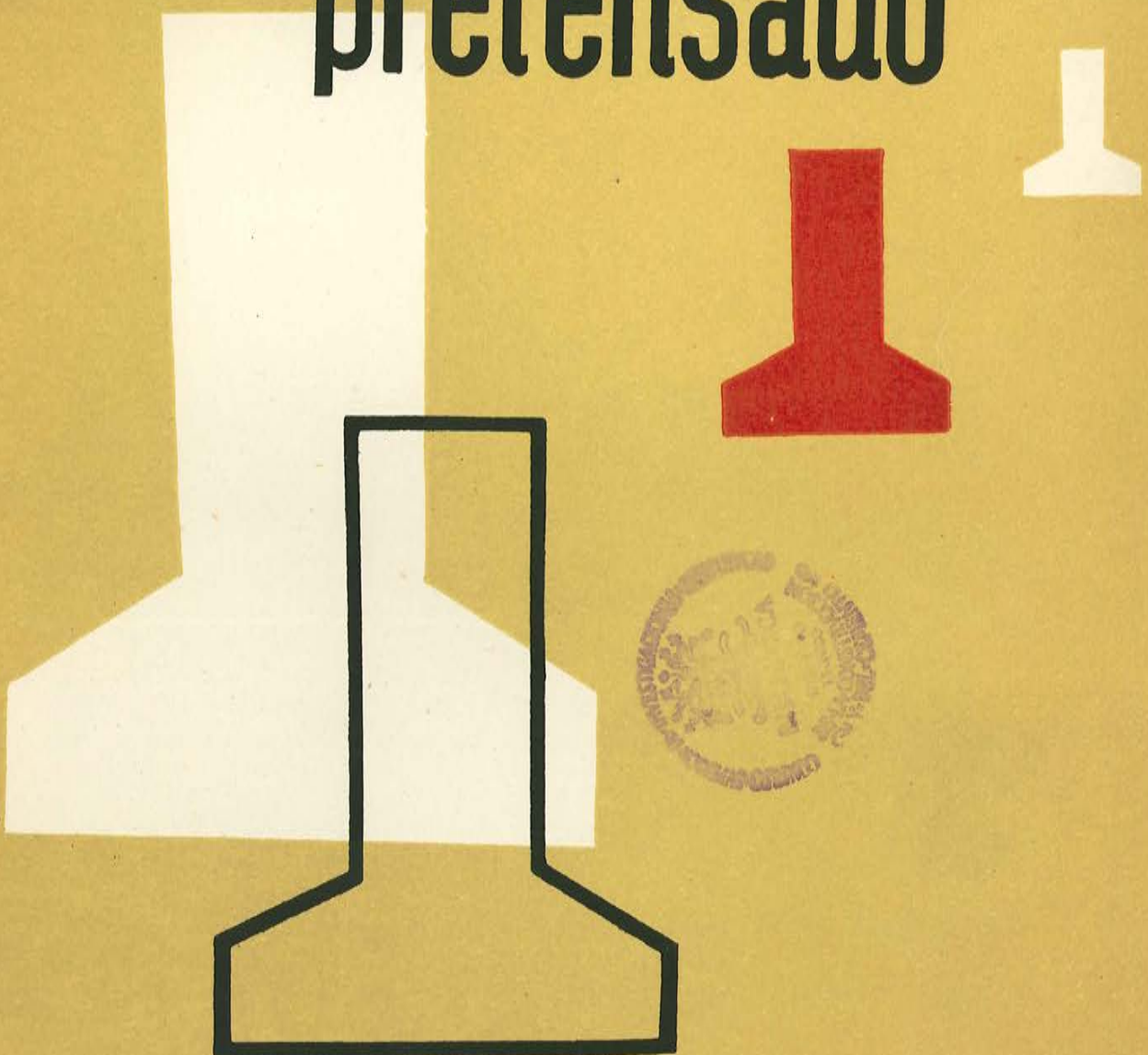
ULTIMAS NOTICIAS SOBRE

hormigón pretensado



BOLETIN NUM. 29 DE LA ASOCIACION ESPAÑOLA DEL HORMIGON PRETENSADO
DEL INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

Patronato "Juan de la Cierva" de Investigación Técnica

U L T I M A S N O T I C I A S

Técnicas en Estructuras

Hormigón Pretensado

Boletín de circulación limitada

Nº 29

Noviembre-Diciembre 1955

- INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO -

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

Patronato "Juan de la Cierva" de Investigación Técnica

U L T I M A S N O T I C I A S

Técnicas en Estructuras

Hormigón Pretensado

Boletín de circulación limitada

Nº 29

Noviembre-Diciembre 1956

- INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO -

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

I N D I C E

		Pág.
457-9-1	Estudio comparativo de las instrucciones de diversos países, relativas al hormigón pretensado.- A. Paduart	1
837-0-2	Influencia de la inyección y de los anclajes en el comportamiento de los elementos de hormigón pretensado.- 1ª parte.- B. Kelopuu	38

- - -

Notas: El Instituto, una de cuyas finalidades es divulgar los trabajos de investigación sobre la construcción y edificación, no se hace responsable del contenido de ningún artículo, y el hecho de que patrocine su difusión no implica, en modo alguno, conformidad con la tesis expuesta.

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

457-9-1 ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS INSTRUCCIONES DE DIVERSOS PAISES, RELATIVAS AL HORMIGON PRETENSADO

(Analyse comparative des prescriptions concernant le béton précontraint dans divers pays)

Por André Paduart

COMUNICACION "A" DEL SEGUNDO CONGRESO DE LA FEDERACION INTERNACIONAL DEL PRETENSADO - AMSTERDAM, Septiembre 1955

- S i n o p s i s -

El autor del presente informe hace un estudio comparativo de los diversos reglamentos, sobre hormigón pretensado, actualmente vigentes, y considera, dicho estudio, de gran interés para las comisiones que, en los diferentes paises, se ocupan de redactar las instrucciones relativas a este sistema de construcción. También aboga por la creación, en el seno de la Federación Internacional del Pretensado, de una comisión, en la que estén representadas todas las naciones, encargada de publicar unas normas de carácter general.

- - -

I Introducción

1.1 - Plan del estudio comparativo

Habiendo tenido la oportunidad de poder comparar las instrucciones relativas al hormigón pretensado, publicadas en siete paises, se presenta a continuación una lista completa de dichas normas.

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

En el estudio efectuado, se han considerado, sucesivamente, los distintos puntos que han sido objeto de reglamentación, recopilándose las prescripciones que sobre cada uno de dichos puntos se han publicado. Cada prescripción va precedida de una letra, que designa el país que la ha introducido.

Unicamente se han tenido en cuenta las cuestiones que han sido objeto de reglamentación en dos países, por lo menos. Por otra parte, tampoco se han analizado los artículos que, por su evidencia, no pueden suscitar ninguna discusión y que, en realidad, no son más que consejos o normas de carácter práctico. Entre éstos se encuentran, por ejemplo: los relativos a la rigidez y a la impermeabilidad de los moldes y fundas; a las precauciones que se deben tomar contra las heladas; a la manipulación de los elementos prefabricados; etc.

Con el fin de facilitar la comparación, de las distintas normas, se han efectuado, en algunas ocasiones, cambios en la forma del texto; pero, en ningún caso, se ha alterado su sentido. Así, por ejemplo, se ha procurado unificar las notaciones y a lo largo de este trabajo sólo se emplean los términos que se indican en el apartado 1-3; igualmente, se han transformado las expresiones fraccionarias en los números decimales equivalentes, cuando esto resulta ventajoso.

Se ha procurado dar a este informe la forma más completa y, al propio tiempo, más concisa posible, con el fin de poner mejor en evidencia las diferencias que existen entre las prescripciones de los distintos países.

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

Se designa con el término de "pre-tesado" el procedimiento, según el cual, los cables se tesan antes de hormigonar, realizándose el anclaje por adherencia; y con el de "pos-tesado" al sistema en el que la puesta en carga de los cables se efectúa después de haber fraguado el hormigón.

1.2 - Relación de los trabajos consultados y de las letras de referencia que a cada uno se le asigna

B	Bélgica	Instructions relatives au béton précontraint (Bureau SECO) (Enero 1954). Instructions relatives au béton armé (Instituto Belga de Normalización) (5ª ed. 1955).
D	Alemania	Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton-Spannbeton-Richtlinien für Bemessung und Ausführung (DIN 4227) (Octubre 1953).
F	Francia	Instructions provisoires relatives à l'emploi du béton précontraint (Circular nº 141 del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Turismo) - (26 de octubre 1953).
G.B.	Gran Bretaña	First report on prestressed concrete (Institution of Structural Engineers) (Septiembre 1951) Code of pratice for prestressed concrete (Texto provisional).
I	Italia	Instructions pour l'emploi des constructions en béton armé précontraint (Prof. Ing. Giorgio Dardanelli) (Texto provisional).

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

N.L. Países Bajos — Richtlijnen voor toelaatbare spanningen en de veiligheidscoëfficient bij constructies in voorgespannen beton (STUVO, Texto provisional) (noviembre 1954).
Voorlopige Keuringsvoorschriften voor hoogwaardig staal voor voorgespannen beton (comissie Betonstaal) (20 Diciembre 1954).

U.S. Estados Unidos — Criteria for prestressed concrete bridges (U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads. Washington) (1954).

1.3 - Notaciones adoptadas

M_q Momento flector máximo bajo carga permanente.
M_s " " " debido a las sobrecargas móviles.
$M_{q+s} = M_q + M_s$ Momento flector máximo total.
M_f Momento flector de fisuración.
M_r " " de rotura.
M_{ra} " " " (por rotura del acero).
M_{rb} " " " (por rotura del hormigón).
σ_p Tensión producida en el hormigón por el pretensado.
σ_q " " " " por la carga permanente.
σ_s " " " " por las sobrecargas móviles.
σ_a " en el acero.
σ_{al} " final en el acero de pretensado.
σ_{ar} " en el acero en el momento de la rotura por flexión de la viga.
R'_{br} Carga de rotura del hormigón, por compresión, en probeta cúbica.

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

R_{br} Carga de rotura del hormigón por tracción.

R'_{br28} Valor, a los 28 días, de R'_{br}.

$R'_{br\infty}$ Valor final de R'_{br}.

$R'_{br\,cil.}$ Carga de rotura del hormigón, por compresión, en probeta cilíndrica.

$R'_{br\,cil.\,28}$ Valor, a los 28 días, de $R'_{br\,cil.}$

E_b Módulo de elasticidad del hormigón.

Ψ Coeficiente de deformación lenta, es decir: la relación entre la deformación instantánea y la deformación diferida (deformación final menos deformación instantánea).

R_{ae} Límite elástico del acero.

$R_{ao(x\%)}$ Límite convencional de elasticidad del acero definido por un alargamiento remanente del x %.

R_{ar} Tensión de rotura del acero en tracción.

h Canto total de una sección sometida a flexión.

h_u Canto útil (distancia entre el centro de gravedad de la armadura y el borde opuesto).

h_o Espesor del ala de una sección en T.

d Diámetro de una armadura (alambre o barra).

$\mathcal{A}$ Area de una sección transversal.

2 Normas relativas a la calidad de los materiales

2.1 - Calidad del hormigón

2.11 - Dosificación mínima de cemento

F 400 Kg/m^3, salvo derogación.

G.B. Pre-tesado 375 Kg/m^3

Pos-tesado 325 Kg/m^3

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

2.12 - Resistencia mínima del hormigón

2.121 - Resistencia mínima a los 28 días

G.B. Pretesado: 420 Kg/cm^2 (en probeta cúbica).

Objeto de esta prescripción: no solamente asegurar la resistencia de la obra, sino también disminuir las deformaciones originadas por la deformación lenta y la retracción.

Si el diámetro de los alambres utilizados es inferior a 5 milímetros, dicho valor puede reducirse.

I 356 Kg/cm^2 (en probeta cúbica).

N.L. 200 Kg/cm^2 (en probeta cúbica).

2.122 - Resistencia mínima en el momento de la puesta en carga

D Se consideran las tres clases, de hormigón, siguientes:

B 300 ; 240 Kg/cm^2
B 450 ; 360 Kg/cm^2
B 600 ; 480 Kg/cm^2
} (en probeta cúbica)

Se permite ejecutar un pretensado parcial a partir del momento en que el hormigón alcanza una resistencia igual al 50 % de los valores antes prescritos, a condición de que las tensiones aplicadas no excedan del 30 % de las tensiones normales admisibles.

G.B. Pre-tesado 280 Kg/cm^2 (en probeta cúbica).

U.S. 245 Kg/cm^2 (en probeta cilíndrica).

2.2 - Calidad de los aceros para pretensado

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

2.21 - Definición del límite elástico (valor del alargamiento remanente)

B 0,2 %
D 0,2 %
F 0,2 %
G.B. 0,1 %
I 0,1 % y 0,2 %
N.L. 0,05 %
U.S. 0,2 %

2.22 - Tensión de rotura

I $R_{ar} \geq 1,1\ R_{ae}$ (0,2 %)
N.L. $R_{ar} \geq 1,43\ R_{ae}$ (0,05 %) para el alambre estirado.
$1,13\ R_{ae}$ (0,05 %) para el alambre estirado y trabajado.
$1,11\ R_{ae}$ (0,05 %) para el alambre laminado.

2.23 - Alargamiento mínimo, en rotura

B 6 %, medido sobre una longitud igual a $8,16\sqrt{\Omega}$
I 2,25 % + 0,25 d (en mm), medidos sobre una longitud igual a 50 milímetros + $11,3\sqrt{\Omega}$
N.L. 5 % para los alambres trefilados y 6 % para los laminados, medido sobre una longitud igual a $11,3\sqrt{\Omega}$
U.S. Para los alambres: 3 %, medido sobre una longitud igual a 253 mm
Para las barras: 4 %, medido sobre una longitud igual a $22,6\sqrt{\Omega}$

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

2.24 - Ensayos de plegado

B Para piezas sometidas a cargas repetidas: se doblarán 8 veces a 90° sobre una barra de diámetro igual a 6 d .

F Pueden exigirse para los aceros que no hayan sido aún utilizados o que sólo se hayan empleado en raras ocasiones.

I Se doblarán 4 veces a 90° sobre una barra de diámetro igual a 4 d .

N.L. Se doblarán una vez a 180° sobre una barra de diámetro igual a
{2,5 d, para el alambre trefilado
{ 5 d, para el alambre laminado y

25 veces a 90° los alambres trefilados
15 veces a 90° los alambres trefilados y trabajados
8 veces a 90° los alambres laminados
} sobre una barra de diámetro igual a 14d

2.25 - Ensayo a la fatiga

I Se prescribe el ensayo de fatiga alternativa cuando la tensión, durante la vida de servicio de la estructura, sufra oscilaciones superiores a 10 Kg/mm^2.
El coeficiente de seguridad debe ser igual a 2 para 10^6 oscilaciones.

2.26 - Tolerancias en los diámetros

I 2 %, por exceso, sobre el diámetro.

N.L. Alambre estirados: 4 %, por exceso, y 2 %, por defecto, sobre la sección. En una sección cualquiera los espesores no pueden di-

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

ferir en más del 4 %.

Alambre laminado: 10 %, por exceso, y 2 %, por defecto, sobre la sección.

En una sección cualquiera, los espesores no pueden diferir en más del 10 %.

U.S. 0,075 mm por exceso, o por defecto, sobre el diámetro.

2.27 - Estado de la superficie

D Los alambres no deben presentar defectos superficiales ni señales de oxidación.

G.B. Los alambres que hayan de quedar embebidos en el hormigón deben de estar desengrasados y limpios; no se toleran películas de herrumbre que puedan desprenderse; si la herrumbre está muy bien adherida puede ser favorable.

I No se admitirá que los alambres presenten señales de corrosión, ni defectos superficiales aparentes. Se puede tolerar una oxidación que desaparezca completamente al frotarla con un trapo seco.

N.L. Los alambres no presentarán defectos apreciables a simple vista, su superficie estará perfectamente limpia y poco corroída.

U.S. Superficie lisa, sin graves defectos.

2.28 - Aceros laminados en caliente

B Se prescribe el empleo de aceros laminados en caliente.

D Se admite el empleo de aceros laminados en caliente.

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

N.L. Se admite el empleo de aceros laminados en caliente.

2.29 - Soldadura de los aceros de pretensado

B Se prohibe la soldadura.

N.L. Se prohibe la soldadura.

3 Prescripciones relativas a las tensiones admisibles

3.1 - Compresión del hormigón sometido a flexión

3.11 - Compresión del hormigón, en el borde inferior, en el momento de la puesta en carga de las armaduras(*)

B $0,36\ R'_{br}$

Es necesario mantener durante dos días, por lo menos, después del pretensado, a lo largo de toda la viga, por su parte inferior, un soporte situado a menos de 5 cm de ella. No se pueden rebasar los 160 Kg/cm^2, excepto en el caso de que la fabricación se realice en un taller especializado.

D Para B 300 ; $0,47\ R'_{br\,28}$

Para B 450 ; $0,40\ R'_{br\,28}$

Para B 600 : $0,35\ R'_{br\,28}$

Si la sección es en T, o en forma de cajón, se deben disminuir estos valores en un $0,02\ R'_{br\,28}$, aproximadamente.

(*) Se llama "borde inferior" el que queda extendido bajo el efecto de las sobrecargas (por ejemplo: el borde inferior de una viga simplemente apoyada).

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

F $0,45\ R'_{br}$

G.B. $0,40\ R'_{br}$

I $0,42\ R'_{br}$

N.L. $45\ Kg/cm^2 + 0,30\ R'_{br}$

U.S. Pre-tesado $0,60\ R'_{br\ cil.}$

Pos-tesado $0,55\ R'_{br\ cil.}$

3.12 - Compresión del hormigón en el borde inferior, bajo las cargas normales de trabajo

B $0,28\ R'_{br}$

No se debe sobrepasar los $160\ Kg/cm^2$, salvo si se trata de piezas fabricadas en un taller especializado.

D Para B 300 ; $0,47\ R'_{br\ 28}$

Para B 450 ; $0,40\ R'_{br\ 28}$

Para B 600 ; $0,35\ R'_{br\ 28}$

Si la pieza es de sección en T, o en cajón, se deben disminuir estos valores en un $0,02\ R'_{br\ 28}$, aproximadamente.

Si la sección está sometida a flexión oblicua, la tensión admisible puede aumentarse en un $0,02\ R'_{br\ 28}$ aproximadamente, en el ángulo más comprimido.

F $0,40\ R'_{br}$

G.B. $0,33\ R'_{br\ 28}$

I $0,32\ R'_{br\ 28}$

N.L. $30\ Kg/cm^2 + 0,20\ R'_{br\ 28}$

U.S. $0,40\ R'_{br\ cil.\ 28}$

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

3.13 - Compresión del hormigón en el borde superior, bajo las cargas normales de trabajo (*)

B $0,28\ R'_{br}$

No se deben sobrepasar los 160 Kg/cm^2, salvo si se trata de piezas fabricadas en un taller especializado.

D Para B 300 ; $0,37\ R'_{br\ 28}$

Para B 450 ; $0,31\ R'_{br\ 28}$

Para B 600 ; $0,27\ R'_{br\ 28}$

Si la pieza es de sección en T, o en cajón, se deben disminuir estos valores en un $0,02\ R'_{br\ 28}$, aproximadamente.

Si el protensado produce una compresión σ_p, se puede adoptar, para la tensión resultante, el valor $0,75\ \sigma_p + \sigma_q + s$.

Si la sección está sometida a flexión oblicua, la tensión admisible puede aumentarse en un $0,02\ R'_{br\ 28}$, aproximadamente, en el ángulo más comprimido.

F $0,28\ R'_{br}$

G.B. $0,33\ R'_{br\ 28}$

I $0,32\ R'_{br\ 28}$

N.L. $30\ Kg/cm^2 + 0,20\ R'_{br\ 28}$

U.S. $0,40\ R'_{br\ cil.\ 28}$

3.2 - Compresión local del hormigón en los anclajes

B La compresión local puede aumentarse, previa justificación del ingeniero responsable. En ningún caso puede exceder de 1,75 ve

(*) El borde superior equivale al borde comprimido bajo el efecto de las sobrecargas.

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

ces la compresión admisible a flexión.

b) La compresión local admisible es igual a $\sigma\sqrt[3]{\frac{\Omega_b}{\Omega_p}}$

$$\sigma = \begin{cases} 0,27\ R'_{br\ 28} & \text{para B 300} \\ 0,24\ R'_{br\ 28} & \text{" B 450} \\ 0,22\ R'_{br\ 28} & \text{" B 600} \end{cases}$$

Ω_p = sección de contacto de la placa de anclajo con el hormigón.

Ω_b = sección máxima de hormigón que puede considerarse en el extremo de la viga, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

(1) Ω_b y Ω_p deben tener el mismo centro de gravedad.

(2) Ninguna dimensión de Ω_b puede exceder de 5 veces la dimensión correspondiente de la placa de anclaje.

(3) Si hay varias placas, y unas están próximas a las otras, las secciones Ω_b correspondientes, no pueden superponerse.

La compresión local, producida por los anclajes, sobre el hormigón que envuelve a las armaduras, no puede exceder de:

(1) Si el recubrimiento de las armaduras es igual a 2 d:

Para B 300 ; $0,40\ R'_{br\ 28}$
Para B 450 ; $0,33\ R'_{br\ 28}$
Para B 600 ; $0,30\ R'_{br\ 28}$

(2) Si el recubrimiento de las armaduras es igual a 5 d:

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

Para B 300 ; $0,47\ R'_{br\ 28}$

Para B 450 ; $0,40\ R'_{br\ 28}$

Para B 600 ; $0,37\ R'_{br\ 28}$

G.B. La compresión local admisible es igual a:

$$0,50\ R'_{br} \sqrt[3]{\frac{\Omega_c}{\Omega_p}},$$

siendo:

Ω_p = sección de contacto de la placa de anclaje con el hormigón.

Ω_c = sección cuadrada máxima de hormigón, que se puede trazar, simétricamente, en el extremo de la viga.

I La compresión local admisible es igual a $0,66\ R'_{br}$, siempre que se cumpla la doble condición de que el borde de la sección del hormigón diste, en todos sus puntos, del borde de la placa de anclaje más de 1/3 de la menor dimensión de la superficie de apoyo de dicha placa; y de que el extremo de la pieza esté convenientemente armado.

U.S. La compresión local admisible es igual a:

$$0,40\ R'_{br\ cil.\ 28} \sqrt[3]{\frac{\Omega_h}{\Omega_p}},$$

siendo:

Ω_p = sección de contacto de la placa de anclaje con el hormigón.

Ω_h = sección máxima de hormigón, concéntrica y homotética con

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

la precedente, que se puede considerar en el extremo de la viga.

En ningún caso, la tensión local, puede exceder de $R'_{br\ cil.\ 28}$

3.3 - Tracción admisible en el hormigón, sin armaduras de refuerzo, sometido a flexión

B (a) En el momento de la puesta en carga de la armadura: 0,028 R'_{br} ó 15 Kg/cm^2.

(b) Bajo las cargas normales de trabajo: 0 .

D (a) En el borde superior, antes de la aplicación de todas las cargas permanentes:

		puentes	otras estructuras
Para el hormigón	B 300 ;	0,027 $R'_{br\ 28}$	0,100 $R'_{br\ 28}$
" " "	B 450 ;	0,022 $R'_{br\ 28}$	0,085 $R'_{br\ 28}$
" " "	B 600 ;	0,020 $R'_{br\ 28}$	0,075 $R'_{br\ 28}$

(b) En el borde superior, cuando actúan todas las cargas permanentes:

puentes	otras estructuras
0	0

(c) En el borde inferior, después de aplicar las sobrecargas principales:

puentes	otras estructuras
0	0

(d) En el borde inferior, después de aplicar todas las sobrecargas, incluso las accidentales:

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

	puentes	otras estructuras
Para el hormigón B 300 ;	0,050 $R'_{br\ 28}$	0,067 $R'_{br\ 28}$
" " " B 450 ;	0,045 $R'_{br\ 28}$	0,055 $R'_{br\ 28}$
" " " B 600 ;	0,042 $R'_{br\ 28}$	0,050 $R'_{br\ 28}$

F Se prohiben las tensiones de tracción y se prescribe que la tensión mínima de compresión en el borde inferior debe ser, al menos, igual al 8 % de la tensión máxima de compresión en dicho borde.

Excepción: para las obras protegidas de la intemperie y cuya estabilidad no afecte a la seguridad pública, se puede admitir una tracción igual a 0,28 R_{br}.

G.B. Se admiten las tensiones de tracción, tanto en el momento de la puesta en carga de la armadura como después de la entrada en servicio de la pieza, salvo en el caso de que se trate de estructuras que deban ser impermeables, o que hayan de quedar particularmente expuestas a la corrosión de los aceros.

I (a) En el momento de la puesta en carga de la armadura: 0,42 R_{br} ó 0,035 R'_{br}.

(b) Durante su vida de servicio: 0,32 R_{br} ó 0,027 R'_{br}.

La tensión de tracción no podrá sobrepasar jamás los 10 Kg/cm^2. No se admite ninguna tensión de tracción cuando se trata de piezas construídas a base de bloques prefabricados.

N.L. (a) Durante la construcción: 5 Kg/cm^2 + 0,010 $R'_{br\ 28}$ ó 10 Kg/cm^2.

(b) Durante su vida de servicio:

bajo el peso propio o bajo las sobrecargas permanentes: 0

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

bajo sobrecargas móviles: 5 Kg/cm^2 + 0,010 $R'_{br\,28}$ ó 10 Kg/cm^2.

U.S. (a) En el momento de la puesta en carga de la armadura: 0,05 $R'_{br\,cil.}$

(b) Durante su vida de servicio: 0

3.4 - Tracción admisible en el hormigón sometido a flexión, cuando se disponen armaduras de refuerzo suficientes para absorber todas las tracciones

B (a) En el momento de la puesta en carga de la armadura:

$0,056\ R'_{br}$, con $\sigma_a = 0,9\ R_{ae}$

$0,095\ R'_{br}$ ó 50 Kg/cm^2 con $\sigma_a = 0,8\ R_{ae}$

(b) Durante su vida de servicio:

$0,028\ R'_{br}$ con $\sigma_a = 0,8\ R_{ae}$

$0,100\ R'_{br}$ con $\sigma_a = 0,6\ R_{ae}$

D Este caso no es aconsejable cuando se trata de puentes ferroviarios.

(a) En el borde superior, antes de aplicar todas las cargas permanentes:

		puentes	otras estructuras
Para el hormigón	B 300	$0,027\ R'_{br\,28}$	$0,100\ R'_{br\,28}$
" " "	B 450	$0,022\ R'_{br\,28}$	$0,085\ R'_{br\,28}$
" " "	B 600	$0,020\ R'_{br\,28}$	$0,075\ R'_{br\,28}$

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

(b) En el borde superior, después de aplicar todas las cargas permanentes:

	puentes	otras estructuras
Para el hormigón B 300	0	$0,100\ R'_{br\ 28}$
" " " B 450	0	$0,085\ R'_{br\ 28}$
" " " B 600	0	$0,075\ R'_{br\ 28}$

(c) En el borde inferior, después de aplicar las sobrecargas principales:

	puentes	otras estructuras
Para el hormigón B 300	$0,083\ R'_{br\ 28}$	$0,100\ R'_{br\ 28}$
" " " B 450	$0,067\ R'_{br\ 28}$	$0,085\ R'_{br\ 28}$
" " " B 600	$0,058\ R'_{br\ 28}$	$0,075\ R'_{br\ 28}$

(d) En el borde inferior, después de la aplicación de todas las sobrecargas, incluso las excepcionales:

	puentes	otras estructuras
Para el hormigón B 300	$0,100\ R'_{br\ 28}$	$0,133\ R'_{br\ 28}$
" " " B 450	$0,085\ R'_{br\ 28}$	$0,111\ R'_{br\ 28}$
" " " B 600	$0,075\ R'_{br\ 28}$	$0,100\ R'_{br\ 28}$

Si la sección está sometida a flexión oblicua, la tensión admisible puede aumentarse del 15 al 25 % en el ángulo más extendido.

F Durante la construcción, la estructura podrá ser, provisionalmente, calculada como si fuera de hormigón armado sometida a flexión compuesta, a condición de que nada se oponga, una vez introducido el pretensado, al cierre de las fisuras eventuales

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

y de que la anchura de dichas fisuras no exceda del 1/200 del diámetro de las armaduras ordinarias utilizadas en tracción.

I 30 Kg/cm^2.

N.I. 10 Kg/cm^2 + 0,020 $R'_{br\ 28}$ ó 20 Kg/cm^2.

U.S. 0,08 $R'_{br\ cil.\ 28}$

3.5 - Tracción admisible en el hormigón, bajo la acción del esfuerzo cortante

B (1) Sin armaduras para esfuerzo cortante: 0,0125 R'_{br}.

(2) Con estribos de acero dulce, de 1.800 Kg/cm^2 de carga de trabajo: 0,025 R'_{br}.

(3) Con estribos de acero dulce, de 1.400 Kg/cm^2 de carga de trabajo: 0,0375 R'_{br}.

D Se hace un cálculo para la carga de trabajo y otro para la de rotura.

(1) Sin armaduras para esfuerzo cortante:

	bajo las cargas de servicio	bajo la carga de rotura
Para el hormigón B 300	8 Kg/cm^2	16 Kg/cm^2
" " " B 450	9 Kg/cm^2	20 Kg/cm^2
" " " B 600	10 Kg/cm^2	24 Kg/cm^2

(2) Con una armadura capaz de absorber todas las tracciones principales que sobrepasen el 0,75 de las tensiones admisibles sin armaduras:

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

	bajo las cargas de servicio	bajo la carga de rotura
Para el hormigón B 300	16 Kg/cm^2	32 Kg/cm^2
" " " B 450	20 Kg/cm^2	40 Kg/cm^2
" " " B 600	24 Kg/cm^2	48 Kg/cm^2

.F Es necesario colocar estribos si: $\sigma_I > 0{,}082\ \sigma_{II}$, σ_I y σ_{II}, son respectivamente, los valores de las tensiones principales de - tracción y de compresión, en cualquier punto del alma de la pie za.

G.B. Sin armadura para esfuerzo cortante, bajo la carga de rotura - por flexión, la tensión σ_I no puede exceder de $0{,}5\ R_{br}$.

I (1) Sin armadura para esfuerzo cortante: 6 Kg/cm^2.

(2) Con estribos de acero dulce: 18 Kg/cm^2.

(3) Con estribos pretensados, que reduzcan σ_I a 4 Kg/cm^2: 30 Kg/cm^2.

N.L. (1) Sin armaduras para esfuerzo cortante: 5 Kg/cm^2 + $0{,}01\ R'_{br\ 28}$ ó 10 Kg/cm^2.

(2) Con estribos de acero dulce: 10 Kg/cm^2 + $0{,}02\ R'_{br\ 28}$ ó 20 Kg/cm^2.

U.S. (1) Sin armaduras para esfuerzo cortante:

bajo las cargas de servicio: $0{,}03\ R'_{br\ cil.\ 28}$.
bajo la carga de rotura: $0{,}08\ R'_{br\ cil.\ 28}$

(2) Con estribos: no existe limitación.

Se admite que las tensiones tangenciales máximas se presen

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

tan a una distancia igual a 1,5 h, del apoyo. Se recomienda que la distancia máxima entre estribos no exceda de 0,75 h y que su área, en una sección longitudinal cualquiera, no sea inferior al 0,8 ‰ de la sección transversal de la viga.

3.6 - Tracción admisible en los aceros de pretensado

B 0,60 R_{ar} y 0,80 R_{ae}.

Estos valores no son admisibles más que cuando, bajo la acción de las sobrecargas, la tensión máxima no sea más de un 10 % superior a la mínima.

D (1) Durante la introducción del pretensado: 0,80 R_{ae}.

(2) Durante la vida de servicio de la estructura: 0,55 R_{ar} y 0,75 R_{ae}.

Se admite una sobretensión local del 5 %, en las regiones donde M_s es pequeño, para compensar los rozamientos. Se admite una sobretensión del 15 % en la superficie exterior de los alambres, en las partes curvas de su trazado.

I (1) Durante la introducción del pretensado:

en el caso de armaduras pre-tesas: 0,95 R_{ar} y 130 Kg/mm^2
en el caso de armaduras pos-tesas: 0,85 R_{ar} y 120 Kg/mm^2

(2) Durante la vida de servicio de la estructura:

en el caso de armaduras pre-tesas: 0,62 R_{ar} y 105 Kg/mm^2
en el caso de armaduras pos-tesas: 0,58 R_{ar} y 90 Kg/mm^2

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

Se admite una sobretensión del 5 %, antes del anclaje de los alambres, en el caso de armaduras pos-tesas.

N.L. (1) Durante la introducción del pretensado:

$0{,}67\ R_{ar}$ y $\begin{cases} 0{,}9\ R_{ae} & \text{para el alambre estirado en frío} \\ 0{,}8\ R_{ae} & \text{para el alambre estirado y envejecido} \\ 0{,}7\ R_{ae} & \text{para el alambre endurecido} \end{cases}$

(2) Durante la vida de servicio de la estructura: $0{,}60\ R_{ar}$.

U.S. (1) Durante la introducción del pretensado: $0{,}80\ R_{ar}$.

(2) Durante la vida de servicio de la estructura: $0{,}60\ R_{ar}$ y $0{,}80\ R_{ae}$.

4 Coeficientes de seguridad

4.1 - Seguridad a la fisuración

D $M_f \geq 1{,}35\ M_q + s$.

Las caras de las vigas deben protegerse con una armadura, dispuesta en forma de emparrillado, cuya cuantía sea, como mínimo, igual al 0,3 % del volumen del hormigón.

En el caso de estructuras que hayan de quedar expuestas a la intemperie y sean parcialmente pretensadas, la tracción debe ser nula bajo el momento M_q. Si, además, las sobrecargas móviles son de gran magnitud (puentes, carreteras, etc.), entonces la tracción debe ser nula bajo el momento $M_q + 1/2\ M_s$.

I $M_f \geq 1{,}2\ M_q + s$.

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

En las estructuras constituídas por bloques prefabricados se supone $R_{br} = 0$.

N.L. $M_f \geq M_q + 1{,}33\ M_s$.

M_f se calcula suponiendo $R_{br} = 0{,}10\ R'_{br}$.

4.2 - Seguridad a la rotura

B $M_r \geq M_q + 2{,}5\ M_s$ y $M_r \geq 2\ M_q + s$.

Cálculo de M_r: $M_r = 0{,}9\ \Lambda_a\ R_{ar}\ h_u$.

Esta fórmula sólo es válida cuando el espesor de la zona comprimida es, por lo menos, igual a:

$$\left(1 - \sqrt{1 - 72\ \frac{\Lambda_a}{b\ h_u}}\right) h_u$$

D $M_r \geq 1{,}75\ M_q + s$.

Cálculo de M_r: se toma R_{ar} igual a $0{,}67\ R'_{br\,28}$.

Hasta $\delta = 0{,}15\ \%$, el diagrama de σ_b' se supone parabólico; y a partir de este valor hasta $\delta = 0{,}20\ \%$, se considera constante e igual a $0{,}67\ R'_{br\,28}$.

En el caso de sección rectangular, la resultante de las compresiones vale: $N'_b = 0{,}5 \Lambda'_b\ R'_{br\,28}$.

El punto de aplicación de esta resultante se encuentra situado a una distancia del borde comprimido, igual al 0,4 de la zona comprimida de la sección.

Cuando los cables están adheridos al hormigón, la tensión límite del acero se deduce del diagrama de deformaciones del hormigón; por el contrario, cuando los cables están sueltos, se pue-

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

de admitir en rotura, y para una viga simplemente apoyada:

$$\sigma_{ar} = \sigma_{al} + 1.400 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{siendo } \sigma_{ar} \geq R_{ae}$$

Para la armadura adicional, de acero dulce ordinario, se toma:

$$\sigma_{ar} = R_{ae}$$

F $\begin{cases} M_{ra} \geq 1,11\ M_q + 2,22\ M_s \\ M_{rb} \geq 1,43\ M_q + 2,86\ M_s \end{cases}$

Cálculo de M_{ra} y M_{rb}:

$M_{ra} = 0,9\ \Omega_a\ R_{ar}\ h_u$

$M_{rb} = 0,22\ b'\ h_u^2\ R'_{br} + 0,9\ (b - b')\ h_o\ h_u\ R'_{br}$ (sección en T, con $h_o < 0,25\ h_u$) ó $0,22\ b' h_u^2\ R'_{br}$ (sección rectangular o sección en T, con $h_o \geq 0,25\ h_u$)

siendo:

h_o = altura de la cabeza comprimida.

b' = espesor del alma.

b = anchura de la cabeza comprimida.

G.B. $\begin{cases} M_{ra} \geq 2\ M_q + s \\ M_{rb} \geq 2,5\ M_q + s \end{cases}$

I $M_r \geq 2\ M_q + s$ y $M_r \geq 1,25\ M_f$

N.L. $M_r \geq 1,75\ M_q + 2,25\ M_s$

Para depósitos: $M_r \geq 2,5\ M_q + s$

Cálculo de M_r: $M_r = \Sigma\ c\ (h_u - 0,1\ h)\ \Omega_a\ R_{ar}$

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

c = 0,65 para cables no adheridos.

c = 0,85 para cables medianamente adheridos.

c = 1,00 para cables perfectamente adheridos.

U.S. $M_r \geq M_q + 3\,M_s$ y $M_r \geq 2\,M_q + s$

Cálculo de M_r:

se hace:

$$(\Lambda_a)_{cr} = 0{,}23\,\frac{0{,}8\,R'_{br\,cil.\,28}}{R_{ar}}\,b\,h_u$$

si $\Lambda_a \leq (\Lambda_a)_{cr}$:

$$M_r = 0{,}9\,\Lambda_a\,R_{ar}\,h_u$$

si $\Lambda_a > (\Lambda_a)_{cr}$:

$$M_r = 0{,}9\sqrt{\Lambda_a\,(\Lambda_a)_{cr}}\;R_{ar}\,h_u$$

5 Pérdidas en el esfuerzo de pretensado

5.1 - Retracción del hormigón

B Curado en local cerrado: retracción total = 20×10^{-5}

Curado a la intemperie: retracción total = 15×10^{-5}

D Método de curado	Retracción total
en el agua	0
en ambiente muy húmedo	10×10^{-5}
en ambiente normal	20×10^{-5}
en ambiente seco	30×10^{-5}

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

En el caso de armaduras post-tesas, la retracción posterior al pretensado se obtiene multiplicando los valores anteriores por:

0,90	si $R'_{br}/R'_{br\infty}$ =	0,65
0,60	=	0,75
0,45	=	0,85
0,30	=	1,00

Para espesores < 20 cm, estos valores deben aumentarse en un 25% ; y
para espesores ≥ 75 cm, pueden reducirse en un 25 %.

F Estructuras no masivas, expuestas a la intemperie:
retracción total = 20×10^{-5}
retracción mínima, posterior al pretensado = 10×10^{-5}.

G.B. Retracción total = 30×10^{-5}
retracción posterior al pretensado 20×10^{-5}.

I Retracción total = 30×10^{-5}:
este valor puede reducirse si el curado se hace en un ambiente muy húmedo.

N.L. Retracción posterior al pretensado = $\frac{10 \times 10^{-5}}{\log (t + 2)}$
t = número de días transcurridos entre el final del hormigonado y el comienzo del pretensado.

U.S. Retracción total = 20×10^{-5}
retracción posterior al pretensado = 10×10^{-5}

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

5.2 - Deformaciones instantáneas y diferidas

D $$E_b = 550.000 \frac{R'_{br}}{R'_{br} + 225 \text{ Kg/cm}^2}$$

D Deformación instantánea:

Para el hormigón B 300 ; $E_b = 300.000 \text{ Kg/cm}^2$
" " " B 450 ; $E_b = 350.000 \text{ Kg/cm}^2$
" " " B 600 ; $E_b = 400.000 \text{ Kg/cm}^2$

$$\frac{\text{deformación diferida}}{\text{deformación instantánea}} = \Psi$$

Método de curado	Valores de Ψ
en el agua	0,50 K a 1,00 K
en ambiente muy húmedo	1,50 K a 2,00 K
en ambiente normal	2,00 K a 3,00 K
en ambiente seco	2,50 K a 4,00 K

K depende de la resistencia del hormigón en el momento de la introducción del pretensado. Sus valores son:

K = 1,5 si $R'_{br}/R'_{br\infty}$ =	0,65
= 1	= 0,75
= 0,75	= 0,85
= 0,50	= 1,00

estos valores pueden reducirse en un 10%, para espesores > 75 centímetros; y en un 20%, para espesores > 1,50 m.

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

F $E_b = 18.000 \sqrt{R'_{br}}$

$\Psi = 2$

estos valores sólo son válidos cuando: $0,8\ R'_{br\,90} \leq R'_{br} \leq R'_{br\,90}$

G.B. $E_b = 250$ tons/cm^2 si $R'_{br} = 280$ Kg/cm^2

$= 330$ $= 420$ Kg/cm^2

$= 400$ $= 700$ Kg/cm^2

Deformación diferida:

en el caso de armaduras pre-tesas: $0,60 \times 10^{-5}$ por Kg/cm^2

en el caso de armaduras pos-tesas: $0,45 \times 10^{-5}$ por Kg/cm^2

(en 2 - 3 semanas).

I $E_b = 350.000$ Kg/cm^2 ó $18.000 \sqrt{R'_{br}}$

Si el hormigón tiene más de 14 días cuando se introduce el pretensado: $\Psi = 1,5$

N.L. $E_b = 200.000$ Kg/cm^2 + $\dfrac{1000\ R'_{br\,28}}{3}$

U.S. $E_b = 350.000$ Kg/cm^2

$\Psi = 2,25$

5.3 - Fluencia de los aceros

F Salvo justificación especial, se puede admitir un 10 % para los alambres de 5 mm cuya carga de rotura fluctúe entre los 140 y 160 Kg/mm^2 y hayan sido sometidos a una tensión inicial comprendida entre los 90 y los 110 Kg/mm^2.

I En el caso de armaduras pre-tesas constituídas por alambres aislados: 12 % . Si se trata de cables formados por 2 ó 3 alambres: 14 %.

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

En el caso de armaduras pos-tesas constituídas por alambres paralelos: 8%.

Si después de transcurridos, por lo menos, 8 días se da a los cables un tesado correctivo, estos valores pueden reducirse en un 25 % ; y si este tesado se realiza después de transcurridos dos meses, como mínimo, la reducción puede ser del 40 %.

N.L. Salvo justificación especial: 10%.

U.S. Salvo justificación especial: 4%.

5.4 - Valores de las pérdidas en el esfuerzo de pretensado

B De no hacerse un cálculo riguroso, se considerará el 15 % si $\sigma_a \geq 30$ Kg/mm^2.

F En el caso de armaduras pos-tesas: $\Delta \sigma_a = 0{,}10\ \sigma_a + 0{,}0001\ E_a + 2\ \frac{E_a}{E_b}\ \sigma'_b$

U.S. En el caso de armaduras pre-tesas: $\Delta \sigma_a = 0{,}04\ \sigma_a + 4{,}2$ Kg/mm^2 + $16\ \sigma'_b$

En el caso de armaduras pos-tesas: $\Delta \sigma_a = 0{,}04\ \sigma_a + 2{,}1$ Kg/mm^2 + $11\ \sigma'_b$

6 Problemas diversos

6.1 - Pandeo

B La compresión producida por los cables adheridos no produce pandeo.

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

Si el cable está anclado en el hormigón mediante placas es preciso comprobar que la viga no pandea durante el pretensado.

Las almas muy delgadas están expuestas a alabearse y deben reforzarse por medio de rigidizadores adecuados.

D La compresión producida por cables con adherencia no produce pandeo.

Si el cable va suelto y solamente queda unido en ciertos puntos al hormigón, debe estudiarse el pandeo para una longitud igual a la separación entre esos puntos.

Para las compresiones ejercidas por esfuerzos exteriores (las originadas por las sobrecargas o la acción de gatos apoyados sobre macizos aislados), es necesario comprobar la seguridad al pandeo.

F Debe comprobarse la estabilidad elástica (el pandeo, alabeo o vuelco).

Para las piezas susceptibles de pandear por compresión simple, el coeficiente de seguridad, con relación a la carga crítica de Euler, debe ser, por lo menos, igual a 3.

Se debe comprobar, además, que el esfuerzo de compresión que se originaría en la hipótesis de que se duplicasen los valores de las sobrecargas y de la acción del viento, no excede de la mitad de la carga crítica de Euler.

Aunque las armaduras, por estar adheridas al hormigón, se deformen conjuntamente con la pieza, durante el pandeo, al hacer

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

el estudio de este fenómeno de pandeo no se debe tener en cuenta el aumento de esfuerzo de pretensado originado por dicha deformación.

Si las armaduras no están adheridas al hormigón todo a lo largo de su trazado, al calcular las tensiones se deben tener en cuenta los corrimientos relativos de la pieza y las armaduras de pretensado.

6.2 - Flexibilidad de las vigas

B Se adoptarán las medidas necesarias para que las flechas resulten compatibles con el destino que haya de darse a la estructura.

N.L. La flecha calculada para el momento máximo, originado por las sobrecargas de servicio, no debe exceder de 1/500 de la luz.

6.3 - Anclaje de los cables

B En el caso de armaduras pos-tesas, los bloques de anclaje deben tener una longitud l tal, que: $15 \pi d l$ sea, por lo menos, igual al esfuerzo máximo N, que haya de soportar cada alambre (d y l en cm, N en Kg).

D Las dimensiones de los dispositivos de anclaje deben calcularse de tal modo que, cuando la tracción en los cables alcance el 0,57 de la carga de rotura, las tensiones que se originen no excedan de las normalmente admisibles.

En el caso de un anclaje por adherencia, las tensiones de adhe

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

rencia no deben sobrepasar los siguientes valores:

	Bajo las cargas de servicio	Bajo la carga de rotura
para el hormigón B 300	8 Kg/cm^2	14 Kg/cm^2
" " " B 450	9	16
" " " B 600	10	18

estos valores sólo son válidos cuando el hormigón se ha vibrado y las armaduras están limpias y desengrasadas.

F En los anclajes por adherencia, la resistencia calculada al deslizamiento debe ser, por lo menos, igual a 1,60 veces la resistencia a la rotura de la armadura.

N.L. El anclaje por adherencia puede considerarse como perfecto cuando con una longitud de anclaje igual a 40 d, es posible alcanzar la carga de rotura del alambre, sin que deslice.

U.S. Se admite el anclaje por adherencia para:

los alambres en que d $\leq$ 5 mm

los cables compuestos por 7 alambres si $d_{cable} \leq$ 10 mm

Es necesario que el espacio libre entre alambres o entre cables sea:

$\geq$ 2 d

$\geq$ 1,5 D (dimensión máxima de los áridos).

6.4 - Protección de los alambres

B Se exige un recubrimiento mínimo, de 30 mm de espesor, de mortero (y no pasta de cemento) de la misma composición que el mor-

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

tero del hormigón de la pieza (tamaño máximo del árido igual a 2 mm) y con el mínimo de agua compatible con su puesta en obra.

Si el recubrimiento ha de quedar expuesto a la intemperie, se lo protegerá con una ligera capa de pintura en buenas condiciones.

F Distancia de los alambres a los bordes de la sección $\geq$ 20 mm.

Para obras marítimas: $\geq$ 35 mm.

Estas normas no rigen en el caso de piezas especiales de paredes delgadas (tubos, postes).

U.S. Distancia de los alambres a los bordes de la sección:

$$\geq 40 \text{ mm} \quad \text{y} \quad \geq d$$

Protección con mortero de cemento: 4 partes de cemento Portland + 3 partes de arena.

Si la armadura no lleva recubrimiento, deberán utilizarse, preferentemente, alambres galvanizados, embreados.

7 Conclusiones

De la comparación, que acaba de efectuarse, se deduce que los distintos reglamentos han sido redactados después de detenidos estudios preliminares de investigación y de un largo trabajo en común. Resulta lógico, por lo tanto, que todas las cuestiones susceptibles de originar una prescripción, hayan sido tratadas en dichas instrucciones, pudiéndose afirmar que los diferentes puntos re

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

glamentados forman un conjunto muy completo.

Sorprende, sin embargo, observar las fuertes discrepancias existentes entre las normas establecidas por los distintos países sobre una misma cuestión. Estas diferencias se explican por el hecho de que, tales normas, en lugar de estar basadas en una teoría científica que hubiera podido darles un carácter rigurosamente matemático, han sido deducidas, bien de los resultados obtenidos en ensayos efectuados en el laboratorio, bien de comprobaciones experimentales, bien a través de razonamientos desarrollados con más o menos buen sentido, o bien por medio de extrapolaciones que, a veces, resultan arriesgadas.

Por otra parte, se observa que dichas prescripciones difieren más bien en la forma que en el fondo. En unas instrucciones se define la calidad del hormigón en función de su resistencia a la compresión a los 28 días; en otras, por el contrario, basándose en su resistencia en el momento de efectuar la puesta en carga. Esta resistencia a la compresión se mide, en unos países, sobre probetas cúbicas; y, en otros, sobre probetas cilíndricas.

En general, el límite elástico del acero especial de alta resistencia se define como la tensión capaz de originar una deformación remanente, que se califica como "bien determinada", pero que, realmente, ha sido escogida de un modo arbitrario y que, por consiguiente, no es la misma en todos los países.

Las tensiones admisibles en los alambres de pretensado se determinan, unas veces, en función de su límite elástico; y, otras, en función de su tensión de rotura.

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

En el cálculo de la seguridad a la fisuración o a la rotura, se hacen intervenir los momentos M_q y M_s, bien con el mismo coeficiente o bien con coeficientes distintos.

Evidentemente, no cabe aspirar a unificar las diferentes prescripciones y a redactar una instrucción única de carácter internacional. En efecto, hay varias reglas que dependen directamente de la naturaleza de los materiales utilizados, de la técnica empleada en el laboratorio y en obra, y de las condiciones climatológicas propias de la nación. Por lo tanto, parece lógico que cada país conserve, en este aspecto, una cierta autonomía y pueda, por ejemplo, fijar los coeficientes de seguridad que más le convengan.

Pero, donde sí existe una amplia labor a realizar es en lo que se refiere a la unificación de las distintas prescripciones en cuanto a su forma. El hecho de que un país opte por un coeficiente de seguridad igual a 2, cuando otro prefiere imponer el valor 2,5, debe considerarse normal. Pero no lo es el que la definición de ese coeficiente no sea la misma en los dos países en cuestión. Y esto es lo que debe intentarse evitar.

Hay, por lo tanto, que procurar unificar las definiciones, utilizando siempre idénticas notaciones y haciendo, sobre todo, que los criterios adoptados para caracterizar los materiales sean los mismos en las distintas instrucciones.

Este último punto es particularmente interesante en el caso de los aceros pretensados, los cuales, frecuentemente, se exportan de unos estados a otros. La actual falta de uniformidad en las

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

normas relativas a los ensayos de recepción suele crear numerosas dificultades, tanto a los fabricantes como a los consumidores.

Resultaría, por consiguiente, muy ventajoso unificar los distintos pliegos de condiciones existentes relativos a los aceros de pretensado.

Ello beneficiaría indudablemente a los consumidores que, como es lógico, desean ser servidos con rapidez y a un precio conveniente, lo que sólo es posible si los fabricantes pueden almacenar grandes cantidades de los productos acabados, obtenidos en las condiciones más favorables y respondiendo a criterios de recepción bien definidos.

Es necesario evitar que, para un mismo acero, haya que realizar dos o tres ensayos diferentes para determinar su límite convencional de elasticidad: uno, por ejemplo, para el 0,2 %, otro para el 0,1 % y, finalmente, el tercero, para el 0,05 %, con el fin de poder responder rápida y adecuadamente a un eventual comprador. Ocurre lo mismo en lo que se refiere a la medida de los alargamientos en rotura, a los ensayos de plegado y a las tolerancias en los diámetros.

Como conclusión del estudio comparativo realizado sobre las instrucciones relativas al hormigón pretensado, promulgadas en las diversas naciones, cabe formular dos votos:

Primero: que, en cada país, la comisión nacional encargada de redactar una nueva instrucción para el hormigón pretensado pueda aprovechar, al máximo, todos los datos que aquí se han reunido, encontrando en ellos una útil documentación.

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

Segundo: que la Federación Internacional del Pretensado estudie la creación, en su seno, de una comisión, integrada por un representante de cada país y encargada de redactar un proyecto de reglamento internacional sobre todas aquellas cuestiones para las cuales su unificación, por resultar beneficiosa, es muy de desear.

- - -

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

237-0-2 INFLUENCIA DE LA INYECCION Y DE LOS ANCLAJES EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE HORMIGON PRETENSADO (1ª parte)

(Rôle de l'injection et des ancrages dans le comportement des éléments en béton précontraint).

por B. Kelopuu

INFORME GENERAL DE LA SESION Ia DEL SEGUNDO CONGRESO DE LA FEDERACION INTERNACIONAL DEL PRETENSADO - AMSTERDAM, Septiembre, 1955.

- S i n o p s i s -

Se resumen y critican las ocho comunicaciones presentadas a la Sesión Ia del Segundo Congreso de la Federación Internacional del Pretensado, celebrado en Amsterdam, en Septiembre de 1955. En estas comunicaciones se estudia, independientemente, el tema de la inyección de los conductos en que se alojan las armaduras de las piezas pretensadas, y el de los anclajes de dichas armaduras.

Se indican los principales objetivos de la inyección y se mencionan las propiedades más importantes que deben reunir los morteros para conseguir resultados satisfactorios.

Finalmente, se describen los diversos dispositivos que normalmente se vienen utilizando para el anclaje de las armaduras de pretensado, destacándose las características más interesantes de cada sistema.

- - -

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

El Ponente General de la Sesión Ia ha recibido las siguientes comunicaciones, indicadas por orden alfabético de autores:

Barredo (España), N° 2;
Bouvy (Holanda), N° 4;
Dyckerhoff y Widmann (Alemania), N° 6;
Hill (Inglaterra), N° 8;
Magnel (Bélgica), N° 1;
Rossetti (Italia), N° 5;
Sallinen (Finlandia), (Parte de la comunicación N° 5, II tema);
STUVO (Holanda), N°s 3 y 7.

En este informe se estudia, independientemente, el tema de la inyección y el de los anclajes, de la misma forma que lo han hecho los autores de las distintas comunicaciones.

Inyecciones

La inyección de los elementos pretensados, una vez endurecido el hormigón, tiene, como principales objetivos, los siguientes:

a) Proteger la armadura de pretensado contra la corrosión y aumentar así la vida de servicio de la estructura.

b) Aumentar la resistencia a la rotura creando, entre el acero y el hormigón que le rodea, la mejor adherencia posible. Los efectos de la fisuración provocada por una sobrecarga accidental dependen, en gran parte, de la eficacia de la adherencia, la cual, por consiguiente, ejerce una gran influencia sobre la resistencia a la

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

rotura. Por ello, es muy importante que esta fase de la ejecución del pretensado se realice con el máximo cuidado posible. Como consecuencia, todavía actualmente se están efectuando numerosas investigaciones con el fin de llegar a determinar cual es el método que da los mejores resultados.

Protección del acero

La experiencia ha demostrado que, entre los diversos materiales que pueden utilizarse para proteger las armaduras, el más cómodo y económico es el mortero de cemento. Con él se consigue, simultáneamente, una eficaz protección contra la corrosión y una buena adherencia.

Todas las comunicaciones recibidas sobre este tema coinciden en que un acero, bien inyectado, no sufre nunca los efectos de la corrosión.

Bouvy afirma que el temor de que el agua que suele quedar aprisionada en la funda de los alambres pueda ocasionar la corrosión es exagerado, ya que este agua, realmente, no está en contacto con el aire. Admite, sin embargo, que existe motivo de inquietud cuando se produce la fisuración.

Hill manifiesta que el único caso de corrosión registrado en Inglaterra se produjo en un cable horizontal, de un depósito circular, protegido con un enlucido de gunita. El agua penetró, hasta el acero, por capilaridad.

Magnel subraya la importancia de obtener una buena protección contra la corrosión, con el fin de asegurar la duración de

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

la obra. Manifiesta que, después de una serie de experiencias sobre diversos sistemas de pretensado, puede afirmarse que, para facilitar la inyección y obtener un eficaz recubrimiento de la armadura, es necesario que la separación entre los distintos alambres sea de unos 5 mm, aproximadamente. Recomienda no emplear vainas de material impermeable, porque dan lugar a que el exceso de agua que puede llevar el mortero inyectado quede aprisionada y sin posibilidad de ser eliminada. Indica que la Sociedad "Le cable Sandwich" ha realizado ensayos sobre los alambres de cincuenta vigas, construídas durante los últimos diez años, y que solamente en dos de ellas se ha observado uná ligera oxidación.

Por su parte, el autor del presente informe general quisiera llamar la atención sobre el cuidado especial conque debe ser realizada la inyección en el caso de aceros que hayan de ser sometidos a tratamiento térmico. Dichos aceros ofrecen un evidente peligro de corrosión intercristalina y están más expuestos a la oxidación que los trefilados en frío. La Instrucción alemana se ha preocupado de este problema y hace notar que el riesgo de corrosión es mayor en los alambres delgados que en los gruesos o en las barras[1]. La ventaja de las barras sobre los alambres, por lo que respecta a la corrosión, es destacada, igualmente, por Lee[2].

Cuando, para las inyecciones en tiempo frío, se utiliza cloruro cálcico u otro producto químico análogo, debe tenerse muy en cuenta que el empleo de estas adiciones, en proporciones elevadas, aumenta el peligro de corrosión.

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

El peligro de corrosión es mayor en los países de clima frío que en los de clima cálido, como consecuencia de la fisuración que puede originar la congelación del agua aprisionada. Esta fisuración facilita la entrada del aire, y, entonces, el agua, al helarse y deshelarse sucesivamente, puede aumentar el ancho de las fisuras.

Creación de la adherencia

El profesor Magnel, en el informe general titulado "El cálculo a rotura de vigas y placas isostáticas de hormigón pretensado", presentado al Primer Congreso de la F.I.P. celebrado en Londres en 1953, insistía ya en la importancia de la adherencia. Abeles y Bruggeling, en sus comunicaciones sobre dicho tema, incluían unas fórmulas para el cálculo de los momentos de rotura, en las cuales se hacía intervenir un coeficiente que era función de la adherencia.

La importancia de la adherencia ha sido demostrada mediante numerosos ensayos descritos por diferentes autores, entre ellos: Magnel[3], Leonhardt y Baur[4], Ostenfeld y Jønson[5], y Gicherach y Sättele[6]. Igualmente, en el ensayo a rotura efectuado sobre la pasarela del Festival de Londres, ha podido comprobarse la importancia de una buena inyección[7].

Bouvy da cuenta de unos ensayos realizados sobre vigas curvas constituídas por elementos independientes, prefabricados y hechos solidarios mediante el pretensado de un cable de doce alambros de 5 mm de diámetro. Una semana después de efectuada la inyección, se retiró el cono de anclaje sin que se observara deslizamiento alguno. A continuación, se hicieron ensayos de tracción con el fin de

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

determinar la longitud de cable necesaria para asegurar una adherencia completa. Del resultado de estos ensayos se deduce que dicha longitud es menor de 1 m, si bien, con 76 cm, todavía se produce el arrancamiento.

Hill describe las distintas formas de fisuración de los elementos, con y sin adherencia, y las compara con el comportamiento de las piezas de hormigón armado ordinario. Menciona una serie de ensayos, efectuados en la Universidad de Leeds. La eficacia de la inyección se determinó mediante el ensayo de vigas (con débiles armaduras de pretensado constituidas por doce alambres de 5 mm de diámetro), tomando como base la tensión teórica de los alambres en el momento de la rotura. La relación entre las tensiones variaba desde el 70 % (en el caso de vigas sin adherencia), hasta cerca del 100 % (para las piezas con armaduras adheridas). En los elementos con cables inyectados, la relación varía entre el 80 y el 95 % , según el estado de la superficie de las fundas de los cables.

Análogos ensayos se han efectuado sobre vigas pretensadas por medio de barras de 22,2 mm de diámetro, introducidas en tubos metálicos delgados de 31,7 mm de diámetro. En las barras sin adherencia, la relación entre tensiones era del 70 % ; y en las barras inyectadas, colocadas en funda de acero ondulado, o en el adecuado conducto formado en la propia masa del hormigón, dicha relación oscilaba entre el 75 y el 80 % . Para una viga equivalente, con alambres adheridos, la relación era del 95 % .

Debe hacerse notar que existe muy poca diferencia entre los valores de las cargas de rotura correspondientes a vigas inyec-

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026

tadas con dos tipos distintos de mortero, uno constituido por cemento con una relación agua/cemento igual a 0,475 y otro compuesto por arena y cemento en la proporción 2 : 1 y una relación agua/cemento igual a 0,55 .

Se describen también los ensayos a rotura realizados con vigas de hormigón, pretensadas según diferentes sistemas (Freyssinet, Magnel-Blaton, Gifford-Udall-C.C.L., Lee-McCall). Todos los ensayos dieron resultados satisfactorios, demostrando una buena adherencia, incluso aquellos en los que se utilizaron barras de 28,6 mm de diámetro. Para estas barras, el esfuerzo de adherencia registrado, sobre una longitud de 90 cm, ha sido de 32 Tm. R.P.

- - -

(continuará)

Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026



Documento descargado de www.e-ache.com el 25/11/2026