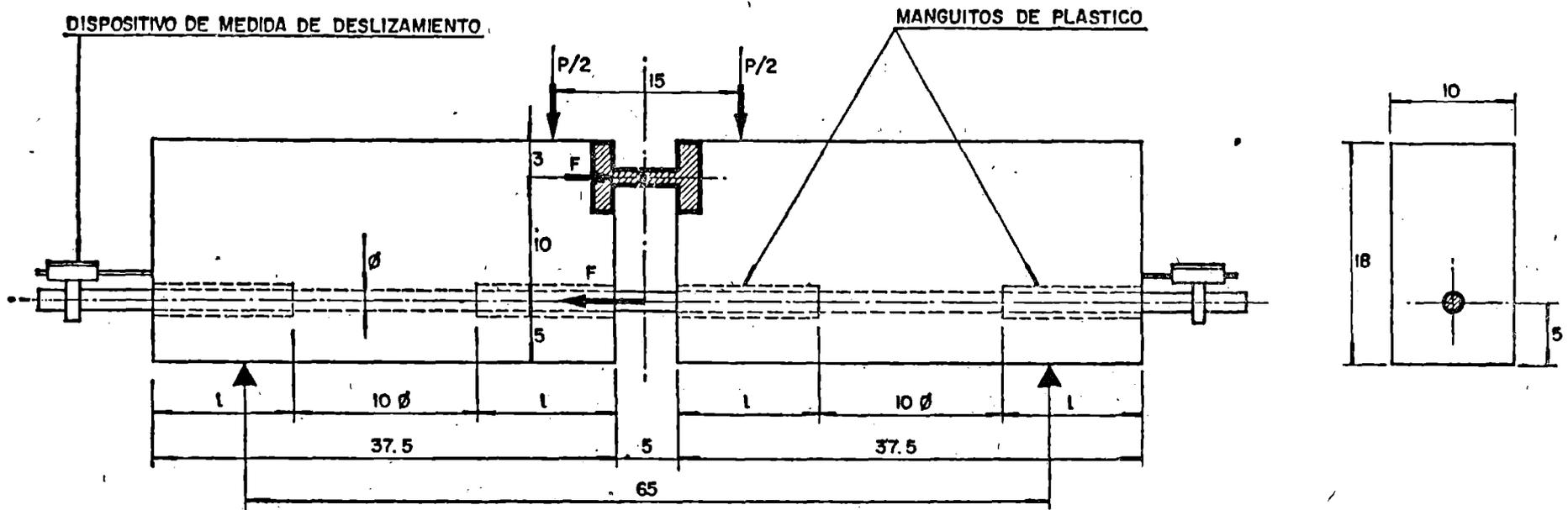
TIPO B



LONGITUD: 150 mm.

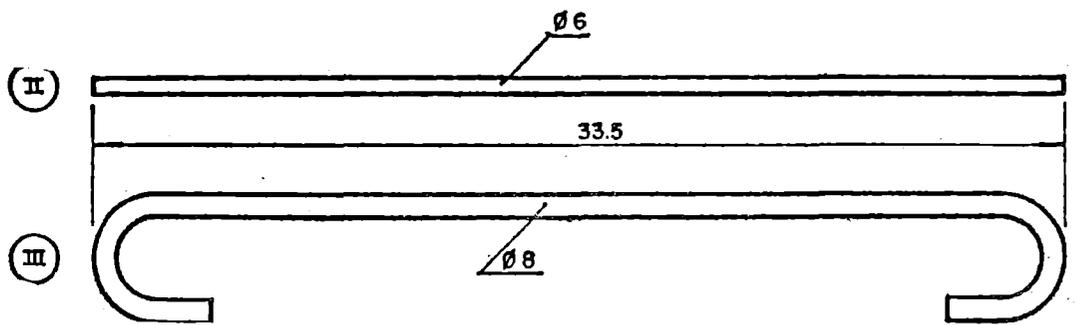
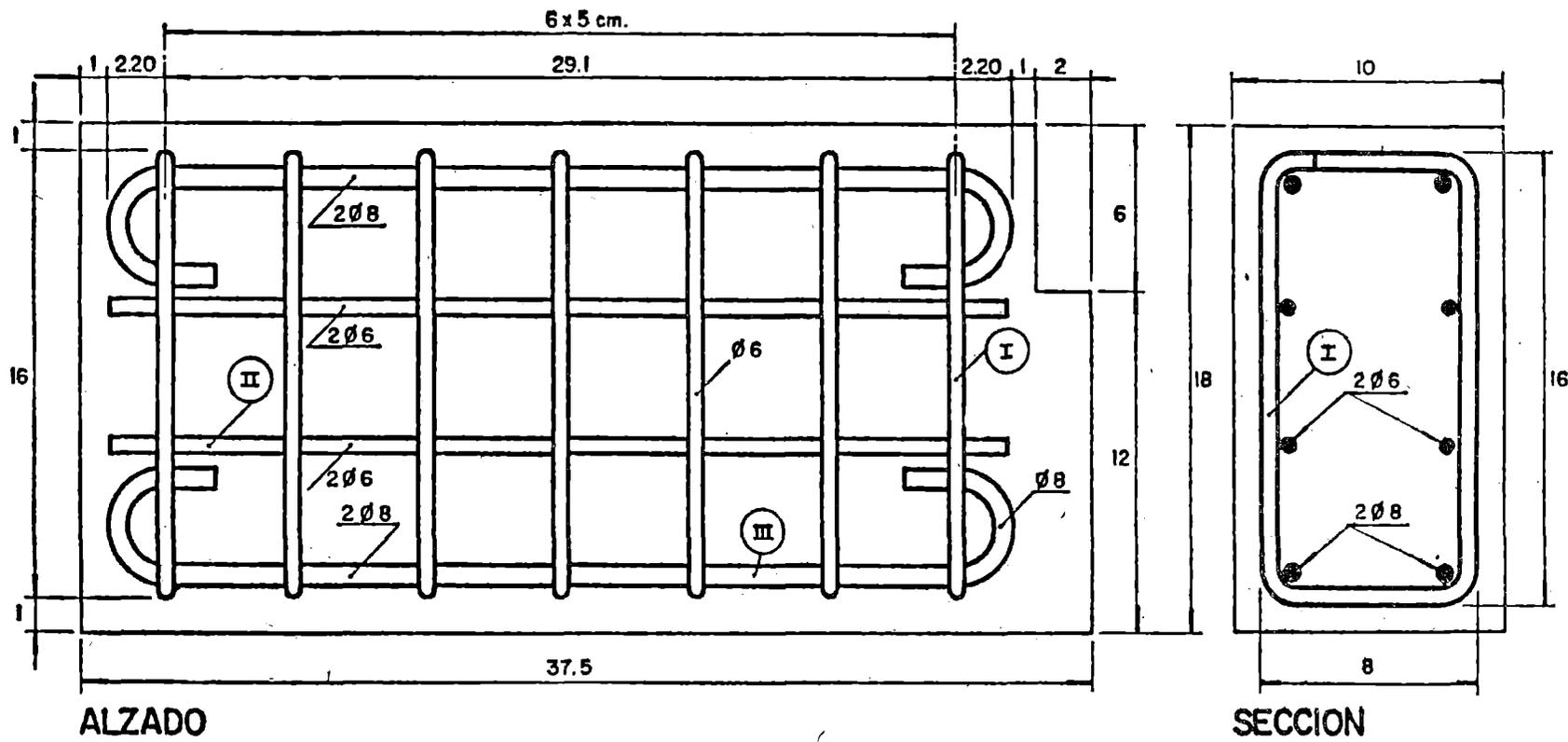
Fig. 2

ENSAYO DE ADHERENCIA TIPO A ($\varnothing < 16\text{mm.}$)



ESCALA 1:6
Fig. 3

ENSAYO DE ADHERENCIA TIPO A ($\phi < 16\text{mm.}$)

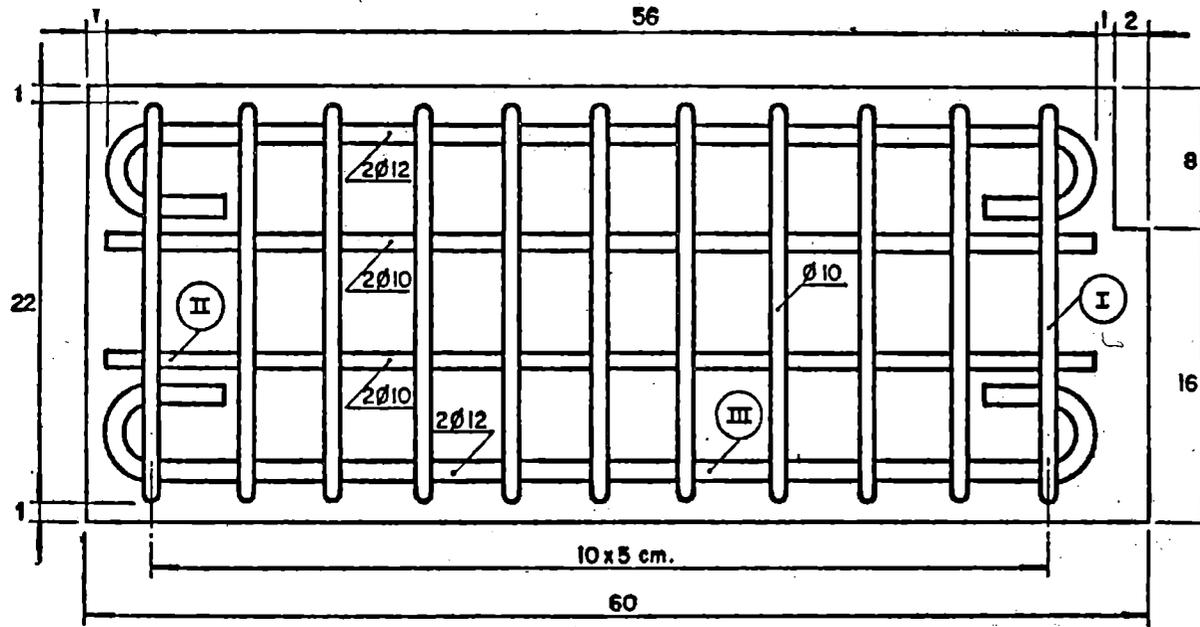


ARMADURAS DE LAS PROBETAS

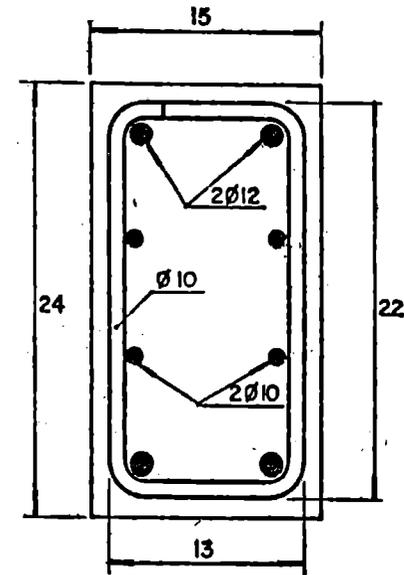
ESCALA 1:3

Fig. 5

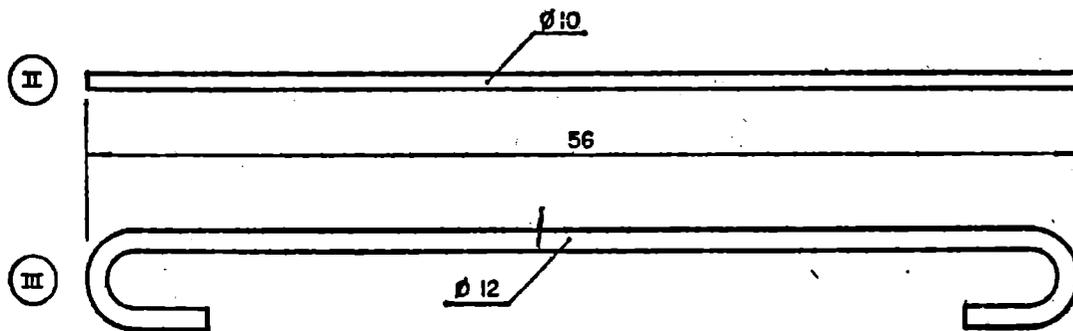
ENSAYO DE ADHERENCIA TIPO B ($\phi \geq 16$ mm.)



ALZADO



SECCION



ARMADURAS DE LAS PROBETAS

ESCALA 1:5

Fig. 6

Ya desencofradas serán conservadas veinticinco días a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura y 60 ± 5 por 100 de humedad relativa.

3.6. Resistencia del hormigón:

Será determinada en probeta cúbica de 20 cm. de lado o en probeta cilíndrica de 15×30 , confeccionadas y conservadas en iguales condiciones que las vigas.

Como mínimo se confeccionarán tres probetas por amasada. La resistencia media a los veintiocho días deberá estar comprendida entre 230 y 320 kp/cm^2 , si se mide en probeta cúbica, o entre 185 y 260 kp/cm^2 , si se mide en probeta cilíndrica.

4. Requisitos especiales.

Las barras a ensayar deberán estar en estado bruto de fabricación, exentas de calamina no adherente, sin trazas de herrumbre y cuidadosamente desengrasadas.

La longitud de adherencia ha de ser diez veces el diámetro nominal de la barra y localizada en la zona central de los dos bloques de hormigón. Fuera de estas dos zonas, la barra estará cubierta de un manguito liso de naturaleza plástica que impida el contacto con el hormigón.

5. Procedimiento operatorio.

La viga de ensayo, apoyada sobre rodillos o cuchillas móviles, estará solicitada por dos cargas iguales y simétricas respecto al centro de la viga y aplicadas por intermedio de rodillos o cuchillas móviles.

La puesta en carga se realizará por escalones sucesivos correspondientes a tensiones σ_s en la barra de 0, 800, 1.600, 2.400, etcétera, kp/cm^2 . La carga total aplicada a la probeta en cada escalón de carga viene dada por una de las dos expresiones siguientes:

$$P = \frac{A \cdot \sigma_s}{1,25} \text{ para barras de } \varnothing < 16 \text{ mm.}$$

$$P = \frac{A \cdot \sigma_s}{1,50} \text{ para barras de } \varnothing \geq 16 \text{ mm.}$$

siendo A la sección nominal de la barra.

El incremento de carga en cada escalón se hará en medio minuto y cada escalón durará lo necesario para la estabilización del deslizamiento, o como máximo dos minutos.

Los deslizamientos se medirán al principio y al final de cada escalón de carga.

El ensayo se continuará hasta la rotura total de la adherencia de la barra en los dos bloques, o hasta la rotura de la barra. Como la rotura de la adherencia no se alcanza simultáneamente en los dos extremos de la barra, se colocarán pinzas de anclaje para que el extremo que deslice primero quede anclado después de deslizar 3 mm. para poder continuar el ensayo hasta la rotura de la adherencia en el otro extremo.

6. Obtención de los resultados.

6.1. Cálculo de las tensiones de adherencia.

Si la carga total sobre la viga es P, para un deslizamiento dado, la tensión de adherencia está dada por $\tau_b = \frac{\sigma_s}{40}$, estando dada la tensión σ_s por una de las expresiones siguientes:

$$\sigma_s = \frac{1,25 P}{A} \text{ para } \varnothing < 16 \text{ mm.}$$

$$\sigma_s = \frac{1,50 P}{A} \text{ para } \varnothing \geq 16 \text{ mm.}$$

6.2. Valores característicos de la tensión de adherencia.

Serán τ_{bm} y τ_{bu} , siendo $\tau_{bm} = \frac{\tau_{0,01} + \tau_{0,1} + \tau_1}{3}$ y τ_{bu} la tensión de rotura.

$\tau_{0,01}$ = tensión de adherencia correspondiente a un deslizamiento de 0,01 mm.

$\tau_{0,1}$ = tensión de adherencia correspondiente a un deslizamiento de 0,1 mm.

τ_1 = tensión de adherencia correspondiente a un deslizamiento de 1 mm.

Si la rotura de adherencia o de la barra ocurre antes de que se alcance el deslizamiento de 1 mm., la tensión de rotura τ_{bu} constituye el tercer valor a introducir en el cálculo de τ_{bm} .

Para la obtención de los valores anteriores hay que disponer de las curvas «cargas-deslizamientos». Si estas no se obtienen por registro directo, pueden trazarse por puntos a partir de las lecturas obtenidas en cada escalón.

CAPITULO III

Interpretación de resultados

Los valores medios de cada serie de ensayos de la tensión media y de rotura de adherencia deberán cumplir simultáneamente las dos condiciones siguientes:

$$\tau_{bm} \geq 80 - 1,2 \varnothing$$

$$\tau_{bu} \geq 130 - 1,9 \varnothing$$

expresando \varnothing en mm. y τ_b en kp/cm^2 .

En ningún ensayo la rotura de adherencia se producirá para un deslizamiento último inferior a 0,5 mm.

Si se cumplen todas las condiciones anteriores, el acero podrá ser calificado como acero de alta adherencia.

ANEJO 6

Protección adicional contra el fuego

El contenido de este anejo corresponde exclusivamente a los aspectos de la estructura relacionados con su capacidad resistente.

No se contemplan, por lo tanto, otras funciones que la estructura pueda desempeñar, tales como aislamiento térmico, estanquidad al fuego, etc.

Los recubrimientos indicados en las tablas que siguen son establecidos exclusivamente por razones de resistencia al fuego, debiendo adoptarse otros mayores si son requeridos por otras razones.

Corresponden a estructuras de hormigón sin protección especial contra el fuego.

Pueden adoptarse valores de protección inferiores a los consignados mediante el empleo de protecciones que deberán ser objeto de los correspondientes cálculos justificativos.

Siempre que, de acuerdo con lo que más adelante se indica, se usen recubrimientos de la armadura principal de una pieza mayores de 40 mm., se dispondrá para controlar el riesgo de desprendimiento del hormigón de recubrimiento una malla cuadrada como armadura, de 0,5 kg/m^2 de peso mínimo, con una separación máxima entre alambres de 150 mm. y situada a no más de 25 mm. de la superficie de la pieza.

Cualquier armadura, resistente o no, existente en la pieza puede desempeñar simultáneamente esta función de resistencia al fuego.

En cualquier caso, y aun con recubrimientos inferiores al límite consignado, es una buena práctica, desde el punto de vista de la resistencia al fuego, la disposición de armaduras en ambos sentidos, con separaciones no superiores a 150 mm.

Resistencia al fuego.

Se denomina período de resistencia al fuego al tiempo en minutos durante el cual la pieza resiste una carga de servicio cuando se la somete al ensayo de resistencia previsto en UNE 23093. De acuerdo con ello, en lo que sigue se consideran períodos de resistencia al fuego de 30, 60, 90, 120, 180 y 240 minutos designados como F30, F60, F90, F120, F180 y F240, respectivamente.

Se entiende que la pieza es resistente al fuego si cumple la función de resistir las cargas que deba soportar, incluido el peso propio. Por supuesto, en esas condiciones la pieza puede estar fuera de servicio desde el punto de vista de estado límite de utilización.

Los períodos mínimos de resistencia al fuego para cada tipo de estructura serán fijados en las reglamentaciones correspondientes.

Dimensiones y recubrimientos.

Las dimensiones y recubrimientos mínimos, expresados en milímetros, serán los indicados en las tablas siguientes que se refieren a hormigón con áridos silíceos. Puede reducirse un 10 por 100 para áridos calizos.

Soportes	Periodos de resistencia al fuego					
	F 30	F 60	F 90	F 120	F 180	F 240
Dimensión mínima de la sección transversal	150	200	240	300	400	500
Recubrimiento mínimo de la armadura principal	10	20	30	35	35	35

Vigas	Periodos de resistencia al fuego					
	F 30	F 60	F 90	F 120	F 180	F 240
Espesores mínimos de la sección	80	120	150	200	240	280

Vigas	Periodos de resistencia al fuego											
	F 30		F 60		F 90		F 120		F 180		F 240	
	e	c	e	c	e	c	e	c	e	c	e	c
Recubrimiento mínimo (c) correspondiente a cada espesor (e)	80	20	120	35	150	50	200	60	240	75	280	85
	120	10	180	30	200	40	240	50	300	65	350	75
	160	10	200	25	280	35	300	45	400	60	500	70
	200	10	300	20	400	30	500	40	600	55	700	65

Losas macizas	Periodos de resistencia al fuego					
	F 30	F 60	F 90	F 120	F 180	F 240
Canto mínimo	100	100	125	125	150	175
Recubrimiento mínimo de la armadura principal	10	20	30	40	55	65

Forjados aligerados con bovedillas	Periodos de resistencia al fuego					
	F 30	F 60	F 90	F 120	F 180	F 240
Canto mínimo	100	110	140	160	175	180
Ancho mínimo del nervio	50	70	80	90	100	125
Recubrimiento mínimo de la armadura principal	10	20	30	40	55	65

Muros	Periodos de resistencia al fuego					
	F 30	F 60	F 90	F 120	F 180	F 240
Espesor mínimo	100	120	140	160	200	240
Recubrimiento mínimo	10	10	15	25	25	25

Piezas en tracción simple o compuesta	Periodos de resistencia al fuego					
	F 30	F 60	F 90	F 120	F 180	F 240
Dimensión mínima de la sección transversal	80	120	150	200	240	280
Recubrimiento mínimo de la armadura principal	20	35	50	60	75	85

Ordenanzas municipales.

El proyectista tendrá en cuenta además, en el caso de que las hubiere, las normas y ordenanzas municipales que sean de aplicación según la ubicación de la obra.

A título de ejemplo pueden citarse las Ordenanzas Municipales de Madrid y Barcelona.

ANEJO 7

Método de cálculo simplificado del momento tope

CAPITULO I

Planteamiento teórico general (1)

1. Introducción.

En este apartado 1 se prescinde de los coeficientes de seguridad, que serán introducidos oportunamente. Esto es así por exponerse el cálculo según una teoría general, que sólo debe recibir el concepto de seguridad al emplearla en su aplicación práctica.

Este método de cálculo corresponde a la distribución rectangular en el hormigón y diagrama bilineal en el acero.

1.1. Determinación del tipo de rotura.

El agotamiento de una sección puede producirse por fallo del hormigón comprimido o por fallo de la armadura en tracción. La simultaneidad de ambos tipos de agotamiento se alcanza para una cierta cuantía, a la que corresponde un cierto valor de la profundidad «y» del diagrama de compresiones. A ese valor se le denomina «valor límite» y se expresa en forma relativa

por $\left(\frac{y}{d}\right)_{lim}$

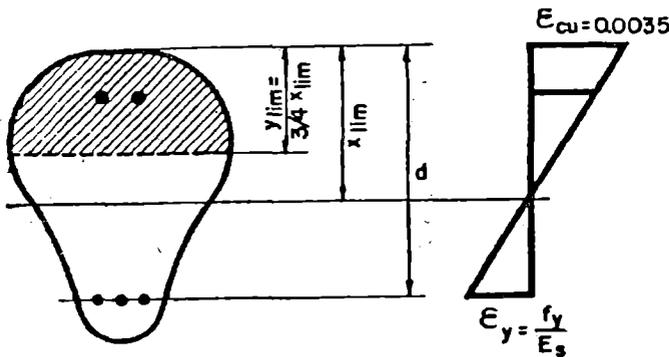


Fig. A.7.1

Siempre que:

$$\frac{y}{d} \leq \left(\frac{y}{d}\right)_{lim}$$

la rotura se produce por fallo de la armadura de tracción.

Y cuando:

$$\frac{y}{d} > \left(\frac{y}{d}\right)_{lim}$$

la rotura se produce por fallo del hormigón comprimido.

El valor de $\left(\frac{y}{d}\right)_{lim}$ se obtiene fácilmente de la ecuación

(1) La lectura de este capítulo no es precisa para efectuar la aplicación práctica del método.

de compatibilidad de deformaciones (fig. A.7.1), puesto que corresponde a un acortamiento en el hormigón de valor $\epsilon_{cu} = 0,0035$ y a un alargamiento en el acero igual al correspondiente a su escalón de cadencia.

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{f_y}{2.100.000}$$

Por tanto:

$$\left(\frac{x}{d}\right)_{lim} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y} = \frac{1}{1 + \frac{f_y}{2.100.000 \cdot 0,0035}} = \frac{1}{1 + 1,36 \cdot 10^{-4} \cdot f_y}$$

y como

$$y = 0,75 x$$

resulta

$$\left(\frac{y}{d}\right)_{lim} = \frac{0,75}{1 + 1,36 \cdot 10^{-4} f_y}; \quad (f_y \text{ en } \text{kp/cm}^2) \quad [1]$$

expresión válida para cualquier sección.

El valor de $\frac{y}{d}$ se deduce de la condición de equilibrio de fuerzas. En el caso más general de flexión compuesta (figura A.7.2), y prescindiendo por ahora de la hipótesis del momento tope, que más adelante se considera, esa condición se escribe:

$$N = f_{ck} \int_0^y b \cdot dy - A_s \cdot f_y + A'_s \cdot f_{yc} \quad [2]$$

expresión válida siempre que la armadura A_s de tracción alcance efectivamente su límite elástico f_y .

Por otra parte, y según se indica más adelante, se considera que la armadura A'_s en compresión trabaja siempre a su límite elástico.

Si se establece como convenio:

$$\int_0^y b \cdot dy = b_m \cdot y$$

siendo b_m la anchura ficticia de una sección rectangular equivalente a la sección considerada, resulta inmediato deducir la profundidad relativa del diagrama de compresiones en el hormigón:

$$\frac{y}{d} = \frac{N + A_s \cdot f_y - A'_s \cdot f_{yc}}{f_{ck} \cdot b_m \cdot d} \quad [3]$$

Basta, pues, comparar el valor [3] con el valor [1] para determinar si la rotura se producirá o no por fallo de la armadura de tracción.

1.2. Expresión de las ecuaciones de equilibrio.

La ecuación de equilibrio de momentos (fig. A.7.2) se escribe así:

$$N \cdot e = f_{ck} \int_0^y b \cdot (d - y) \cdot d y + A'_s \cdot f_{yc} \cdot (d - d') \quad [4]$$

expresión que resulta de tomar momentos con respecto al c. de g. de la armadura de tracción. Otra forma más cómoda de expresar este equilibrio es:

$$N \cdot e = f_{ck} \cdot b_m \cdot y \cdot (d - \lambda y) + A'_s \cdot f_{yc} \cdot (d - d')$$

siendo λ la ordenada relativa, medida respecto al borde más comprimido de la sección, del centro de gravedad del área de compresiones en el hormigón.

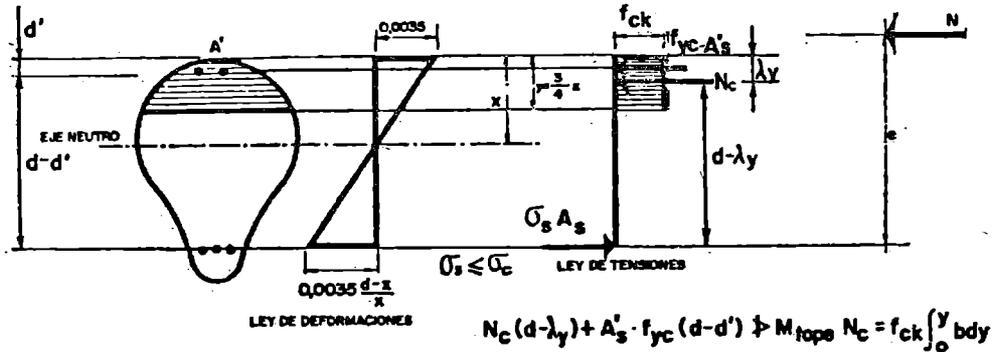


Fig. A.7.2

Esta ecuación de equilibrio de momentos, unida a la de equilibrio de fuerzas [3] anteriormente obtenida, resuelve el cálculo de la sección. Pero debe tenerse en cuenta que la última ecuación mencionada, es decir, la [3], es válida tan sólo cuando $\frac{y}{d}$

resulta igual o menor que $\left(\frac{y}{d}\right)_{lim}$

Si resultase mayor, sería necesario introducir una tercera ecuación, la de compatibilidad de deformaciones, ya que en tal caso la armadura A_s no alcanzaría su límite elástico en el momento de la rotura de la sección, sino una tensión menor denominada σ_s .

Por tanto:

Si resulta $\frac{y}{d} \leq \left(\frac{y}{d}\right)_{lim}$ la sección se puede calcular mediante las ecuaciones:

Si resulta:

$$\frac{3}{4} \geq \frac{y}{d} > \left(\frac{y}{d}\right)_{lim}$$

el sistema que resuelve el cálculo de la sección es el siguiente:

$$\frac{y}{d} = \frac{N + A_s \cdot f_y - A'_s \cdot f_{yc}}{f_{ck} \cdot b_m \cdot d} \quad (3) \quad \left[\begin{array}{l} \text{válida si resulta} \\ \frac{y}{d} \leq \left(\frac{y}{d}\right)_{lim} \end{array} \right]$$

$$M = N \cdot e = f_{ck} \cdot b_m \cdot d^2 \cdot \frac{y}{d} \left(1 - \lambda \frac{y}{d}\right) + A'_s \cdot f_{yc} \cdot (d - d') \quad (4)$$

$$\frac{y}{d} = \frac{0,75 \cdot 0,0035}{0,0035 + \frac{\sigma_s}{2.100.000}} \quad \sigma_s \text{ en kp/cm}^2 \quad (6) \quad \left[\begin{array}{l} \text{válida si resulta} \\ \frac{y}{d} > \left(\frac{y}{d}\right)_{lim} \end{array} \right]$$

$$N = f_{ck} \cdot b_m \cdot y - A_s \sigma_s + A'_s \cdot f_{yc} \quad (7)$$

$$M = N \cdot e = f_{ck} \cdot b_m \cdot d^2 \cdot \frac{y}{d} \left(1 - \lambda \frac{y}{d}\right) + A'_s \cdot f_{yc} \cdot (d - d') \quad (5)$$

En este caso en que la rotura se produce por deficiencia del hormigón existe una nueva incógnita, que es la tensión σ_s del acero en tracción.

No obstante el problema se simplifica en la mayoría de los casos al introducir una hipótesis no considerada hasta ahora: la existencia del momento tope.

1.3. Momento tope.

De acuerdo con las hipótesis del artículo 33 de la Instrucción, una sección de hormigón armado no puede resistir un momento superior al «momento tope», cuyo valor es:

$$M_{tope} = 0,70 f_{ck} \int_0^d b(d-y) dy + A'_s \cdot f_{yc} \cdot (d - d') \quad (8a)$$

El valor del momento tope se alcanza para una cierta profundidad $\left(\frac{y}{d}\right)_{tope}$ del diagrama de compresiones en el hormigón. Esa profundidad se obtiene igualando la expresión general [4] del momento a la expresión [8a] con lo que resulta:

$$f_{ck} \int_0^y b(d-y) dy = 0,70 f_{ck} \int_0^d b(d-y) dy$$

De esta igualdad se obtiene $\left(\frac{y}{d}\right)_{tope}$

Para efectuar el cálculo de una sección se utilizarán unas u otras fórmulas según resulte el valor de $\frac{y}{d}$, en comparación con los valores de $\left(\frac{y}{d}\right)_{lim}$ y de $\left(\frac{y}{d}\right)_{tope}$

El caso más sencillo y también el más frecuente es aquel en que se verifica:

$$\left(\frac{y}{d}\right)_{tope} \leq \left(\frac{y}{d}\right)_{lim}$$

En este caso, la ecuación [3] proporciona el valor de $\frac{y}{d}$ que debe compararse con los dos de referencia:

$$\left(\frac{y}{d}\right)_{lim} \cdot \left(\frac{y}{d}\right)_{tope}$$

A este caso corresponden las secciones rectangulares y en T, armadas con acero de $f_y \leq 5.000$ kp/cm².

Caso menos frecuente y en ocasiones más complicado es aquel en que se verifica:

$$\left(\frac{y}{d}\right)_{tope} > \left(\frac{y}{d}\right)_{lim}$$

correspondiente a secciones del tipo T invertida, armadas con acero de límite elástico elevado. En este caso, si el valor $\frac{y}{d}$

obtenido de la ecuación [3] resulta mayor que $\left(\frac{y}{d}\right)_{lim}$,

la ecuación [3] no es válida y conviene entonces comparar valores de N, en vez de valores de y, para poder conocer el estado de la sección. Dicha comparación es válida porque los valores de N y los de y se mueven en el mismo sentido, a igualdad de las restantes variables. De acuerdo con ello, se

define N_{tope} como aquel valor de N que corresponde a una profundidad del rectángulo de compresiones igual y_{tope} :

$$N_{\text{tope}} = f_{ck} \int_0^{y_{\text{tope}}} bdy + A'_s \cdot f_{yc} - A_s \sigma_s$$

expresión en la que σ_s tiene un valor que puede obtenerse de [6], haciendo $y = y_{\text{tope}}$. Dicho valor es:

$$\sigma_s = 7.350 \left(\frac{0.75}{\left(\frac{y}{d}\right)_{\text{tope}}} - 1 \right); \quad (\sigma_s \text{ en kp/cm}^2)$$

En cualquiera de los dos casos indicados, es decir, cualquiera que sea el sentido de la desigualdad entre $\left(\frac{y}{d}\right)_{\text{lim}}$ y $\left(\frac{y}{d}\right)_{\text{tope}}$, siempre que resulte $\frac{y}{d} \geq \left(\frac{y}{d}\right)_{\text{tope}}$ o, lo que es equivalente, $N \geq N_{\text{tope}}$ el momento permanece invariable e igual al dado por [8a]. Por otra parte, la expresión [8a] es el valor del momento que corresponde al caso de compresión uniforme, sobre todo el canto útil (es decir, al caso en que ambas armaduras se encuentran en compresión al límite elástico y el hormigón está sometido a una tensión uniforme de

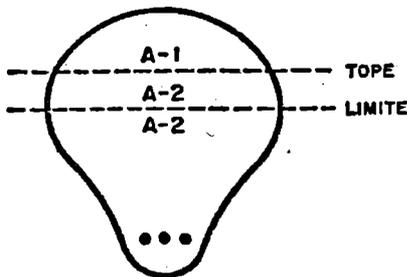


Fig. A.7.3

compresión igual $0.7 f_{ck}$, extendida a todo el canto útil). Por tanto, en los casos de grandes profundidades de la fibra neu-

tra, es decir, cuando $\frac{y}{d} > \left(\frac{y}{d}\right)_{\text{tope}}$, deberá verificarse:

$$N \leq 0.70 f_{ck} \int_0^d bdy + A_s \cdot f_{yc} + A'_s \cdot f_{yc} \quad [8b]$$

Con todo lo expuesto hasta aquí, se está en condiciones de resolver cualquier sección sometida a una fuerza N actuando con cualquier excentricidad.

1.4. Resumen.

Se calcularán $\left(\frac{y}{d}\right)_{\text{tope}}$, $\left(\frac{y}{d}\right)_{\text{lim}}$ y, con la fórmula [3], $\frac{y}{d}$:

A) Si resulta $\left(\frac{y}{d}\right)_{\text{tope}} \leq \left(\frac{y}{d}\right)_{\text{lim}}$, deben considerarse dos casos:

A.1) $\left(\frac{y}{d}\right) < \left(\frac{y}{d}\right)_{\text{tope}}$

El sistema [3] [5] soluciona este caso.

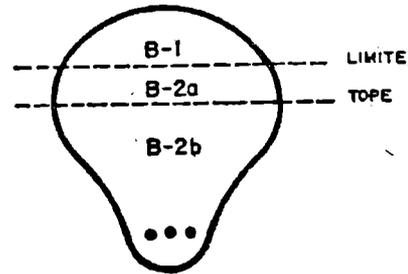


Fig. A.7.4

A.2) $\frac{y}{d} \geq \left(\frac{y}{d}\right)_{\text{tope}}$
La ecuación [8a], con la limitación [8b], soluciona este caso.

B) Si resulta $\left(\frac{y}{d}\right)_{\text{tope}} > \left(\frac{y}{d}\right)_{\text{lim}}$ deben considerarse los casos siguientes:

B.1) $\frac{y}{d} \leq \left(\frac{y}{d}\right)_{\text{lim}}$

El sistema [3] [5] soluciona este caso.

B.2) $\frac{y}{d} > \left(\frac{y}{d}\right)_{\text{lim}}$

B.2a) $N < N_{\text{tope}}$.

En este caso debe recurrirse al sistema [6] [7] [5].

B.2b) $N \geq N_{\text{tope}}$.

La ecuación [8a], con la limitación [8b], soluciona este caso.

CAPITULO II

Aplicación práctica del método

2. Observaciones previas para la aplicación práctica del método.

2.1. Introducción de la seguridad.

En las fórmulas del capítulo I anterior se han considerado las resistencias de los materiales y los valores de las solicitaciones, sin introducir coeficiente de seguridad; es decir, que tales fórmulas corresponden a las condiciones reales de rotura de las secciones. En los apartados 3 y 4 siguientes, donde se resuelven las secciones rectangulares y en T, se ofrecen las fórmulas prácticas de cálculo, que incluyen ya los coeficientes de mayoración y minoración correspondientes a las solicitaciones y a los materiales, respectivamente; es decir, se sustituye:

f_{ck}	por	f_{cd}
f_{yc}	por	$f_{yc, d}$
f_y	por	f_{yd}
N	por	N_d

Las mencionadas fórmulas prácticas de cálculo se agrupan en dos familias distintas; unas corresponden a dimensionamiento de secciones y otras a comprobación. Si se utilizan las pri-

meras es, por supuesto, innecesario comprobar después la sección así dimensionada.

2.2. Notación y convenio de signos.

El significado de los símbolos de la notación utilizada en los apartados 3, 4 y 5 siguientes puede consultarse en el anexo 1 de esta Instrucción. En particular, conviene recordar aquí el concepto de «capacidad mecánica» de una armadura, que se define como el producto de su sección por la resistencia de cálculo del acero, en tracción o en compresión, según corresponda al trabajo de la armadura. Las capacidades mecánicas se designan por U_s , reservándose U_c para representar un concepto análogo, pero aplicado al hormigón:

$U_{s1} = A_s \cdot f_{yd}$ = capacidad mecánica de la armadura de tracción o menos comprimida. Por brevedad se designa a veces también por U_{s1} a la propia armadura (1).

$U_{s2} = A'_s \cdot f_{yc, d}$ = capacidad mecánica de la armadura de compresión o más comprimida. Por brevedad se designa a veces también U_{s2} a la propia armadura.

$U_c = f_{cd} \cdot b \cdot d$ = capacidad mecánica de la sección útil del hormigón en sección rectangular.

$U_{ct} = f_{cd} \cdot b \cdot h$ = capacidad mecánica de la sección total de hormigón en sección rectangular.

La fuerza N_d exterior actuante se considera como positiva si es de compresión y como negativa si es de tracción.

Dada una sección sometida a una fuerza N_d , se designará por U_{s1} la armadura más alejada del borde comprimido (o del más comprimido si los dos lo están) y por U_{s2} a la otra. Con esto quedan definidas las magnitudes d (canto útil) y e (excentricidad de la fuerza N_d con respecto al c. de g. de la armadura U_{s1}). En cuanto al signo de e , será positivo si la fuerza N_d y el borde más comprimido caen al mismo lado de U_{s1} , y será negativo si caen a lado distinto.

Con estas convenciones (fig. A.7.5) el producto $N_d \cdot e$ siempre será positivo (2).

(1) Para aquellos estados de sollicitación en los que la armadura U_s trabaja en compresión, la capacidad mecánica aplicable no es $A_s \cdot f_{yd}$, sino $A_s \cdot f_{yc, d}$. Esta última expresión es la que se utiliza (en lugar de U_{s1}) en las fórmulas de los capítulos siguientes para tales casos. Naturalmente, para aquellos aceros en los que $f_{yd} \leq 4.000$ kp/cm² (valor límite máximo admitido en esta Instrucción para $f_{yc, d}$) los valores de f_{cd} y $f_{yc, d}$ son idénticos.

(2) Se exceptúa el caso de fuerza de tracción ($N_d < 0$) actuando entre las dos armaduras. Este caso de tracción simple o compuesta se resuelve en el apartado 38.4 de la Instrucción.

Puede ocurrir que por ser la fuerza $N_d > 0$ y actuar relativamente centrada en la sección, no se sepa de antemano cuál sea el borde más comprimido. En tal caso, se adoptará como tal cualquiera de ellos, a reserva de comprobar en el momento oportuno que la elección ha sido acertada. Esta comprobación de borde, que se estudia más adelante, no siempre resulta necesaria, por lo que en el cuerpo de fórmulas del apartado 3.º se avisa en cada uno de los casos en que es imprescindible hacerla.

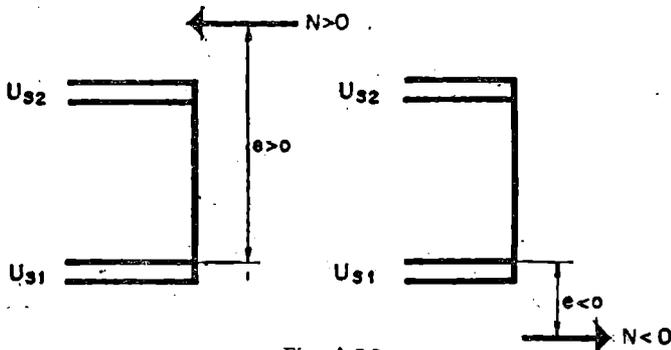


Fig. A.7.5

2.3. Campo de validez de las fórmulas.

Las fórmulas de los apartados 3, 4 y 5 siguientes son válidas cuando se emplea acero de límite elástico característico no superior a 5.000 kp/cm² y dicho acero posee escalón de cedencia. Estas fórmulas corresponden a la teoría general del momento tope. Si el acero no posee escalón de cedencia, las citadas fórmulas son igualmente aplicables, admitiendo que el diagrama de cálculo del acero tiene el segundo tramo horizontal a la altura del límite elástico convencional. Para aprovechar algo mejor estos últimos aceros (utilizando el segundo tramo ascendente de su diagrama tensión-deformación), así como para resolver los casos en los que $f_y > 5.000$ kp/cm², habría que acudir a la ecuación de compatibilidad de deformaciones (ecuación [6] del apartado 1 anterior).

En las fórmulas de los apartados siguientes se supone también que la distancia d' del centro de gravedad de la armadura de compresión a la fibra extrema más comprimida no es superior al 20 por 100 del canto útil, con lo que dicha armadura trabaja siempre a su límite elástico. Si no fuera así, habría que corregir las fórmulas, encontrando la tensión en la armadura de compresión por medio de la ecuación de compatibilidad de deformaciones.

Conviene recordar, por último, las siguientes prescripciones establecidas en el articulado de esta Instrucción.

- 1.º La resistencia de cálculo del acero en compresión está limitada superiormente por el valor $f_{yc,d} = 4.000$ kp/cm².
- 2.º La resistencia de cálculo del hormigón en las piezas hormigonadas verticalmente debe reducirse en un 10 por 100.

2.4. Observación final.

La lectura de este subapartado no es necesaria para la aplicación práctica del método. Se trata simplemente de una aclaración encaminada a salvar ciertas anomalías de orden lógico que podrían presentarse al calculista en alguna ocasión especial.

Al emplear las fórmulas de los apartados que siguen puede obtenerse en algún caso particular, poco frecuente, el resultado aparentemente absurdo de que, a igualdad de las restantes variables, secciones con más armadura de compresión se agotan antes que otras de armadura de compresión menor.

La explicación de este hecho reside en que las fórmulas se han obtenido considerando siempre la colaboración total de la armadura U_{s2} , aun cuando su recubrimiento no esté comprimido por entero según la teoría del momento tope. En rigor, debería procederse al contrario, es decir, la armadura no debería contarse en el cálculo mas que cuando la totalidad de su recubrimiento esté en compresión. Si se procede de esta última forma, no se llega a la paradoja indicada en el párrafo anterior.

No obstante, se ha seguido el primero de los criterios enunciados porque conduce a fórmulas más sencillas. Y como la diferencia entre los valores numéricos que se obtienen con uno y otro procedimiento es muy pequeña, las fórmulas de los apartados 3, 4 y 5 siguientes son utilizables en todos los casos, sin ninguna reserva.

CAPITULO III

Sección rectangular

3. Fórmulas para sección rectangular con acero de $f_y \leq 5.000$ kp/cm².

En secciones rectangulares armadas con acero de $f_y \leq 5.000$ kp/cm², se verifica siempre

$$\left(\frac{y}{d}\right)_{\text{tope}} = 0,45 \leq \left(\frac{y}{d}\right)_{\text{lim}}$$

por lo que se está en el caso A del subapartado 1.4 de este anejo.

3.1. Flexión simple sin armadura de compresión.

3.1.1. Dimensionamiento.

Armadura de tracción necesaria con $M_d \leq 0,35 U_c \cdot d$ [9] (si fuese $M_d > 0,35 U_c \cdot d$, sería necesaria la armadura de compresión).

Fórmula exacta:

$$U_{s1} = U_c \left(1 - \sqrt{1 - 2 \frac{M_d}{U_c \cdot d}}\right)$$

Fórmula aproximada para la aplicación:

$$U_{s1} = 0,97 \frac{M_d}{d} \left(1 + \frac{M_d}{U_c \cdot d}\right) \leq 0,04 U_c$$

Para

$$M_d = 0,35 U_c \cdot d$$

resulta:

$$U_{s1} = 0,45 U_c \quad [10]$$

El método simplificado del momento tope sólo exige armadura de compresión para momentos elevados $M_d > 0,35 U_c \cdot d$; es decir, para zonas del hormigón comprimido demasiado grandes.

Canto mínimo:

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{M_d}{0,35 \cdot f_{cd} \cdot b}} \quad \text{cuando } b \text{ es dato;} \quad [11]$$

$$d_{\min} = \sqrt[3]{\frac{M_d}{0,35 f_{cd}} \cdot \left(\frac{d}{b}\right)} \quad \text{cuando } \frac{d}{b} \text{ es dato;} \quad [12]$$

3.1.2. Comprobación.

Siendo M_u el momento de agotamiento, debe ser:

$$M_d \leq M_u = U_{s1} \left(1 - \frac{U_{s1}}{2 U_c}\right) d \quad \text{entrando en ella con} \\ U_{s1} \geq 0,04 U_c \quad [13]$$

Debiéndose verificar la condición de armadura mínima:

$$U_{s1} \geq 0,04 U_c$$

Para $U_{s1} \geq 0,45 U_c$, la fórmula [13] da $M_u = 0,35 U_c \cdot d$ (momento tope).

3.2. Flexión simple con armadura de compresión.

3.2.1. Dimensionamiento.

La armadura U_{s2} debe cumplir la condición:

$$U_{s2} \geq \frac{M_d - 0,35 U_c \cdot d}{d - d'} \quad [14]$$

Caso A: La armadura U_{s2} es dada.

Se comprobará la relación [14]. La armadura de tracción vale:

Fórmula exacta:

$$U_{s1} = U_c \left(1 - \sqrt{1 - 2 \frac{M_d - U_{s2} \cdot (d - d')}{U_c \cdot d}}\right) + U_{s2} \leq 0,04 U_c$$

Fórmula aproximada:

$$U_{s1} = 0,97 \frac{M_d - U_{s2} \cdot (d - d')}{d} \left(1 + \frac{M_d - U_{s2} \cdot (d - d')}{U_c \cdot d}\right) + U_{s2} \leq 0,04 U_c \quad [15]$$

En estas fórmulas debe entrarse con $U_{s2} \geq \frac{M_d}{d - d'}$. Si fuese

$U_{s2} > \frac{M_d}{d - d'}$ (exceso de armadura U_{s2}), resultaría:

$$U_{s1} = \frac{M_d}{d - d'} \leq 0,04 U_c \quad [16]$$

Si fuese $U_{s2} = \frac{M_d - 0,35 U_c \cdot d}{d - d'}$ (máximo aprovechamiento del hormigón), resultaría:

$$U_{s1} = 0,45 U_c + U_{s2} \quad [17]$$

Caso B: La armadura U_{s2} no es dada.

Si fuese $M_d \leq 0,35 U_c \cdot d$, la armadura de compresión no sería necesaria. Deberá hacerse $U_{s2} = 0$ y entrar en el apartado 3.1.

Si fuese $M_d > 0,35 U_c \cdot d$, se aprovecharía el hormigón al máximo haciendo:

$$U_{s2} = \frac{M_d - 0,35 U_c \cdot d}{d - d'} \quad U_{s1} = 0,45 U_c + U_{s2}$$

3.2.2. Comprobación.

Siendo M_u el momento de agotamiento debe ser:

$$M_d \leq M_u = (U_{s1} - U_{s2}) \left(1 - \frac{U_{s1} - U_{s2}}{2 U_c} \right) \cdot d + U_{s2} \cdot (d - d') \quad [18]$$

entrando en ella con: $\begin{cases} U_{s2} \geq U_{s1} \\ U_{s1} \geq 0,45 U_c + U_{s2} \end{cases}$
debiéndose verificar, además, la condición de armadura mínima $U_{s1} \geq 0,04 U_c$.
Para $U_{s2} \geq U_{s1}$ (exceso de armadura de compresión), la fórmula [18] da:

$$M_u = U_{s1} \cdot (d - d')$$

con la condición $U_{s1} \geq 0,04 U_c$.
Para $U_{s1} = 0,45 U_c + U_{s2}$ (máximo aprovechamiento del hormigón) la fórmula [18] da

$$M_u = 0,35 U_c \cdot d + U_{s2} \cdot (d - d') \quad [19]$$

El mismo valor [19] resultaría para $U_{s1} > 0,45 U_c + U_{s2}$ (exceso de armadura de tracción):

3.3. Compresión simple.

El método del momento tope resuelve también la compresión compuesta, así como en el límite, la compresión simple.

Cuando la compresión es centrada, es decir, cuando la sollicitación exterior N_d actúa en el baricentro plástico de la sección (véase su definición en el anejo 2), resulta más ventajoso efectuar la comprobación mediante la relación:

$$N_d \geq N_u = 0,7 \cdot b \cdot h \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yc, d} + A_s \cdot f_{yc, d}$$

La excentricidad e_b correspondiente al baricentro plástico de la sección es:

$$e_b = \frac{0,35 \cdot U_c \cdot d (1 - \rho^2) + U_{s2} \cdot (d - d')}{0,7 \cdot U_{ct} + A_s \cdot f_{yc, d} + U_{s2}} \approx \frac{0,35 U_c \cdot d + U_{s2} (d - d')}{0,7 \cdot U_{ct} + A_s \cdot f_{yc, d} + U_{s2}} \quad [20]$$

3.4. Comprobación de borde.

Si no se cumple la relación [20], la compresión no es simple, sino compuesta, y debe resolverse dentro de la teoría general del momento tope, con las fórmulas de los apartados que siguen.

Cuando la fuerza N_d actúa sensiblemente centrada en la sección y no es posible conocer de antemano cuál es el borde más comprimido (casos de dimensionamiento en los que alguna de las armaduras es desconocida), debe adoptarse como tal uno cualquiera de los bordes, a reserva de comprobar posteriormente que la elección ha sido acertada. Dicha comprobación es la siguiente:

La elección inicialmente hecha de borde más comprimido será correcta si se verifica $e \geq e_b$, siendo e_b el valor [20] que corresponde a la excentricidad del baricentro plástico. Si no se verifica $e \geq e_b$ el borde más comprimido es el opuesto al que se eligió inicialmente.

En los apartados siguientes se avisa en cada uno de los casos en los que es obligado hacer la comprobación de borde.

3.5. Flexión y compresión compuestas.

3.5.1. Dimensionamiento.

La armadura U_{s2} debe cumplir $U_{s2} \geq U_{s, \min}$, siendo $U_{s, \min}$ el mayor de los tres valores siguientes:

$$0; \quad 0,05 N_d; \quad U_{s, \text{crit}} = \frac{N_d \cdot e - 0,35 U_c \cdot d}{d - d'}$$

además

$$U_{s2} \leq 0,5 U_c$$

(en rigor, el valor $0,05 N_d$ es de obligada consideración tan sólo en compresión compuesta, pudiendo prescindirse de él en flexión compuesta).

Caso A: La armadura U_{s2} es dada.

$$1.^\circ \quad N_d - U_{s2} \geq 0,7 U_c$$

Se trata de un caso de compresión compuesta. La armadura U_{s1} trabaja en compresión y su capacidad mecánica será, por tanto $A_s \cdot f_{yc, d}$.

Se comprueba:

$$U_{s2} \geq U_{s, \min}$$

y se hace:

$$A_s \cdot f_{yc, d} = N_d - 0,7 U_c - U_{s2} \leq 0,05 N_d \quad [21]$$

Si fuese $U_{s2} > U_{s, \text{crit}}$ habría que hacer comprobación de borde (fórmula [20] citada en el apartado 3.4).

$$2.^\circ \quad N_d - U_{s2} \leq 0,45 U_c$$

se comprueba:

$$U_{s2} \geq U_{s, \min}$$

y se hace:

Fórmula exacta:

$$U_{s1} = U_c \left(1 - \sqrt{1 - 2 \frac{N_d \cdot e - U_{s2} \cdot (d - d')}{U_c \cdot d}} \right) + U_{s2} - N_d$$

Fórmula aproximada:

$$U_{s1} = 0,97 \frac{N_d \cdot e - U_{s2} \cdot (d - d')}{d} \left(1 + \frac{N_d \cdot e - U_{s2} \cdot (d - d')}{U_c \cdot d} \right) + U_{s2} - N_d \quad [22]$$

Si resulta $U_{s1} \geq 0$, se trata de un caso de flexión compuesta. La armadura U_{s1} trabaja en tracción y debe cumplir la condición $U_{s1} \leq 0,04 U_c$.

Si resulta $U_{s1} < 0$, basta con poner un mínimo de armadura. Se está al lado de la seguridad colocando el mayor de los dos valores siguientes:

$$\begin{cases} U_{s1} \geq 0,04 U_c \\ U_{s1} \geq 0,05 N_d \end{cases}$$

Si es $N_d > 0$ y el valor de U_{s1} resulta negativo (prescindiendo de la armadura mínima $0,04 U_c$ ó $0,05 N_d$), es preciso hacer comprobación de borde (apartado 3.4).

En la fórmula [22] debe entrarse con $U_{s2} > \frac{N_d \cdot e}{d - d'}$. Si fue-

se $U_{s2} > \frac{N_d \cdot e}{d - d'}$ (exceso de armadura U_{s2}) resultaría:

$$U_{s1} = \frac{N_d (e - (d - d'))}{d - d'} \leq 0,04 U_c \quad [23]$$

Si fuese $U_{s2} = U_{s, \text{crit}} = \frac{N_d \cdot e - 0,35 U_c \cdot d}{d - d'}$ (máximo aprovechamiento del hormigón) resultaría:

$$U_{s1} = 0,45 U_c + U_{s2} - N_d \leq 0,04 U_c \quad [24]$$

$$3.^\circ \quad 0,7 U_c > N_d - U_{s2} > 0,45 U_c$$

Se trata de un caso intermedio en el que, teóricamente, no es necesaria la armadura U_{s1} . Por ello se dispondrá la armadura mínima.

Se comprueba $U_{s2} > U_{s, \min}$

y se hace:

$$U_{s1} \geq \begin{cases} 0,05 N_d \\ 0,04 U_c \end{cases} \quad [25]$$

Si fuese $U_{s2} > U_{s, \text{crit}}$ habría que hacer comprobación de borde (apartado 3.4).

Caso B: La armadura U_{s2} no es dada.

Conviene hacer $U_{s2} = U_{s, \min}$ para aprovechar el hormigón al máximo.

Caso C: Dimensionamiento con armadura simétrica ($A_s = A'_s$). Las fórmulas siguientes son válidas para fuerza N_d de compresión, suponiendo

$$f_{yd} = f_{yc, d}$$

$$1.^\circ \quad N_d \leq 0,45 U_c$$

$$A'_s \cdot f_{yc, d} = \frac{N_d}{d - d'} \left(e_0 + \frac{d - d'}{2} \right) - \frac{d}{d - d'} N_d \left(1 - \frac{1}{2} \frac{N_d}{U_c} \right) \leq \begin{cases} 0,04 U_c \\ 0,05 N_d \end{cases} \quad [26]$$

estando e_0 referida al punto medio del canto total, es decir,

$$\text{siendo } e = e_0 + \frac{d - d'}{2}$$

$$2.^\circ \quad N_d \geq 0,45 U_c$$

$$A'_s \cdot f_{yc, d} = \frac{N_d}{d - d'} \left(e_0 + \frac{d - d'}{2} \right) - \frac{d}{d - d'} 0,35 U_c \leq \begin{cases} 0,04 U_c \\ 0,05 N_d \end{cases} \quad [27]$$

3.5.2. Comprobación.

Se determina primero cuál es el borde más comprimido (ver apartado 3.4).

La sección está en buenas condiciones cuando se cumplen las que en cada caso se expresan:

$$1.^{\circ} \quad N_d + U_{s1} - U_{s2} \leq 0$$

Hay exceso de armadura de compresión.

$$\left. \begin{aligned} U_{s1} &\geq 0,04 U_c \\ N_d \cdot e &\leq (N_d + U_{s1}) (d - d') \end{aligned} \right\} [28]$$

$$2.^{\circ} \quad 0 \leq N_d + U_{s1} - U_{s2} \leq 0,45 U_c$$

En este caso el agotamiento se produce en flexión compuesta

$$\left. \begin{aligned} U_{s1} &\geq 0,04 U_c \\ N_d \cdot e &\leq (N_d + U_{s1} - U_{s2}) \left(1 - \frac{N_d + U_{s1} - U_{s2}}{2 U_c} \right) d + U_{s2} (d - d') \end{aligned} \right\} [29]$$

$$3.^{\circ} \quad N_d + U_{s1} - U_{s2} \geq 0,45 U_c$$

$$\left. \begin{aligned} U_{s2} &\geq 0,05 N_d \\ N_d \cdot e &\leq 0,35 U_c \cdot d + U_{s2} (d - d') \\ N_d &\leq A_s \cdot f_{yc} \cdot d + U_{s2} + 0,7 U_c \end{aligned} \right\} [30]$$

$$U_{s1} \geq \begin{cases} 0,04 U_c \\ 0,05 N_d \end{cases} [31]$$

CAPITULO IV

Sección en T

4. Fórmulas para sección en T con acero de:

$$f_y \leq 5.000 \text{ kp/cm}^2$$

4.1. Planteamiento general.

El estudio de la sección en T se reduce al de la sección rectangular en todos los casos, y en muchos de ellos resulta más sencillo. En efecto:

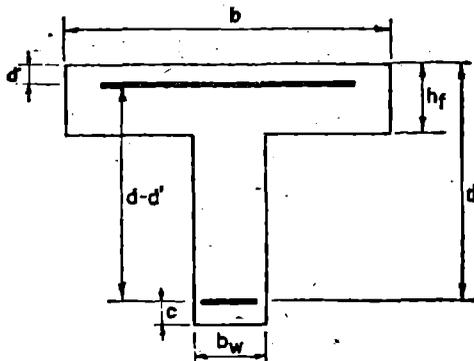


Fig. A.7.6.

A) En una sección en T armada con cualquier tipo de acero,

el valor $\left(\frac{y}{d}\right)_{\text{tope}}$ es menor que el correspondiente a una sección rectangular de anchura b y canto útil d , armada con el mismo acero. Por tanto, la necesidad de recurrir a la ecuación de compatibilidad de deformaciones para encontrar el valor de la tensión de la armadura de tracción (caso B.2 a del subapartado 1.4 de este anejo) se presenta en menos ocasiones en las secciones en T, y, naturalmente, no se presenta nunca con aceros de $f_y \leq 5.000 \text{ kp/cm}^2$.

En lo sucesivo se supone $f_y \leq 5.000 \text{ kp/cm}^2$.

B) Si la profundidad de la zona comprimida de hormigón es menor o igual que el espesor de la cabeza de la sección, es decir, si:

$$\frac{y}{d} \leq \frac{h_f}{d} [32]$$

la sección se comporta como una rectangular de anchura b y canto d , pudiendo utilizarse las ecuaciones correspondientes expuestas en el apartado 3 anterior, pero teniendo en cuenta que el valor del momento tope es diferente dada la forma de la sección.

C) Si la profundidad de la zona comprimida de hormigón es mayor que el espesor de la cabeza de la sección (caso poco

frecuente en flexión simple, pues corresponde a secciones fuertemente armadas), es decir, si:

$$\frac{y}{d} > \frac{h_f}{d} [33]$$

la sección en T puede reducirse, para su cálculo, a una sección rectangular (salvo para calcular el valor del momento tope, que debe hallarse directamente en la sección en T) de dos maneras distintas, a saber:

C-1) Se considera la parte de las alas que sobresale del alma como una armadura de compresión ficticia U_{2f} de valor:

$$U_{2f} = (b - b_w) h_f \cdot f_{cd} [34]$$

colocada a una distancia $\frac{h_f}{2}$ del borde más comprimido. La

sección rectangular equivalente tiene entonces una anchura b_w , un canto útil d y una armadura virtual de compresión igual a:

$$U_{2v, tot} = U_{2 \text{ real}} + U_{2f} [35]$$

C-2) Se considera la totalidad de las alas como una armadura de compresión ficticia $U_{2f, tot}$ de valor:

$$U_{2f, tot} = b \cdot h_f \cdot f_{cd} [36]$$

colocada en la misma posición del caso anterior. La sección rectangular equivalente tiene, entonces, una anchura b_w , un canto útil $d - h_f$ y una armadura virtual de compresión igual a:

$$U_{2v, tot} = U_{2 \text{ real}} + U_{2f, tot} [37]$$

colocada fuera de la sección, lo que no afecta al cálculo de la misma.

De todo lo expuesto resultan las fórmulas prácticas de los subapartados siguientes.

4.2. Valores de partida y comprobación de borde.

La contribución del hormigón al momento tope en una sección en T vale:

$$M_c = 0,7 f_{cd} \left[b h_f \left(d - \frac{h_f}{2} \right) + 0,5 b_w (d - h_f)^2 \right] [38]$$

y considerando la armadura de compresión, el momento tope M_{tope} resulta:

$$M_{\text{tope}} = M_c + U_{s2} (d - d') [39]$$

El área útil de la sección vale:

$$A_{ce} = b h_f + b_w (d - h_f) [40]$$

y el área total:

$$A_c = b \cdot h_f + b_w (h - h_f) [41]$$

En los subapartados 4.3 y 4.4 se dan fórmulas válidas para el caso general; y en el subapartado 4.5 se definen las secciones en T normales y se dan fórmulas simplificadas para su cálculo en flexión simple.

Para todo lo que sigue, se supone que el borde más comprimido es el correspondiente a las alas (sección en T propiamente dicha), es decir, no se trata el caso de secciones en T invertidas. La comprobación correspondiente se realiza verificando que $e \geq e_b$, siendo:

$$e_b = \frac{M_{\text{tope}} - 0,35 f_{cd} b_w \cdot c^2}{0,7 f_{cd} A_c + A_s \cdot f_{yc} \cdot d + U_{s2}} [42]$$

En las fórmulas siguientes se advierte, en los lugares oportunos, cuándo es necesario realizar la comprobación de borde.

4.3. Flexión simple, o compuesta con fuerza N_d , actuando fuera de canto útil.

Incluye los dos casos siguientes:

$$\left. \begin{aligned} N_d &\geq 0 \\ e &\geq d \end{aligned} \right\} \begin{aligned} N_d &< 0 \\ e &< 0 \end{aligned}$$

Las fórmulas que siguen son válidas para flexión simple, haciendo en ellas:

$$N_d = 0 \quad \text{y} \quad N_d \cdot e = M_d$$

4.3.1. Dimensionamiento.

La armadura U_{s2} debe cumplir:

$$U_{s2} \geq U_{s, \text{min}} = \frac{N_d \cdot e - M_c}{d - d'} \leq 0$$

Caso A: La armadura U_{s2} es dada.

Se define el valor:

$$M_o = U_{s2} (d - d') + f_{cd} \cdot b \cdot h_f \left(d - \frac{h_f}{2} \right)$$

que representa el momento de la armadura virtual $U_{2v, tot}$, fórmula [37], respecto al c. de g. de la armadura U_{s1} .

Pueden ocurrir dos casos:

$$1.^\circ \quad N_d \cdot e \leq M_o$$

La zona comprimida de hormigón se localiza en las alas ($y \leq h_f$).

Se comprueba:

$$U_{s2} \geq U_{s, \min}$$

y se toma:

$$U_{s1} = 0,97 \frac{N_d \cdot e - U_{s2} (d - d')}{d} \left(1 + \frac{N_d \cdot e - U_{s2} (d - d')}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} \right) + U_{s2} - N_d \leq 0,04 f_{cd} \cdot A_{ce} \quad [44]$$

En la fórmula [44] debe entrarse con $U_{s2} > \frac{N_d \cdot e}{d - d'}$. Si fuese

$$U_{s2} \geq \frac{N_d \cdot e}{d - d'} \text{ (exceso de armadura } U_{s2}) \text{ resultaría:}$$

$$U_{s1} = \frac{N_d \cdot e}{d - d'} \text{ (exceso de armadura } U_{s2}) \text{ resultaría:}$$

$$U_{s1} = \frac{N_d [e - (d - d')]}{d - d'} \leq 0,04 f_{cd} \cdot A_{ce} \quad [45]$$

$$2.^\circ \quad N_d \cdot e \geq M_o$$

La zona comprimida de hormigón se extiende al alma ($y \geq h_f$).

Se comprueba:

$$U_{s2} \geq U_{s, \min}$$

y se toma:

$$U_{s1} = 0,97 \frac{N_d \cdot e - M_o}{d \cdot h_f} \left(1 + \frac{N_d \cdot e - M_o}{f_{cd} \cdot b_w (d - h_f)^2} \right) + f_{cd} \cdot b \cdot h_f + U_{s2} - N \leq 0,04 f_{cd} \cdot A_{ce} \quad [46]$$

Caso B: la armadura U_{s2} no es dada.

Conviene hacer $U_{s2} = U_{s, \min}$ para aprovechar el hormigón al máximo.

4.3.2. Comprobación.

La sección está en buenas condiciones cuando se cumple que:

$$U_{s1} \geq 0,04 f_{cd} \cdot A_{ce} \quad [47]$$

y además, lo que en cada caso se indica a continuación.

$$1.^\circ \quad N_d + U_{s1} - U_{s2} \leq 0$$

Hay exceso de armadura de compresión.

$$N_d \cdot e \leq (N_d + U_{s1}) (d - d') \quad [48]$$

$$2.^\circ \quad 0 \leq N_d + U_{s1} - U_{s2} \leq f_{cd} \cdot b \cdot h_f$$

La zona comprimida de hormigón se localiza en las alas ($y \leq h_f$).

$$N_d \cdot e \leq (N_d + U_{s1} - U_{s2}) \left(d - \frac{N_d + U_{s1} - U_{s2}}{2 f_{cd} \cdot b \cdot d} \right) d + U_{s2} \cdot (d - d') \geq M_{tope} \quad [49]$$

$$3.^\circ \quad N_d + U_{s1} - U_{s2} \geq f_{cd} \cdot b \cdot h_f$$

La zona comprimida de hormigón se extiende al alma ($y \geq h_f$). Se calcula:

$$U_o = N_d + U_{s1} - U_{s2} - f_{cd} \cdot b \cdot h_f \geq f_{cd} \cdot b_w (d - h_f) \quad [50]$$

y la condición es:

$$N_d \cdot e \leq f_{cd} \cdot b \cdot h_f \left(d - \frac{h_f}{2} \right) + U_{s2} (d - d') + U_o \left(d - h_f - \frac{U_o}{2 f_{cd} \cdot b_w} \right) \geq M_{tope} \quad [51]$$

4.4. Flexión o compresión compuestas, con fuerza N_d de compresión ($N_d > 0$) actuando dentro del canto útil.

Incluye los casos: $\begin{cases} N_d > 0 \\ e < d \end{cases}$

4.4.1. Dimensionamiento.

La armadura U_{s2} debe cumplir $U_{s2} \geq U_{s, \min}$ siendo $U_{s, \min}$ el mayor de los valores siguientes:

$$0,05 N_d; \quad U_{s, \text{crit}} = \frac{N_d \cdot e - M_c}{d - d'}$$

Caso A: La armadura U_{s2} es dada.

Se define el valor:

$$U_n = N_d - 0,7 f_{cd} \cdot A_{ce} - U_{s2} \quad [52]$$

y pueden distinguirse dos casos:

$$1.^\circ \quad U_n \geq 0$$

Se trata de un caso de compresión compuesta. La armadura U_{s1} trabaja en compresión y su capacidad mecánica será, por tanto, $A_s \cdot f_{yc, d}$.

Se comprueba:

$$U_{s2} \geq U_{s, \min}$$

y se toma:

$$A_s \cdot f_{yc, d} = U_n \leq 0,05 N_d \quad [53]$$

Debe hacerse comprobación de borde (subapartado 4.2), salvo en el caso de ser $U_{s2} = U_{s, \min} = U_{s, \text{crit}}$.

$$2.^\circ \quad U_n < 0$$

Se calcula U_{nn} que es el valor de U_{s1} dado por las fórmulas [44] o [46], según el caso, prescindiendo de la condición $U_{s1} \leq 0,04 f_{cd} \cdot A_{ce}$.

Si resulta $U_{nn} < 0$, debe hacerse:

$$U_{s1} \begin{cases} 0,05 N_d \\ 0,04 f_{cd} \cdot A_{ce} \end{cases} \quad [55]$$

y debe comprobarse el borde (subapartado 4.2).

Caso B: La armadura U_{s2} no es dada.

Conviene hacer $U_{s2} = U_{s, \min}$ para aprovechar el hormigón al máximo.

4.4.2. Comprobación.

Se comprobará inicialmente que el borde más comprimido es el correspondiente a las alas. Para ello es de aplicación el subapartado 4.2.

La armadura U_{s2} debe cumplir $U_{s2} \geq U_{s, \min}$ (véase 4.4.1, dimensionamiento).

Cumplida esta condición, se halla el valor de U_{s1} mediante las fórmulas de dimensionamiento para la U_{s2} dada. Si el valor de U_{s1} así calculado es igual o menor que el dado, la sección está en buenas condiciones.

4.5. Secciones en T normales en flexión simple.

Se denomina sección en T normal aquella que cumple:

$$b \cdot h_f \left(d - \frac{h_f}{2} \right) \leq \frac{7}{6} b_w (d - h_f)^2 \quad [56]$$

Dicha relación equivale a decir que $y_{tope} \geq h_f$ y se cumple en cualquiera de los tres casos particulares siguientes:

$$a) \quad \frac{h_f}{d} \leq 0,25 \text{ con } \frac{b_w}{b} \geq 0,33. \quad [57]$$

$$b) \quad \frac{h_f}{d} \leq 0,20 \text{ con } \frac{b_w}{b} \geq 0,24. \quad [58]$$

$$c) \quad \frac{h_f}{d} \leq 0,15 \text{ con } \frac{b_w}{b} \geq 0,16. \quad [59]$$

Las fórmulas que siguen son aproximadas, por el lado de la seguridad. En ellas se cuenta como zona de hormigón disponible en la cabeza de compresión únicamente la que corresponda a las alas.

4.5.1. Dimensionamiento.

La armadura U_{s2} debe cumplir $U_{s2} \geq U_{s, \min}$, siendo:

$$U_{s, \min} = \frac{M_d - f_{cd} \cdot b \cdot h_f \left(d - \frac{h_f}{2} \right)}{(d - d')} \leq 0 \quad [60]$$

Caso A: La armadura U_{s2} es dada.

Se comprueba:

$$U_{s2} \geq U_{s, \min}$$

y se toma:

$$U_{s1} = 0,97 \frac{M_d - U_{s2} \cdot (d - d')}{d} \left(1 + \frac{M_d - U_{s2} \cdot (d - d')}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} \right) + U_{s2} \leq 0,04 f_{cd} \cdot A_{ce} \quad [61]$$

En la fórmula [61] debe entrarse con $U_{s2} > \frac{M_d}{d - d'}$. Si fuese

$$U_{s2} \geq \frac{M_d}{d - d'} \text{ (exceso de armadura } U_{s2}) \text{ resultaría:}$$

$$U_{s1} = \frac{M_d}{d - d'} \leq 0,04 f_{cd} \cdot A_{ce} \quad [62]$$

Caso B: La armadura U_{s2} no es dada. Conviene hacer $U_{s2} = U_{s1}$ para aprovechar el hormigón al máximo.

4.5.2. Comprobación

Siendo M_u el momento de agotamiento, debe ser:

$$M_d \leq M_u = (U_{s1} - U_{s2}) \left(1 - \frac{U_{s1} - U_{s2}}{2 f_{cd} \cdot b \cdot d} \right) d + U_{s2} \cdot (d - d') \quad [63]$$

$$\text{con } \begin{cases} U_{s2} \geq U_{s1} \\ U_{s1} \geq f_{cd} \cdot b \cdot h_f + U_{s2} \end{cases}$$

debiéndose verificar, además, la condición de armadura mínima:

$$U_{s1} \geq 0,04 f_{cd} \cdot A_{ce}$$

Si fuese $U_{s2} \geq U_{s1}$ (exceso de armadura de compresión) resultaría:

$$M_u = U_{s1} \cdot (d - d') \text{ con } U_{s1} \geq 0,04 f_{cd} \cdot A_{ce} \quad [64]$$

Si fuese $U_{s1} \geq f_{cd} \cdot b \cdot h_f + U_{s2}$ (exceso de armadura de tracción), resultaría:

$$M_u = f_{cd} \cdot b \cdot h_f \left(d - \frac{h_f}{2} \right) + U_{s2} \cdot (d - d') \quad [65]$$

M^o DE ECONOMIA Y COMERCIO

715

CORRECCION de errores del Real Decreto 2566/1980, de 7 de noviembre, por el que se reestructuran los capítulos del Arancel de Aduanas 1, 2, 4 y 5 de la sección I (Animales vivos y productos del reino animal) y los capítulos 6 a 14 de la sección II (Productos del reino vegetal).

Padecidos errores en la inserción del anejo del Real Decreto 2566/1980, de 7 de noviembre, publicado en el «Boletín Oficial del Estado» número 287, de 29 de noviembre de 1980, páginas 28453 y siguientes, se transcriben a continuación las oportunas correcciones, referidas a las partidas y subpartidas arancelarias afectadas:

Partida 01.01, donde dice: «Caballos, asnos y mulos vivos», debe decir: «Caballos, asnos y mulos, vivos».

Partida 01.05.B.V.b), donde dice: «Los demás», debe decir: «Las demás».

Partidas 02.01.A.II.a).1 y 02.01.A.II.b).1, donde dice: «En canales, medias canales o cuartos, llamados compensados», debe decir: «En canales, medias canales o cuartos llamados compensados».

Partida 02.01.A.III.a).1, donde dice: «En canales o medios canales, incluso sin cabeza, patas ni manteca», debe decir: «En canales o medias canales, incluso sin cabeza, patas ni manteca».

Partida 02.01.B.II.c).1, donde dice: «Cabezas y trozos de cabeza, papadas», debe decir: «Cabezas y trozos de cabeza; papadas».

Partida 02.01.B.II.c).2, donde dice: «Patas, rabos», debe decir: «Patas; rabos».

Partida 02.01.B.II.c).5, donde dice: «Corazones, lenguas, pulmones», debe decir: «Corazones; lenguas; pulmones».

Partida 02.02.B.II.c), donde dice: «Troncos, cuellos, troncos con cuello, rabadillas, puntas de alas», debe decir: «Troncos; cuellos; troncos con cuello; rabadillas; puntas de alas».

Partida 02.06.B.II.a), donde dice: «Cabezas y trozos de cabeza, papadas», debe decir: «Cabezas y trozos de cabeza; papadas».

Partida 02.06.B.II.b), donde dice: «Patas, rabos», debe decir: «Patas; rabos».

Partida 02.06.B.II.e), donde dice: «Corazones, lenguas, pulmones», debe decir: «Corazones; lenguas; pulmones».

Capítulo 4. Notas complementarias: 7. En la quinta línea del párrafo único, donde dice: «tener un peso neto de 150, 170, 200 gramos o múltiplos de 50 gramos a partir del último», debe decir: «tener un peso neto de 150, 170, 200 gramos o múltiplos de 50 gramos a partir de este último».

Partidas 05.14.B y 05.15.B, donde dice: «Las demás», debe decir: «Los demás».

Partida 06.04.B.II, donde dice: «Simplemente frescos», debe decir: «Simplemente secos».

Partida 07.01.G, donde dice: «VI», debe decir: «IV».

Partida 07.05.A.III.b), donde dice: «Las demás: 1. Habas. 1. Habas», debe decir: «Las demás: 1. Habas. 2. Las demás».

Partida 07.06.A, donde dice: «Raíces de mandioca, arrurruz, salen y demás raíces, etc.», debe decir: «Raíces de mandioca, arrurruz, salep y demás raíces, etc.».

Partida 08.07, donde dice: «Frutas de hueso frescas», debe decir: «Frutas de hueso, frescas».

Partida 08.11.A donde dice: «Albaricoques-1», debe decir: «Albaricoques-libre».

Partida 08.11.D, donde dice: «Arándanos o murtones (fruto del Vaccinium myrtillus)-libre», debe decir: «Arándanos o murtones (fruto del Vaccinium myrtillus)-1».

Partida 12.08.C.I, donde dice: «Sin moldear, quebrantar ni moler», debe decir: «Sin mondar, quebrantar ni moler».

II. Autoridades y personal

NOMBRAMIENTOS, SITUACIONES E INCIDENCIAS

JEFATURA DEL ESTADO

716

REAL DECRETO 52/1981, de 9 de enero, por el que se nombra Magistrado del Tribunal Constitucional a don Antonio Truyol y Serra.

De conformidad con lo dispuesto en los artículos ciento cincuenta y nueve de la Constitución y dieciséis de la Ley Orgánica del Tribunal Constitucional, a propuesta del Congreso de los Diputados y previa verificación de su constitucionalidad por el Pleno de dicho Alto Tribunal, con arreglo a lo establecido en los artículos dos, apartado uno, g), y diez, apartado f), de la mencionada Ley Orgánica,

Vengo en nombrar a don Antonio Truyol y Serra Magistrado del Tribunal Constitucional.

Dado en Madrid a nueve de enero de mil novecientos ochenta y uno.

JUAN CARLOS R.

El Presidente del Gobierno,
ADOLFO SUAREZ GONZALEZ

M^o DE ASUNTOS EXTERIORES

717

REAL DECRETO 53/1981, de 9 de enero, por el que se nombra Embajador de España en Misión Extraordinaria a don Carlos Sentis Anfruns.

A propuesta del Ministro de Asuntos Exteriores y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día nueve de enero de mil novecientos ochenta y uno,

D I S P O N G O :

Artículo primero.—Se nombra Embajador de España en Misión Extraordinaria a don Carlos Sentis Anfruns.

Artículo segundo.—Por el Ministerio de Hacienda se habilitarán y transferirán al de Asuntos Exteriores las dotaciones necesarias para atender el nombramiento que antecede en la cuantía procedente.

Dado en Madrid a nueve de enero de mil novecientos ochenta y uno.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de Asuntos Exteriores,
JOSE PEDRO PEREZ-LLORCA Y RODRIGO