

Cuatro. En aquellos Departamentos Ministeriales en que no exista Subsecretario, el Secretario de Estado asumirá las funciones reconocidas a aquél en el artículo quince de la Ley de Régimen Jurídico de la Administración del Estado.

Cinco. Los Secretarios de Estado serán designados por Decreto acordado en Consejo de Ministros y a propuesta del Ministro respectivo.

*Disposición final segunda*

Uno. En el plazo de cuatro meses el Gobierno, por Decreto acordado en Consejo de Ministros, aprobará las disposiciones reguladoras en las estructuras orgánicas de cada Departamento, acordando la creación, modificación, fusión y supresión de cuantas unidades, dependencias y organismos se consideren convenientes, así como su definitiva adscripción a los Departamentos Ministeriales que corresponda.

Dos. Por los Ministerios de Economía y Hacienda se dictarán las medidas oportunas para la coordinación del gasto público, creando a tal efecto una Comisión de Presupuesto y gasto dependiente de ambos Ministerios, encargada de la definición y propuesta de modificación de la política presupuestaria.

*Disposición final tercera*

Dependientes de los Ministerios de Economía y Hacienda se crea una Comisión de Política Financiera, a la que corresponderá la definición de las normas que regulan las Instituciones Financieras y las propuestas que se consideren oportunas en este ámbito.

*Disposición final cuarta*

Las integraciones de unidades administrativas en los distintos Departamentos que se verifican por este Real Decreto suponen, asimismo, las de las competencias que se venían ejercitando a través de dichas unidades.

*Disposición final quinta*

Se autoriza al Ministerio de Hacienda para efectuar las transferencias de créditos precisas y, en su caso, la habilitación de créditos indispensables para dar cumplimiento a lo dispuesto en el presente Real Decreto.

*Disposición final sexta*

El Ministro de Trabajo asumirá las funciones y competencias que hoy corresponden al Ministro de Relaciones Sindicales.

*Disposición final séptima*

El presente Real Decreto entrará en vigor el mismo día de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

*Disposición adicional*

Se crea en el Ministerio de Economía la Subsecretaría del Departamento.

Dado en Madrid a cuatro de julio de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Presidente del Gobierno.  
ADOLFO SUAREZ GONZALEZ

15201

ORDEN de 4 de julio de 1977 sobre financiación de viviendas de protección oficial —grupo I— que se destinen a «Acceso diferido a la propiedad».

Excelentísimos señores:

La Orden del Ministerio de la Vivienda de 22 de enero de 1977 por la que se actualiza el módulo y regula la promoción de viviendas del grupo I, de protección oficial en el año 1977, y a la que remite el Real Decreto 380/1977, de 11 de mayo, establece como medidas de financiación préstamos a favor de los promotores y compradores de esta clase de viviendas.

Cuando se trata de viviendas construidas por Cooperativas u otras Entidades sin ánimo de lucro, las viviendas se ceden en acceso diferido a la propiedad y, por tanto, el dominio de las mismas no se transfiere mientras que el coste de la vivienda no se haya terminado de amortizar por el adquirente. Por esta razón el adquirente no puede obtener un crédito con

garantía hipotecaria. En su consecuencia, la única financiación que regulan las normas hoy vigentes es la del promotor, por una cuantía de hasta el 30 por 100 del presupuesto protegible y por un plazo de dieciséis anualidades iguales más dos años de carencia, mientras que en el régimen general en el que la propiedad de la vivienda se transfiere desde el primer momento el crédito del comprador puede llegar hasta el 70 por 100 del precio de venta autorizado y por un plazo de quince años.

La desigualdad de trato que comportan los regímenes expuestos, así como la necesidad de fomentar cuantas iniciativas ayuden a solucionar el problema de la vivienda y disminuir el nivel de desempleo aconseja corregir, en alguna medida, la diferencia de trato que queda expuesta.

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Hacienda y de la Vivienda, esta Presidencia del Gobierno dispone:

Primero.—Cuando el destino de las viviendas del grupo I, de protección oficial, promovidas al amparo de la Orden ministerial de 22 de enero de 1977, sea el de acceso diferido a la propiedad, la cuantía del préstamo al promotor podrá alcanzar hasta el sesenta por ciento (60 por 100) del presupuesto protegible, manteniéndose el resto de las condiciones que se señalan en el artículo 12, apartado b), de la Orden citada.

Segundo.—La presente Orden ministerial entrará en vigor el mismo día de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Lo que comunico a VV. EE.  
Dios guarde a VV. EE.  
Madrid, 4 de julio de 1977.

OSORIO

Excmos. Sres. Ministros de Hacienda y de la Vivienda.

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

- Evitar la presencia de cualquier tipo de cloruros en los productos de inyección y en el hormigón.
- Vigilar que en los componentes del hormigón y en el agua de curado se cumplen las limitaciones impuestas a los contenidos de cloruros, sulfuros, sulfitos y catalizadores de la absorción del hidrógeno por los aceros. Como ejemplos de catalizadores pueden citarse el arsénico (A<sup>-</sup>), el cianuro de azufre (CNS<sup>-</sup>), el azufre (S<sup>-</sup>), etc.
- Evitar que se desprenda hidrógeno, capaz de penetrar en el acero, como puede ocurrir si se utilizan determinados tipos de aditivos. Por la misma razón deben evitarse aquellas situaciones en las que el acero pueda actuar como cátodo.
- Prohibir la utilización de aceros protegidos por recubrimientos metálicos, como ocurre con el cinc en los productos galvanizados, para evitar el riesgo que supondría utilizar armaduras con defectos en su recubrimiento, en cuyo caso la protección resultaría contraproducente. No deben considerarse como recubrimientos metálicos las capas de sales metálicas que se utilizan normalmente como pasivantes (por ejemplo, los fosfatos metálicos) y cuya acción es beneficiosa frente a la corrosión.

Conviene recordar que todas estas situaciones se agravan en el caso de atmósferas agresivas o elementos sometidos a esfuerzos alternados o repetidos.

Un ensayo que puede realizarse para conocer la sensibilidad del acero a la corrosión bajo tensión, por la acción fisurante del hidrógeno, es el ensayo de «tiocianato amónico».

El fundamento del ensayo consiste en someter la armadura, solicitada con una tensión  $\sigma_p = 0,8 f_{max}$ , a la acción de una solución al 20 por 100 en peso de tiocianato amónico durante 200 horas, manteniendo la solución a una temperatura de  $35^\circ C \pm 1^\circ C$ .

La disposición general del ensayo aparece en la figura 33.4. La longitud de probeta expuesta a la acción de la solución será mayor o igual que 200 mm. La probeta deberá estar desengrasada con tricloroetileno antes de ser introducida en la célula de corrosión y se protegerá en las zonas próximas a los orificios de entrada y salida de la célula con laca anticorrosiva o cualquier otro material que impida la corrosión. Esta protección se realiza para impedir efectos parásitos adicionales derivados del contacto del acero con el material de la célula.

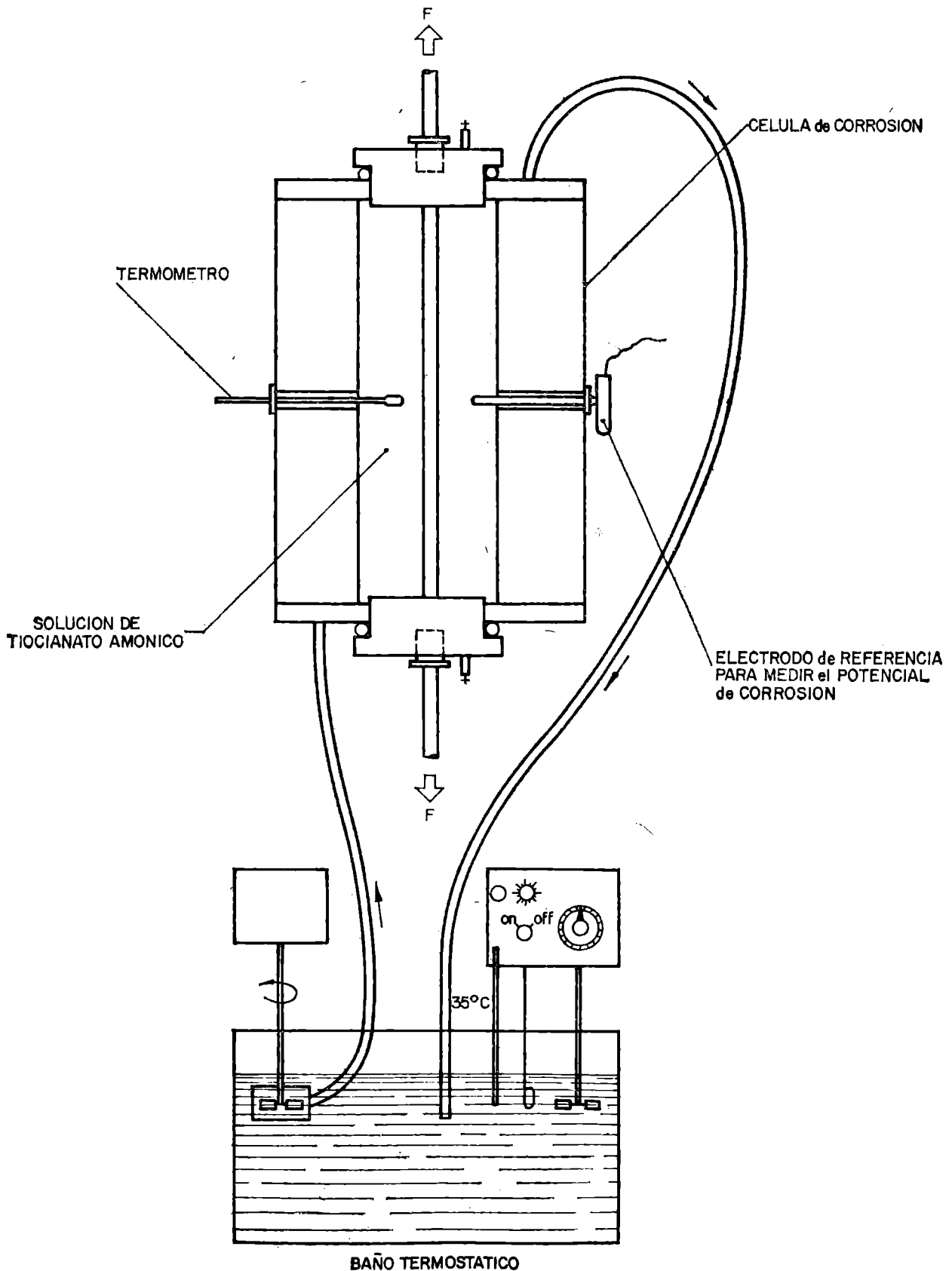


Fig. 33.4

Una vez montada la probeta en la célula de corrosión se le somete a la tensión  $\sigma_p$ . Al alcanzarse esta tensión se introduce en la célula la solución de tiocianato amónico y se comienza a contar, a partir de este momento, el tiempo de ensayo.

Durante la marcha del proceso se controlará la temperatura

de la solución y se medirá el potencial de corrosión. La medida del potencial permite controlar el desarrollo del ensayo. Se considera que el ensayo se realiza satisfactoriamente si el valor del potencial de corrosión es inferior a  $-700$  mV medidos respecto al electrodo de calomelanos de referencia.

Si pasadas las 200 horas no se ha producido la rotura de la probeta, se considera el acero poco susceptible a la corrosión fisurante por hidrógeno y se le someterá a ensayo de tracción para conocer sus características mecánicas y comprobar en qué forma han quedado afectadas por la corrosión.

33.5. *Protección y conservación de las armaduras activas y de los anclajes*

Se adoptarán las precauciones necesarias para evitar que las armaduras activas, durante su almacenamiento, colocación o después de colocadas en obra, experimenten daños, especialmente entalladuras o calentamientos locales, que puedan modificar sus características o dar lugar a que se inicie un proceso de corrosión.

También deberá impedirse que, en los conductos en que se alojan los tendones, pueda penetrar agua o cualquier otro agente agresivo susceptible de ocasionar la corrosión de las armaduras o de sus anclajes.

Particularmente peligrosa puede resultar la penetración del agua en las vainas o conductos de las armaduras en tiempo frío, ya que entonces, aparte del riesgo de corrosión, puede producirse el agrietamiento o incluso la rotura del hormigón de la pieza por el aumento de volumen que experimenta el agua al helarse.

Terminadas las operaciones de tesado y, en su caso, de retesado deberán cortarse los trozos de las armaduras que sobresalgan de las piezas. Para ello podrá utilizarse sierra de disco, cizalla o cincel. No se recomienda el empleo de arco eléctrico o soplete, ya que requiere precauciones especiales para evitar que resulte dañado el acero.

Una vez colocadas y tesas las armaduras se protegerán por medio de una lechada o mortero de inyección que cumpla las condiciones prescritas en el artículo 17 o por cualquier otro procedimiento eficaz debidamente experimentado. En el caso de ambientes normales esta protección deberá realizarse en el plazo máximo de un mes contado a partir de la terminación de la primera etapa de tesado de las armaduras; pero si el ambiente es agresivo, dicho plazo deberá reducirse en la medida necesaria para impedir que pueda iniciarse el ataque a las armaduras. No obstante, cuando las condiciones particulares del proceso de ejecución de la estructura así lo exijan podrán ampliarse los plazos mencionados; pero en tal caso deberán protegerse provisionalmente los tendones utilizando algún método eficaz (aceite soluble, por ejemplo), que no obstaculice el posterior tesado de las armaduras ni comprometa la eficacia de la ulterior protección definitiva.

Cuando se utilicen tendones no adherentes, la protección se hará de acuerdo con lo que sobre el particular se indique en el proyecto.

Antes de utilizar un anclaje se comprobará que se encuentra en buen estado. Si se trata de anclajes por cuñas se inspeccionará si el interior de los tacos o conos hembra está limpio y si existen obstáculos que impidan que aquéllas puedan moverse libremente dentro del anclaje para lograr su perfecto ajuste. Las roscas de las barras y sus tuercas deberán estar bien limpias y engrasadas; y se mantendrán con sus envolturas protectoras hasta el momento de su utilización. Cuando se vayan a introducir las barras en sus conductos de alojamiento se protegerán las roscas adecuadamente para evitar que se dañen por abrasión.

Finalizada la inyección de las vainas o conductos en que van colocadas las armaduras activas, todas las piezas que constituyen el anclaje deberán protegerse contra la corrosión mediante hormigón, mortero, pintura u otro tipo de recubrimiento adecuado. Análogamente a lo indicado para las armaduras, esta protección deberá efectuarse lo más pronto posible y, en cualquier caso, antes de transcurrido un mes desde la terminación del tesado.

COMENTARIOS

Se cuidará especialmente de que en las proximidades de las armaduras de pretensado no se realicen operaciones de soldadura u otras capaces de desprender fuerte calor, para evitar que los aceros resulten sometidos a temperaturas elevadas corrientes parásitas o chispas desprendidas al soldar.

En tiempo frío podrán adoptarse las siguientes medidas provisionales de protección:

- a) Colocar, en los extremos de las vainas o conductos por los que pueda penetrar el agua, y después de haber eliminado la que haya podido introducirse ya en ellos, tapones estancos que recubran sus extremos,

- b) Rellenar los conductos con una mezcla de agua y anti-congelante, asegurándose de que la proporción de éste se mantendrá en su valor adecuado durante todo el plazo necesario. El producto anticongelante no deberá ejercer acción perjudicial alguna sobre el acero y permitirá su total y fácil eliminación inmediatamente antes de aplicar la protección definitiva.

Las armaduras tesas y ancladas, si quedan insuficientemente protegidas, pueden estar expuestas a una corrosión bajo tensión o a un principio de fragilización por hidrógeno, que es preciso evitar.

El plazo de un mes indicado para efectuar la protección definitiva debe interpretarse como un máximo que conviene rebajar siempre que sea posible y, sobre todo, cuando la estructura se encuentre sometida a la acción de atmósferas agresivas.

TITULO 2.º

De la realización del proyecto

CAPITULO IV

Características de los materiales

ARTICULO 34. CARACTERISTICAS DE LOS ACEROS

34.1. Generalidades

Los aceros de las armaduras pasivas deberán cumplir las condiciones prescritas en el artículo 12.

Las armaduras activas deberán estar constituidas por aceros que cumplan las condiciones prescritas en el artículo 13.

COMENTARIOS

34.2. *Diagrama tensión-deformación de proyecto del acero para armaduras pasivas*

Diagrama tensión-deformación de proyecto es el que se adopta en el proyecto como base de los cálculos, asociado a un nivel de confianza del 95 por 100.

Diagrama característico tensión-deformación del acero en tracción es aquel que tiene la propiedad de que los valores de la tensión presentan un nivel de confianza del 95 por 100 con respecto a los correspondientes valores obtenidos en ensayos de tracción realizados según la UNE 7262.

En compresión puede adoptarse el mismo diagrama que en tracción.

A falta de datos experimentales precisos puede suponerse que dicho diagrama característico adopta la forma de la figura 34.2.a o 34.2.b, según se trate de aceros de dureza natural o endurecidos por deformación en frío, respectivamente; pudiendo tomarse estos diagramas como de proyecto si se adoptan los valores tipificados del límite elástico dados en el artículo 12.

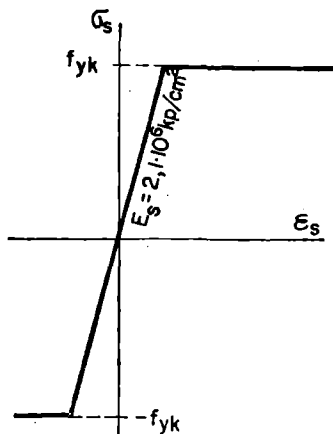


Fig. 34.2.a

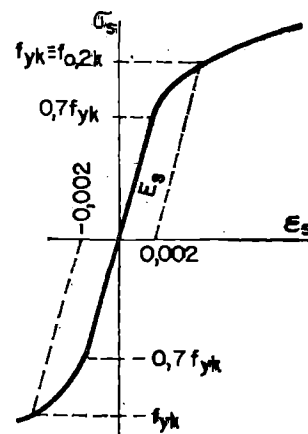


Fig. 34.2.b

En la figura 34.2 b, a partir del valor 0,7 f<sub>yk</sub>, el diagrama se define mediante la siguiente expresión:

$$\text{para } \sigma_s \geq 0,7 f_{yk}; \quad \epsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} + 0,823 \left[ \frac{\sigma_s}{f_{yk}} - 0,7 \right]^3$$

COMENTARIOS

El conocimiento del diagrama característico tensión-deformación del acero permite dimensionar las secciones sometidas a sollicitaciones normales (flexión, compresión) con mayor precisión y economía que si sólo se conoce el valor del límite elástico. Se recomienda, por ello, que los fabricantes de acero establezcan y garanticen este diagrama para cada uno de los tipos que suministren, con objeto de poderlos tipificar como diagramas de proyecto.

Para establecer el diagrama y comprobarlo con ensayos de recepción se admite que es suficiente determinar las tensiones correspondientes a las siguientes deformaciones: 0,001, 0,002, 0,003, 0,004, 0,005, 0,006, 0,008 y 0,01.

34.3. Resistencia de cálculo del acero para armaduras pasivas

Se considerará como resistencia de cálculo del acero  $f_{yd}$  el menor de los dos valores siguientes:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = \frac{f_s}{1,30}$$

en las que  $f_{yk}$  es el límite elástico de proyecto;  $f_s$  la carga unitaria de rotura, y  $\gamma_s$  el coeficiente de minoración definido en el artículo 41.

Las expresiones indicadas son válidas tanto para tracción como para compresión.

COMENTARIOS

Se recuerda que en piezas sometidas a compresión simple, la deformación de rotura del hormigón toma el valor 2 por 1.000, lo que limita la resistencia de cálculo para el acero al valor de la tensión correspondiente a dicha deformación en el diagrama del acero empleado (para el acero de dureza natural, 4.200 kp/cm<sup>2</sup>).

34.4. Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero para armaduras pasivas

El diagrama de cálculo tensión-deformación del acero para armaduras pasivas (en tracción o en compresión) se deduce del diagrama de proyecto mediante una afinidad oblicua, paralela a la recta HOOKE, de razón  $1/\gamma_s$ , o la que corresponda si es operante la segunda limitación de 34.3.

Si se utilizan los diagramas de las figuras 34.2.a y 34.2.b se obtienen los diagramas de cálculo de las figuras 34.4.a y 34.4.b.

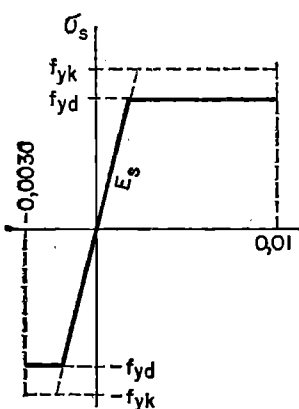


Fig. 34.4.a

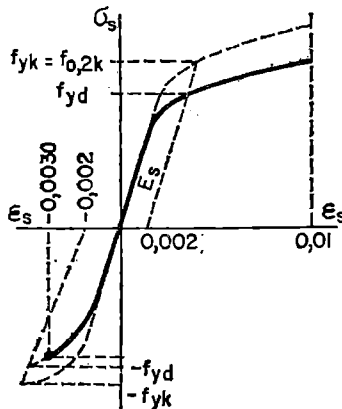


Fig. 34.4.b

Se admite el empleo de diagramas simplificados de cálculo, de tipo birrectilíneo u otros, siempre que su uso conduzca a resultados que queden del lado de la seguridad o estén suficientemente avalados por la experiencia.

COMENTARIOS

La deformación del acero en tracción se limita al valor 10 por 1.000 y la de compresión al valor 3,0 por 1.000 (véase 47.3 y su comentario).

34.5. Diagrama tensión-deformación de proyecto del acero para armaduras activas

Como diagrama tensión-deformación de proyecto del acero para armaduras activas (alambre, barra, torzal, cordón o cable) puede adoptarse el que establezca su fabricante hasta la deformación  $\epsilon_p = 0,02$ , basado en una amplia experimentación y garantizando que las tensiones que corresponden a las deformaciones a intervalos 0,005 están asociadas a un nivel de confianza del 95 por 100.

Si no se dispone de este diagrama garantizado puede utilizarse el definido hasta la deformación  $\epsilon_p = 0,02$  por la expresión:

$$\epsilon_p = \frac{\sigma_p}{E_p} + 0,823 \left( \frac{\sigma_p}{f_{py}} - 0,7 \right)^5$$

que se representa en la figura 34.5, siendo  $E_p$  el módulo de deformación longitudinal definido en 34.8.

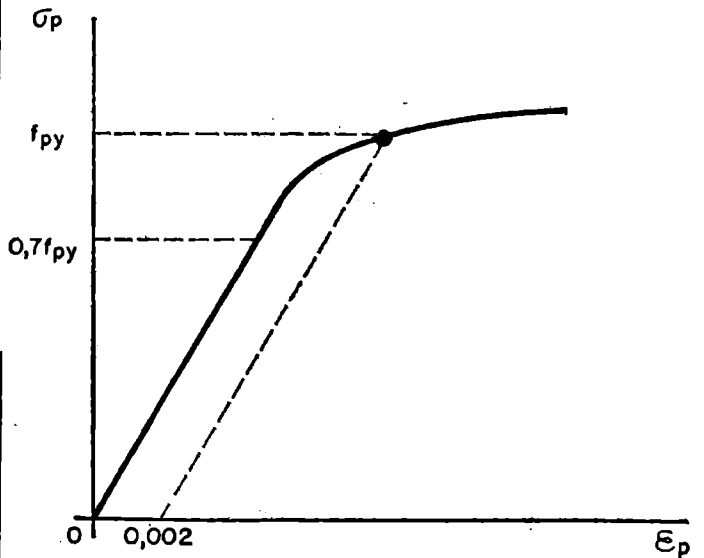


Fig. 34.5.—Diagrama tensión-deformación de proyecto

34.6. Resistencia de cálculo del acero para armaduras activas

Como resistencia de cálculo del acero para armaduras activas se tomará:

$$f_{pd} = \frac{f_{pk}}{\gamma_s}$$

siendo  $f_{pk}$  el valor del límite elástico de proyecto y  $\gamma_s$  el coeficiente de minoración del acero dado en el artículo 41.

COMENTARIOS

34.7. Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero para armaduras activas

El diagrama de cálculo tensión-deformación del acero para armaduras activas se deducirá del correspondiente diagrama de proyecto mediante una afinidad oblicua, paralela a la recta de HOOKE, de razón  $1/\gamma_s$  (véase fig. 34.7.a).

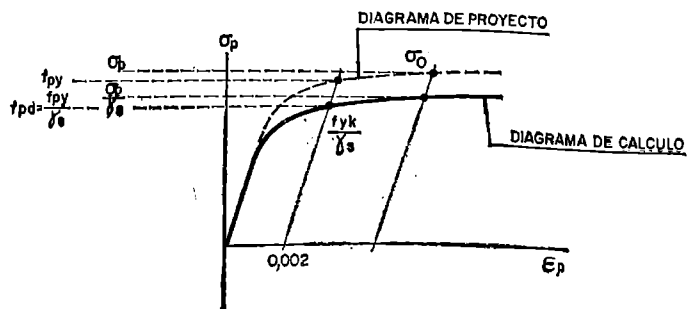


Fig. 34.7.a

Como simplificación a partir de  $f_{pd}$  se podrá tomar  $\sigma_p = f_{pd}$  (ver figura 34.7.b).

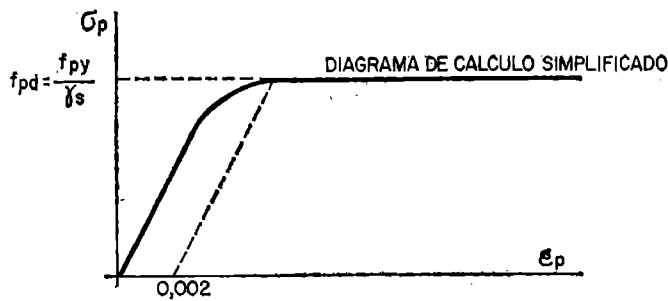


Fig. 34.7.b

34.8. Módulo de deformación longitudinal del acero para armaduras activas

Como módulo de deformación longitudinal del acero de las armaduras constituidas por alambres o barras se adoptará, salvo justificación experimental, el valor  $E_p = 2.000.000 \text{ kp/cm}^2$ .

En los torzales, cordones y cables se pueden adoptar como valores noval y reiterativo los que establezca el fabricante o se determinen experimentalmente.

En el diagrama de proyecto (ver 34.5) debe tomarse el valor del módulo reiterativo. Si no existen valores experimentales anteriores al proyecto puede adoptarse el valor  $E_p = 1.800.000 \text{ kp/cm}^2$ .

Para las mediciones de deformaciones durante el tesado se requiere utilizar el valor del módulo noval determinado experimentalmente.

COMENTARIOS

En los torzales, cordones y cables el módulo de deformación longitudinal noval, o sea, de primera carga, es menor que el módulo reiterativo, después de sucesivas descargas y cargas, con diferencias del orden de  $100.000 \text{ kp/cm}^2$  o mayores.

34.9. Relajación del acero para armaduras activas

La relajación  $\rho$  del acero para una tensión inicial  $\sigma_{pi} = \alpha f_{max}$ , estando la fracción  $\alpha$  comprendida entre 0,5 y 0,8 y para un tiempo  $t$  en horas, durante la vida de la obra, puede admitirse dada por la expresión:

$$\log \rho = \log \frac{\Delta \sigma_p}{\sigma_{pi}} = K_1 + K_2 \log t$$

siendo:

$\Delta \sigma_p$ , la pérdida de tensión por relajación al cabo del tiempo  $t$ ;  $K_1, K_2$  coeficientes que dependen del tipo de acero y de la tensión inicial (figura 34.9).

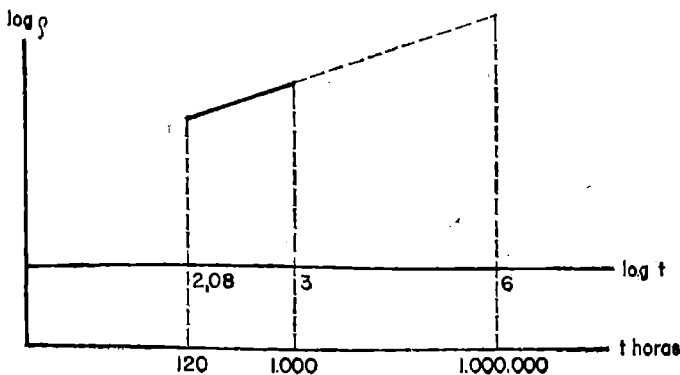


Fig. 34.9

El fabricante de un acero suministrará los valores de la relajación a 120 h y a 1.000 h para tensiones iniciales con fracción de 0,6, 0,7 y 0,8, a temperaturas de  $20 \pm 1^\circ \text{C}$ , y garantizará el valor a 1.000 h para  $\alpha = 0,7$ .

Con estos valores de relajación pueden obtenerse los coeficientes  $K_1$  y  $K_2$  para  $\alpha = 0,6, 0,7$  y  $0,8$ .

COMENTARIOS

Para obtener la relajación con otro valor de  $\alpha$  puede interpolarse linealmente admitiendo para  $\alpha = 0,5, \rho = 0$ .

Como valor final,  $\rho_f$ , se tomará el que resulte para la vida estimada de la obra expresada en horas o 1.000.000 de horas a falta de este dato.

ARTICULO 35. CARACTERISTICAS DEL HORMIGON

35.1. Definiciones

Resistencia de proyecto,  $f_{ck}$ , es el valor que se adopta en el proyecto para la resistencia a compresión, como base de los cálculos, asociado en esta Instrucción a un nivel de confianza del 95 por 100. Se denomina también resistencia especificada.

Resistencia característica real,  $f_{creal}$ , de la obra es el valor que corresponde al cuantil del 5 por 100 en la distribución de resistencia a compresión del hormigón colocado en obra.

Resistencia característica estimada,  $f_{cst}$ , es el valor que estima o cuantifica la resistencia característica real de obra a partir de un número finito de resultados de ensayos normalizados de resistencia a compresión, sobre probetas tomadas en obra. Abreviadamente se puede denominar resistencia característica.

La determinación de la resistencia característica estimada se realizará según 66.3.

COMENTARIOS

Las definiciones dadas se establecen teniendo en cuenta que:

- La resistencia del hormigón colocado en obra es una variable aleatoria con función de distribución, en general, desconocida, pero cuyo cuantil del 5 por 100 es, en cualquier caso, la resistencia característica real.
- La resistencia especificada o de proyecto,  $f_{ck}$ , es un límite inferior de especificación que establece la condición de que cada amasada colocada en obra debería ser igual o superior a  $f_{ck}$ .
- También es una especificación para la calidad del conjunto de amasadas al fijar en un 5 por 100 el máximo porcentaje admisible de aquellas, con resistencia inferior a la especificada.
- Por lo tanto, aunque el ideal es que todas las amasadas que se coloquen en obra tengan una resistencia igual o superior a la de proyecto, en cuyo caso el conjunto de ellas tendría un número nulo de amasadas defectuosas y, por lo tanto, sería de la máxima calidad posible; la economía de la construcción aconseja rebajar la exigencia de la calidad del conjunto, aceptando aquellas en cuya composición se encuentren algunas amasadas (en número inferior al 5 por 100 del total), con resistencia menor que la de proyecto.
- Precisamente garantizar, aunque sea sólo a nivel de probabilidad, que a lo sumo el 5 por 100 de las amasadas componentes del total sometido a control tiene resistencia igual o menor que la especificada, será el objeto del control.
- La determinación de la resistencia característica real de la obra se realiza a partir del diagrama de distribución de las resistencias de todas las amasadas colocadas y cualquiera que sea su forma, determinando el cuantil correspondiente al 5 por 100.
- Lo anterior implica que la determinación de la resistencia de cada amasada sólo es realizable en casos muy especiales o cuando el número de amasadas es pequeño. Cuando el número de amasadas es igual o menor de 20, el cuantil del 5 por 100 corresponde al valor de la amasada de menor resistencia, siendo, pues este, el valor de la resistencia característica real, con independencia de la función de distribución de la resistencia.
- En caso de piezas importantes, en cuya composición entre un número pequeño de amasadas, puede ser un caso típico de determinación directa de la resistencia característica real.
- En el caso de distribuciones gaussianas (y así puede suponerse que se distribuyen las resistencias del hormigón en bastantes casos), el cuantil del 5 por 100 y, por lo tanto, la resistencia característica real viene dado por la expresión:

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

donde:

$f_{\text{cm}}$  = resistencia media;  
 $\delta$  = coeficiente de variación de la población.

— En la mayoría de los casos normales, el número de amasadas colocadas en obra es muy grande, resultando imprecendente y antieconómico calcular la resistencia de cada una de ellas. No es, por lo tanto, posible construir su diagrama de distribución ni calcular sus parámetros directamente. Se recurre entonces a los procedimientos de la estadística matemática, que permiten, mediante la realización de un número pequeño de determinaciones de resistencia de amasadas, estimar o cuantificar a un nivel de probabilidad los parámetros de la función de distribución de la población de todas las amasadas. La estimación así realizada del cuantil del 5 por 100 se denomina en esta Instrucción resistencia característica estimada, o simplemente resistencia característica; y se efectúa según se indica en 66.3.

35.2. Tipificación de la resistencia de proyecto

Con objeto de tipificar las resistencias de los hormigones se recomienda utilizar la siguiente serie:

H-250, H-300, H-350, H-400, H-450, H-500

en la cual los números indican la resistencia característica especificada del hormigón a compresión, a los 28 días, expresada en  $\text{kp/cm}^2$ .

COMENTARIOS

35.3. Resistencia mínima del hormigón

No se utilizarán hormigones para preterisar de resistencia de proyecto inferior a 250  $\text{kp/cm}^2$ .

COMENTARIOS

35.4. Diagramas tensión-deformación del hormigón

El diagrama característico tensión-deformación del hormigón depende de numerosas variables: edad del hormigón, duración de la carga, forma y tipo de la sección, naturaleza de la sollicitación, etc.

Dada la dificultad de su determinación en la práctica se utiliza cualquiera de los diagramas de proyecto simplificados a nivel de valores de cálculo (véase 35.6).

COMENTARIOS

Puede considerarse, a título puramente cualitativo, que los diagramas tensión-deformación del hormigón adoptan las formas siguientes (figs. 35.4.a y 35.4.b).

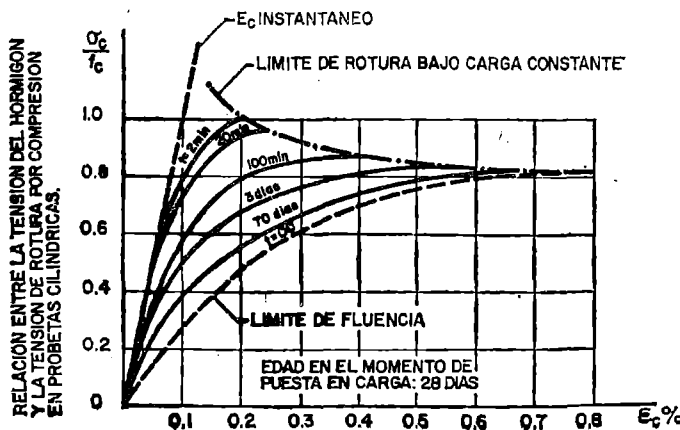


Fig. 35.4.a

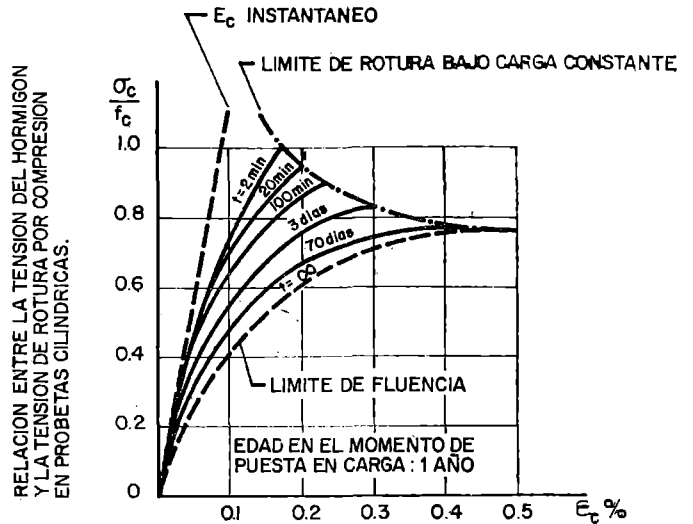


Fig. 35.4.b

35.5. Resistencia de cálculo del hormigón

Se considerará como resistencia de cálculo del hormigón (en compresión,  $f_{cd}$ , o en tracción,  $f_{ct,d}$ ) el valor de la resistencia de proyecto correspondiente, dividido por un coeficiente de minoración,  $\gamma_c$ , que adopta los valores indicados en el artículo 41.

Quando se trate de soportes o elementos análogos hormigonados verticalmente, la resistencia de cálculo deberá reducirse en un 10 por 100 para tener en cuenta la disminución de resistencia que el hormigón de estas piezas experimenta por efecto de su forma de puesta en obra y compactación.

COMENTARIOS

Los valores de cálculo establecidos suponen que la carga total no actúa antes de los 28 días. En caso contrario, esa circunstancia deberá tenerse en cuenta de un modo estimativo, pudiendo utilizarse al efecto los valores dados en el cuadro 11.4.b, salvo determinación experimental.

La reducción del 10 por 100 ha sido comprobada experimentalmente y se debe a la desigual compactación de la masa a todo lo alto del elemento.

35.6. Diagramas de cálculo tensión-deformación del hormigón

Para el cálculo de secciones sometidas a sollicitaciones normales, en el estado último de agotamiento, se adoptará uno de los diagramas siguientes:

a) *Diagrama parábola-rectángulo*, formado por una parábola de segundo grado y un segmento rectilíneo (fig. 35.6.a). El vértice de la parábola se encuentra en la abscisa 2 por 1.000 (deformación de rotura del hormigón a compresión simple) y el vértice extremo del rectángulo en la abscisa 3,0 por 1.000 (deformación de rotura del hormigón en flexión). Véase 47.3 y su comentario). La ordenada máxima de este diagrama corresponde a una compresión igual a  $0,85 f_{cd}$ , siendo  $f_{cd}$  la resistencia de cálculo del hormigón a compresión.

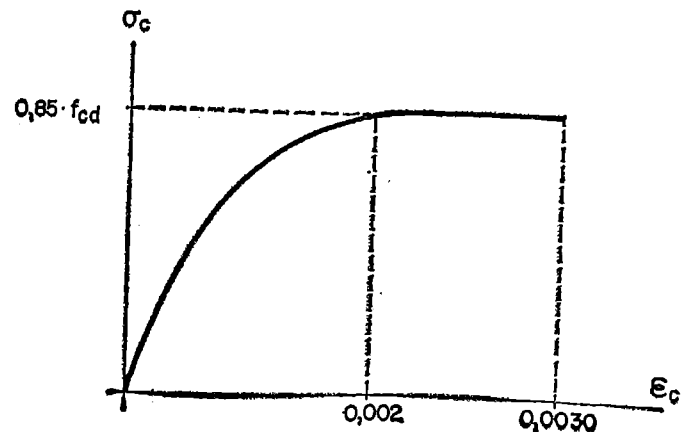


Fig. 35.6.a

b) *Diagrama rectangular*, formado por un rectángulo cuya altura es igual a  $0,80 \cdot x$ , siendo  $x$  la profundidad del eje neutro, y una anchura de  $0,85 f_{cd}$  (fig. 35.6.b).

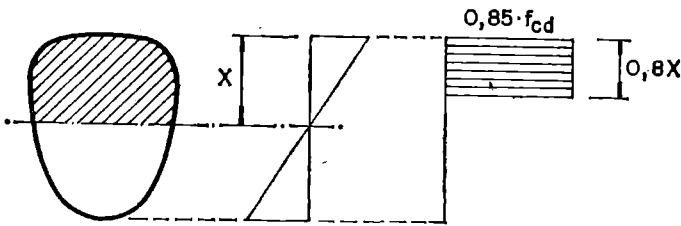


Fig. 35.6.b

c) *Otros diagramas de cálculo*, como parabólicos, birrectilíneos, trapezoidales, etc., siempre que los resultados con ellos obtenidos concuerden, de una manera satisfactoria, con los correspondientes a la parábola-rectángulo o queden del lado de la seguridad.

COMENTARIOS

35.7. *Módulo de deformación longitudinal del hormigón*

Para cargas instantáneas o rápidamente variables, el módulo de deformación longitudinal inicial del hormigón (pendiente de la tangente en el origen de la curva  $\sigma-\epsilon$ ) a la edad de  $j$  días puede tomarse igual a:

$$E_{oj} = 21.000 \sqrt{f_j}$$

válido siempre que las tensiones en condiciones de servicio no sobrepasen el valor de  $0,5 f_j$ . En esta expresión,  $f_j$  es la resistencia característica a compresión del hormigón a  $j$  días de edad y debe expresarse en  $kp/cm^2$  para obtener  $E_{oj}$  en  $kp/cm^2$ .

Como módulo instantáneo de deformación longitudinal secante  $E_j$  (pendiente de la secante), en la región de tensiones de servicio anteriormente definida, se adoptará:

$$E_j = 19.000 \sqrt{f_j}$$

Si no se realiza el cálculo indicado en 35.9, cuando se trate de cargas duraderas o permanentes podrá tomarse dos tercios de los valores anteriores en climas húmedos y dos quintos en climas secos.

COMENTARIOS

El módulo de deformación longitudinal secante del hormigón es el cociente entre la tensión aplicada y la deformación elástica correspondiente. Dicho coeficiente es prácticamente constante (especialmente después de un primer ciclo de carga-descarga) siempre que las tensiones no sobrepasen el valor  $0,5 f_j$ .

En rigor,  $E_{oj}$  depende de la resistencia media del hormigón y no de la característica. Pero se ha preferido esta última en la expresión  $E_{oj}$  por homogeneidad con el resto de la Instrucción.

Como puede verse en los diagramas del comentario de 35.4, el valor del módulo de deformación disminuye a medida que aumenta el tiempo de duración de la carga, a causa de la influencia, cada vez más acusada, de los fenómenos de deformación diferida. De ahí los distintos valores que se dan en el articulado, en función de la carga y de la naturaleza, seca o húmeda, del ambiente.

35.8. *Retracción del hormigón*

En general, para unas condiciones medias y con una cuantía de armadura pasiva pequeña puede admitirse como valor medio de la retracción  $0,40$  mm por metro.

Se puede prescindir de la retracción cuando se trate de estructuras sumergidas en agua o enterradas en suelos no excesivamente secos.

Para una evaluación más afinada del valor de la retracción habrían de tenerse en cuenta las diversas variables que influyen en el fenómeno, en especial: grado de humedad ambiente, espesor o menor dimensión de la pieza, composición del hormigón, cantidad de armadura y tiempo transcurrido desde la ejecución que marca la duración del fenómeno.

COMENTARIOS

Las variables citadas en el articulado pueden tenerse en cuenta del modo que a continuación se indica:

1.º El valor  $\epsilon_t$  de la retracción de un elemento de hormigón en masa desde el momento de su acabado hasta el instante  $t$  viene dado por:

$$\epsilon_t = \beta_t \cdot \epsilon_0$$

donde:

$\epsilon_0$  = el valor medio dado en la tabla 35.8.1.

$\beta_t$  = coeficiente que refleja la evolución en el tiempo dado en el gráfico de la figura 35.8.1.

2.º Las curvas de la figura 35.8.1 corresponden a distintos espesores ficticios de la pieza  $e$ , que se calculan mediante la expresión:

$$e = \alpha \frac{2A}{u}$$

siendo:

$\alpha$  = coeficiente dado en la tabla 35.8.1;

$A$  = área de la sección transversal del elemento;

$u$  = perímetro de la sección transversal que está en contacto con la atmósfera.

Si una de las dimensiones de la sección es muy grande con respecto a la otra, el espesor ficticio (abstracción hecha del coeficiente  $\alpha$  corrector por ambiente) coincide sensiblemente con el real.

TABLA 35.8.1

Valor medio  $\epsilon_0$  de la retracción y valor del coeficiente  $\alpha$

	Humedad relativa aproximada (porcentaje)	$\epsilon_0$	$\alpha$
En el agua ... ..	100	+ 10.10 <sup>-5</sup>	30
En atmósfera muy húmeda ... ..	90	- 10.10 <sup>-5</sup>	5
En ambiente medio.	70	- 25.10 <sup>-5</sup>	1,5
En atmósfera seca.	40	- 40.10 <sup>-5</sup>	1,0

3.º En el eje de abscisas del gráfico de la figura 35.8.1 aparece la edad teórica  $t$  del hormigón, en días. Si el hormigón está sometido a temperaturas normales, la edad teórica coincide con la real. Si no es así se tomará como edad teórica  $t$  la dada por la expresión:

$$t = \frac{\sum (T + 10)}{30}$$

donde:

$j$  = número de días durante los cuales el endurecimiento se efectúa a una temperatura de  $T$  grados centígrados.

4.º Si la influencia de la retracción va a ser efectiva, no desde el principio, sino a partir de una edad de  $j$  días, el valor que interesa determinar en el instante  $t$  es:

$$\epsilon_t = (\beta_t - \beta_j) \cdot \epsilon_0$$

con los mismos significados que anteriormente.

5.º Si el hormigón ha sido amasado con gran exceso de agua o con un cemento rápido de gran finura, la retracción puede alcanzar valores mayores de los indicados en este procedimiento, al menos en un 25 por 100, especialmente en las primeras edades.

Por el contrario, en hormigones muy secos, la retracción calculada debe disminuirse en un 25 por 100 para encontrar valores más concordantes con los medidos experimentalmente.

6.º A partir de la deformación  $\epsilon_t$ , correspondiente a un hormigón con pequeña cuantía de armadura pasiva, puede calcularse la deformación  $\epsilon_{ts}$ , correspondiente a otros casos, mediante la relación:

$$\epsilon_{ts} = \epsilon_t \frac{1}{1 + n\rho}$$

siendo:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \text{coeficiente de equivalencia}$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \text{cuantía geométrica de armadura pasiva.}$$

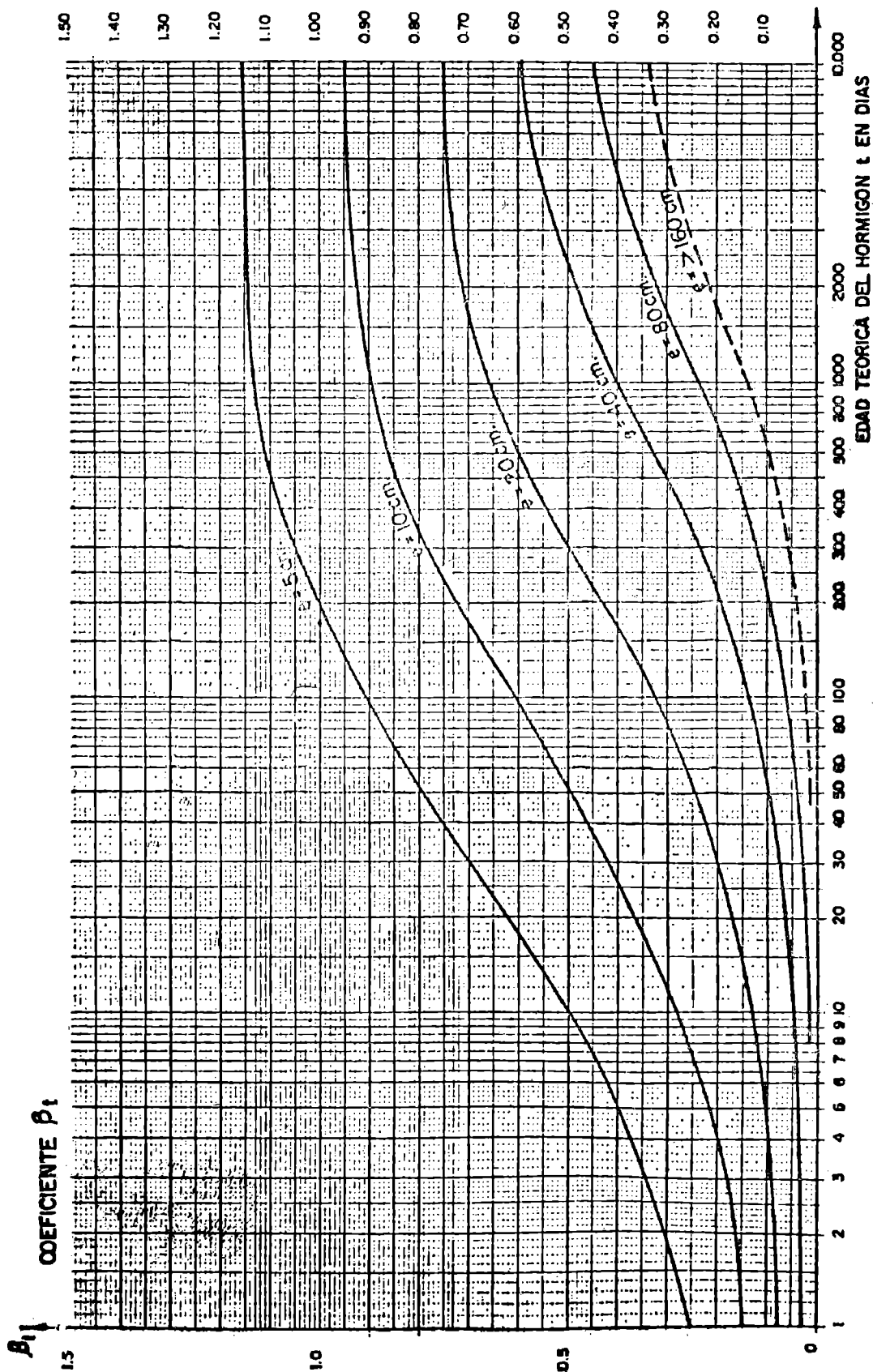


Fig. 35.8.1

(Continuaré.)