

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

2.2. Longitud real de anclaje

La longitud real de anclaje de la armadura activa en un elemento puede ser distinta de la longitud convencional anteriormente definida. Corresponde, en su caso, al usuario determinar la longitud real de anclaje, adaptando las condiciones del ensayo a las específicas del elemento. Los principales parámetros que deben tenerse en cuenta son los siguientes:

- La tensión inicial en las armaduras, su posición y su recubrimiento.
- Las tensiones en el hormigón; la resistencia del hormigón; su composición y su edad en el momento de la transmisión del pretensado.

2.3. Notación

L_s (mm):	Longitud convencional de anclaje de una armadura activa (fig. 1).
L_d (mm):	Longitud convencional de anclaje después de 1×10^6 ciclos de solicitaciones a flexión.
L (cm):	Longitud de la probeta de ensayo de hormigón.
$A_c = h \cdot b$ (cm ²):	Area de la sección transversal de la probeta de ensayo de hormigón, definida por el producto de su canto h (cm), por su anchura b (cm) (fig. 2).
c (cm):	Espesor del recubrimiento de la armadura activa (fig. 2).
f_{cm} (kp/cm ²):	Resistencia del hormigón definida por la media de los resultados obtenidos en tres ensayos a compresión, sobre probetas cilíndricas de 15×30 cm.
$f_{p,m,G}$ (kp):	Carga media de la armadura activa, garantizada por el fabricante, igual al producto de su sección nominal, A_{pn} (mm ²), por la carga unitaria máxima a tracción característica del acero, $f_{m,t,k}$ (kp/mm ²).
P (kp):	Fuerza de tesado en la armadura ($P_1 =$ fuerza de tesado inicial). Fuerza de pretensado.
d (mm):	Diámetro nominal exterior de la armadura activa (alambre, barra, torzal).
E (kp/mm ²):	Módulo de elasticidad de la armadura activa, indicado por el fabricante del acero.
$\epsilon_{s,c}$ (%):	Deformación relativa del acero (subíndice s) y del hormigón (subíndice c), respectivamente.
$\delta = \Delta l_s - \Delta l_c$ (mm):	Penetración de las armaduras en el hormigón después de la transmisión del pretensado, dada por la diferencia de los acortamientos del acero (Δl_s) y del hormigón (Δl_c), en la longitud de anclaje, al soltar las armaduras (fig. 3).
a (mm):	Distancia entre el punto de fijación del aparato destinado a medir la penetración δ y la superficie extrema de la probeta de ensayo de hormigón (fig. 3).
$l_m = \delta + \epsilon_s \cdot a$ (mm):	Lectura de la penetración, indicada por el aparato de medida, y dada por la suma de la penetración δ y de la deformación elástica $\epsilon_s \cdot a$ del acero en la longitud a (mm).
l (cm):	Luz de la probeta de ensayo sometida a flexión, dada por la distancia entre los ejes de sus apoyos (fig. 6).
Q (kp):	Carga exterior (Q_{max} y Q_{min} = valores extremos de las cargas de fatiga) (fig. 6).

3. ENSAYOS PARA LA DETERMINACION DE LA LONGITUD DE ANCLAJE

Casos de elementos no sometidos a fatiga

A. ACEROS DE ADHERENCIA NORMAL

3.1. Probetas de ensayo

El ensayo se efectúa sobre probetas prismáticas de hormigón, de sección rectangular (fig. 2, de las siguientes características:

- Longitud: $L \geq 200 d + 50$ cm como mínimo, no inferior a 180 cm ni a $2 L_s + 30$ cm.
- Dimensiones transversales:
 - para armaduras activas de $d \geq 5$ mm, 8 cm como mínimo;
 - para armaduras activas de $d < 5$ mm, 5 cm como mínimo.

La sección de la probeta de ensayo (A_c , en cm²) es sensiblemente igual:

- al producto del número de armaduras activas por $0,8 f_{p,m,G}$ (kp) dividido por 150 (kp/cm²), o
- al cociente que resulta de dividir la fuerza de tesado inicial de las armaduras (P_1 en kp) por 150 kp/cm².

Las armaduras activas se disponen simétricamente en la sección de la probeta de ensayo con un recubrimiento mínimo de 2 cm.

Estas armaduras se utilizan tal como se reciben en obra y se tesan sobre un banco de pretensado, 24 horas antes del hormigonado, con la fuerza $P_1 = 0,8 f_{p,m,G}$; la fuerza de tesado se comprueba y se restablece, en su caso, en el momento del hormigonado.

En el tesado de las armaduras se realiza por escalones (tres como mínimo), comprobándose simultáneamente las cargas y las deformaciones, las cuales se compararán con las del diagrama «carga-deformación» característico del acero ensayado, con el fin de evitar cualquier error en la valoración e la fuerza de tesado inicial.

Se recomienda tesar las armaduras separadamente, elemento por elemento, y restablecer, en su caso, también individualmente, la fuerza de tesado en estas armaduras, al final, en orden inverso al que se ha seguido al tesarlas inicialmente. Esto tiene por objeto asegurar la uniformidad de la fuerza de tesado en todos los elementos de la armadura activa.

El anclaje de las armaduras en el banco de pretensado debe realizarse con la máxima atención. En principio no se tolera ningún deslizamiento después del tesado de las armaduras.

Durante el hormigonado se fabricarán con el mismo hormigón y el mismo modo de compactación utilizado para la fabricación de las probetas de ensayo que se van a pretensar, probetas cilíndricas testigo destinadas a la determinación de la resistencia del hormigón a compresión.

Cuando la resistencia del hormigón alcance los 250 kp/cm² se procederá al pretensado de las probetas de ensayo. Para ello se soltarán lenta y progresivamente las armaduras de sus anclajes provisionales extremos, con el fin de evitar todo choque o excentricidad sensible de la fuerza de pretensado. A tal objeto se recomienda soltar simultáneamente todas las armaduras.

3.2. Mediciones

Las mediciones consisten en la determinación, en los extremos de las probetas, de la penetración δ (mm) de cada uno de los elementos de la armadura activa; es decir, el desplazamiento relativo de las secciones del acero y del hormigón que se encontraban, antes de la introducción del pretensado, en la testa de la probeta (fig. 3).

La medición de la penetración δ se efectúa por medio de comparadores con una precisión de 0,01 mm por lo menos u otros dispositivos equivalentes. Estos aparatos se fijan sobre las armaduras a una distancia «a» de las testas de las probetas de ensayo de hormigón (fig. 3). La lectura del comparador « l_m » (mm) indica, por consiguiente, la suma de la penetración « δ » y del acortamiento elástico « $\epsilon_s \cdot a$ » de la armadura en la longitud «a» (mm).

La penetración δ de una armadura se calcula mediante la expresión:

$$\delta = l_m - \epsilon_s \cdot a = l_m - \frac{P \cdot a}{E_s \cdot A_{pn}} \tag{1}$$

Estas mediciones se efectuarán:

- en el momento del pretensado;
- una hora después de efectuado el pretensado;
- seis horas después de efectuado el pretensado;
- veinticuatro horas después de efectuado el pretensado;
- siete días después de efectuado el pretensado.

3.3. Determinación de la longitud de anclaje

Se calcula la media (δ_m) de las penetraciones de todas las armaduras después de siete días. La longitud convencional de anclaje se considera igual a:

$$L_s = 3,5 \frac{E_s \cdot A_{pn}}{f_{p,m,G}} \delta_m \tag{2}$$

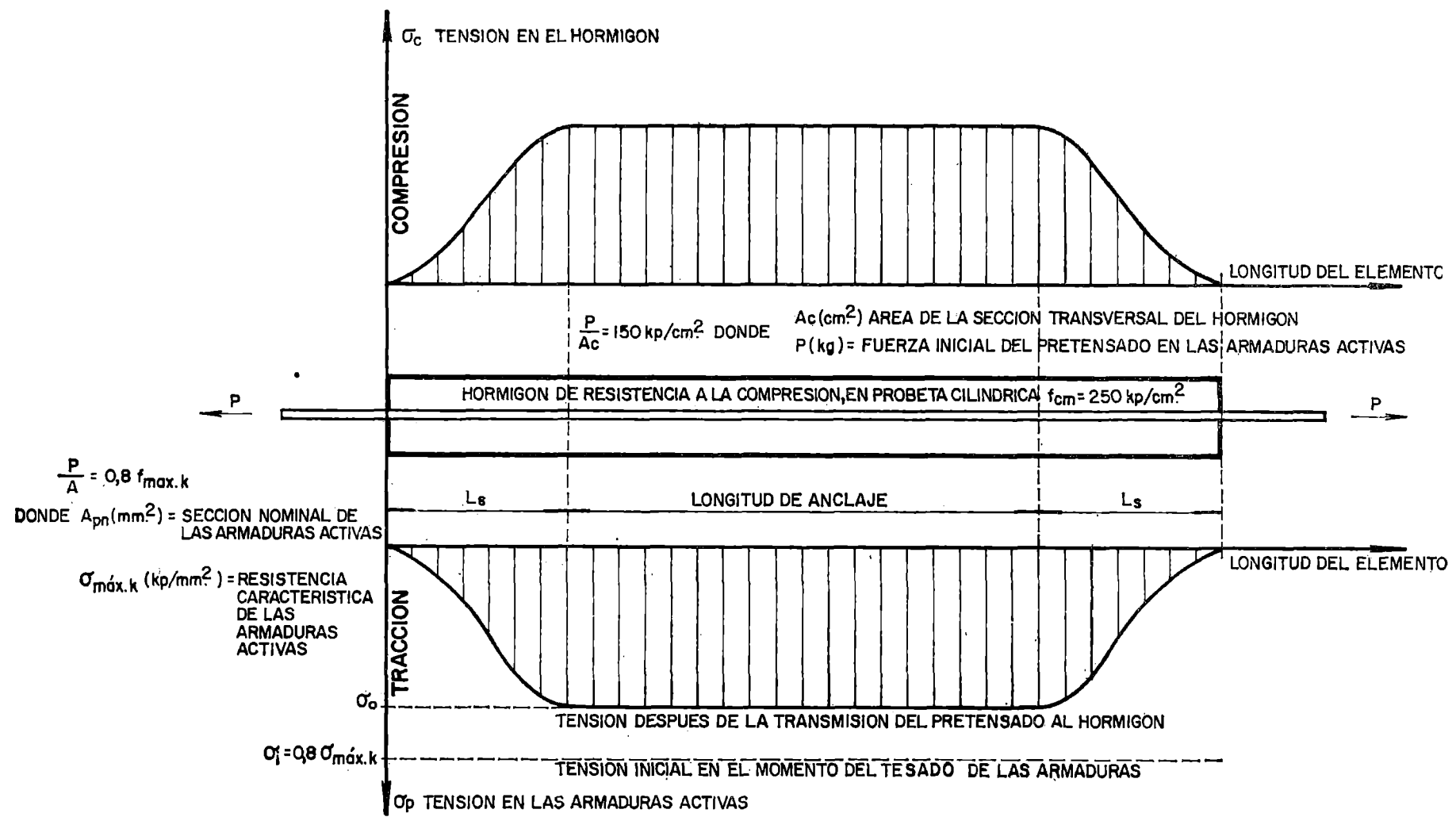
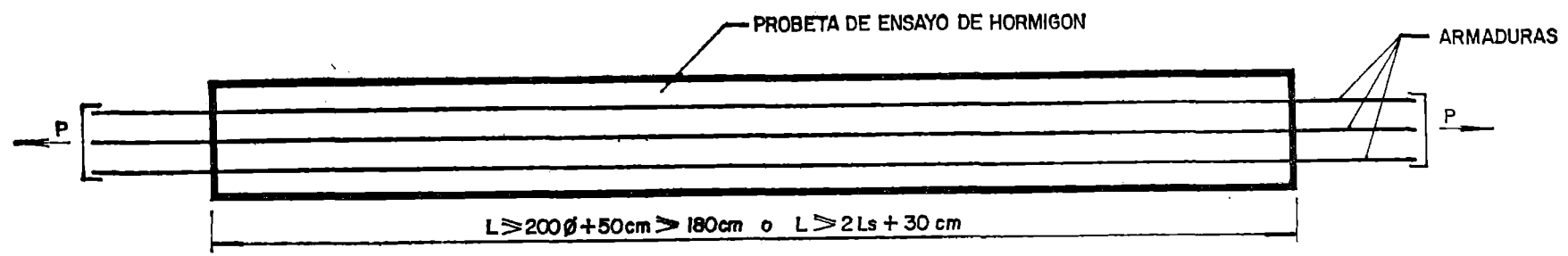


Fig. 1.—Definición de la longitud de anclaje

ALZADO



SECCION DE LA PROBETA DE ENSAYO: $A_c = \frac{P}{150} (\text{cm}^2)$ DIMENSIONES: $h_{\text{min.}} = b_{\text{min.}} = \begin{cases} 5\text{cm. PARA } d < 5\text{mm.} \\ 8\text{cm. PARA } d \geq 5\text{mm.} \end{cases}$

SECCIONES TRANSVERSALES

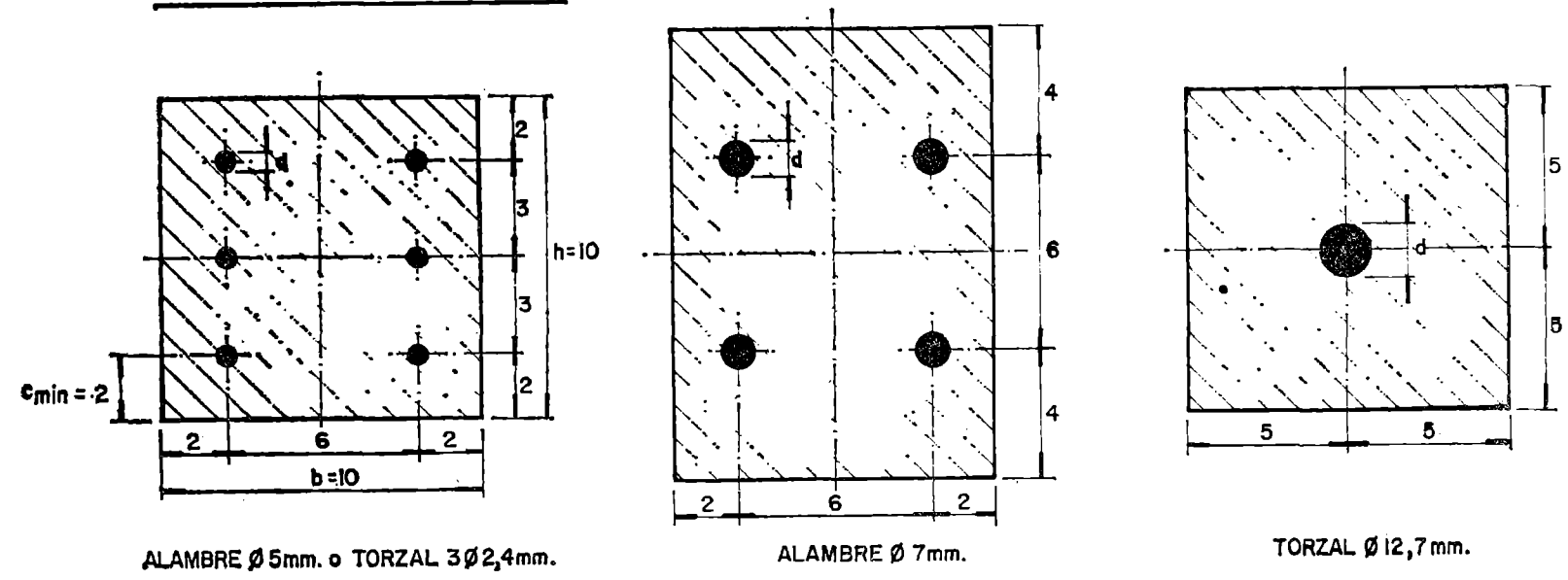
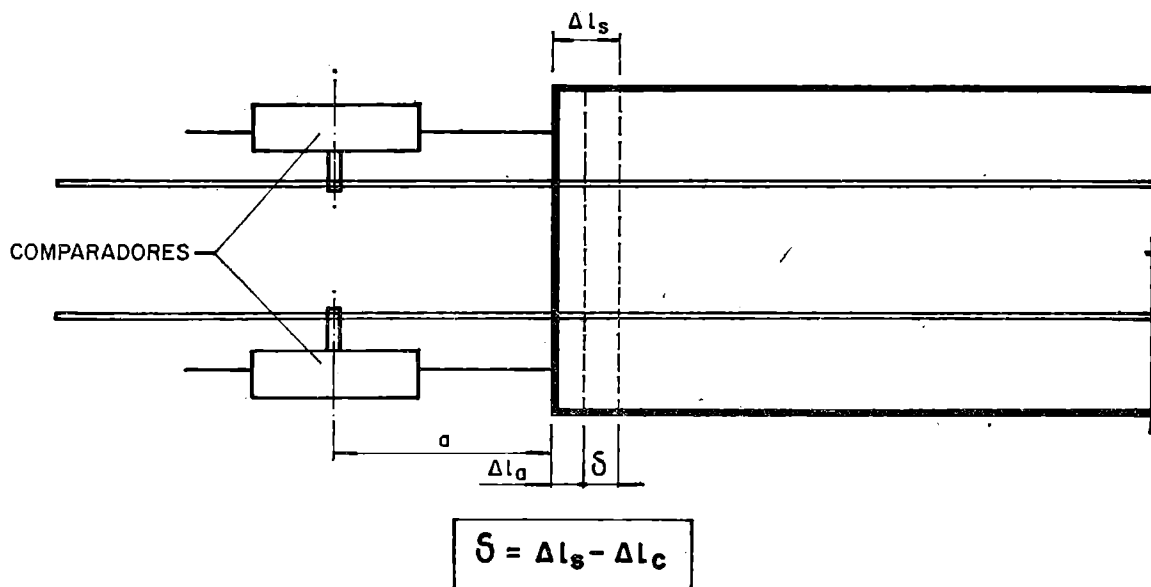


Fig. 2.—Ejemplos de probetas



δ = PENETRACION DE LAS ARMADURAS EN EL HORMIGÓN

Δl_s = ACORTAMIENTO DE LAS ARMADURAS AL SOLTARLAS DE SUS ANCLAJES

Δl_c = ACORTAMIENTO DEL HORMIGÓN EN EL MOMENTO DE LA TRANSMISION DEL PRETENSADO

Fig. 3.—Medición de la penetración de las armaduras en el hormigón

Para obtener un valor representativo de la media « δ_m », el número de probetas de ensayo deberá ser por lo menos igual a tres para tener en cuenta la dispersión debida al hormigón, y el número de armaduras de tales probetas deberá ser tal que se disponga por lo menos de doce valores de penetración de las armaduras.

A modo de comprobación, durante el ensayo se puede dibujar un diagrama de la distribución de las deformaciones longitudinales del hormigón « ϵ_c » a lo largo de toda la probeta (figura 4).

La longitud de transmisión de la fuerza de pretensado de las armaduras al hormigón corresponde a la longitud de la zona de las deformaciones crecientes. Esta longitud debe ser sensiblemente igual (con una aproximación del 10 por 100) a la longitud media de anclaje calculada a partir de las penetraciones de todas las armaduras en el extremo correspondiente de la probeta de ensayo examinada (fórmula 2).

3.4. Informe del ensayo

En el informe del ensayo deberán indicarse:

- 1.° Las condiciones del ensayo (la composición y la resistencia del hormigón, su edad en el momento de la introducción del pretensado, la disposición de las armaduras activas, la fuerza de tesado, etc.).
- 2.° Los valores de los resultados de las mediciones (l_m) y su evolución durante los siete días de observación después del pretensado de las probetas de ensayo.
- 3.° El cálculo de la penetración δ en todos los extremos de las probetas de ensayo, su valor medio (δ_m) y su dispersión cuadrática:

$$\sigma_\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\delta_i^2 - \delta_m^2)}{n-1}}$$

- 4.° El cálculo de la longitud convencional de anclaje L_a .

A modo de comprobación se puede dar el diagrama de la distribución de las deformaciones longitudinales del hormigón « ϵ_c » en las probetas de ensayo a los siete días de efectuado el pretensado.

3.5. Validez de los resultados

Los resultados del ensayo para la determinación de la longitud de anclaje se considerarán válidos si:

- 1.° La longitud de anclaje $L_a \leq 0,5 L - 15$ cm.
- 2.° Las penetraciones de las armaduras, medidas durante el ensayo [$l_m = f(t)$ o $\delta = f(t)$], tienden a estabilizarse (valor a las 24 horas $\geq 0,9$ del valor a los siete días).
- 3.° La dispersión σ_δ de las penetraciones de las armaduras es inferior al 30 por 100.
- 4.° No se presenta ninguna fisuración en la superficie del hormigón durante el ensayo.

En caso contrario, el ensayo debe repetirse. Si únicamente no se satisface la primera condición, el nuevo ensayo se efectuará en las mismas condiciones, pero con probetas de ensayo más largas ($L \geq 2 L_a + 50$ cm). Si las condiciones que no se satisfacen son las demás, el nuevo ensayo deberá realizarse de acuerdo con las prescripciones de los puntos B o C.

B. ACEROS DE ALTA ADHERENCIA

En el caso en que durante el ensayo de los alambres, barras o torzales, realizados utilizando las probetas de hormigón de 250 kp/cm² de resistencia, definidas en el párrafo 3.1, se observe alguna fisuración, se repetirán idénticos ensayos a los allí descritos sobre probetas análogas, pero fabricadas con hormigón de 400 kp/cm² de resistencia en el momento de soltar las armaduras.

Todas las demás condiciones del ensayo, es decir, las dimensiones de las probetas de ensayo, el número y disposición de las armaduras activas, así como la fuerza de tesado inicial en ellas introducida, seguirán siendo iguales a las indicadas para el ensayo con aceros de adherencia normal (punto A).

Las penetraciones de las armaduras y las longitudes de anclaje se obtendrán de acuerdo con las fórmulas (1) y (2). Los párrafos 3.4 y 3.5 seguirán siendo válidos.

Durante el ensayo no deberá aparecer ninguna fisura en el hormigón. En caso contrario, la longitud de anclaje de los aceros correspondientes se determinará de acuerdo con las prescripciones del punto C siguiente.

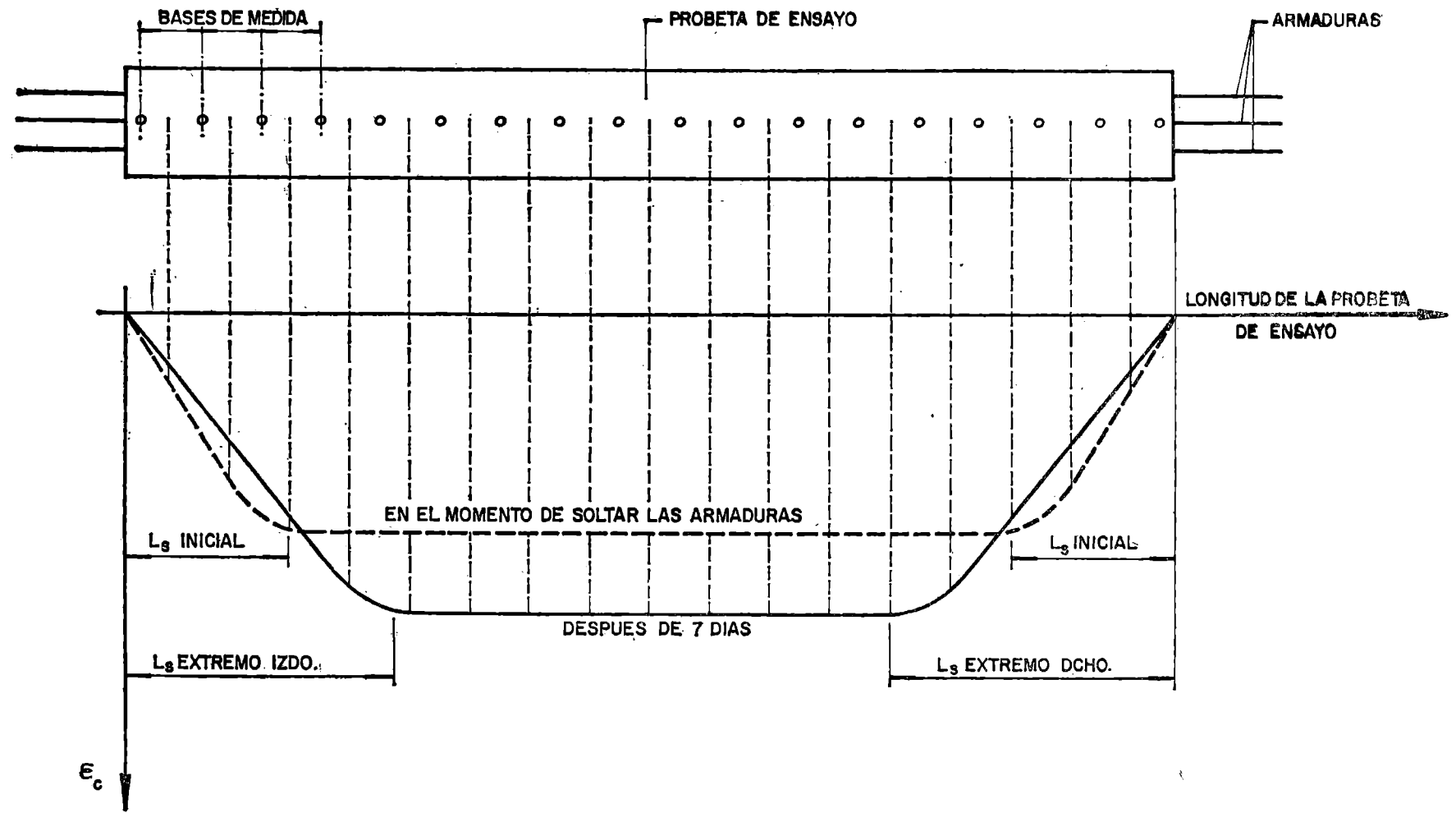


Fig. 4.—Determinación de la longitud de anclaje a partir de las deformaciones del hormigón

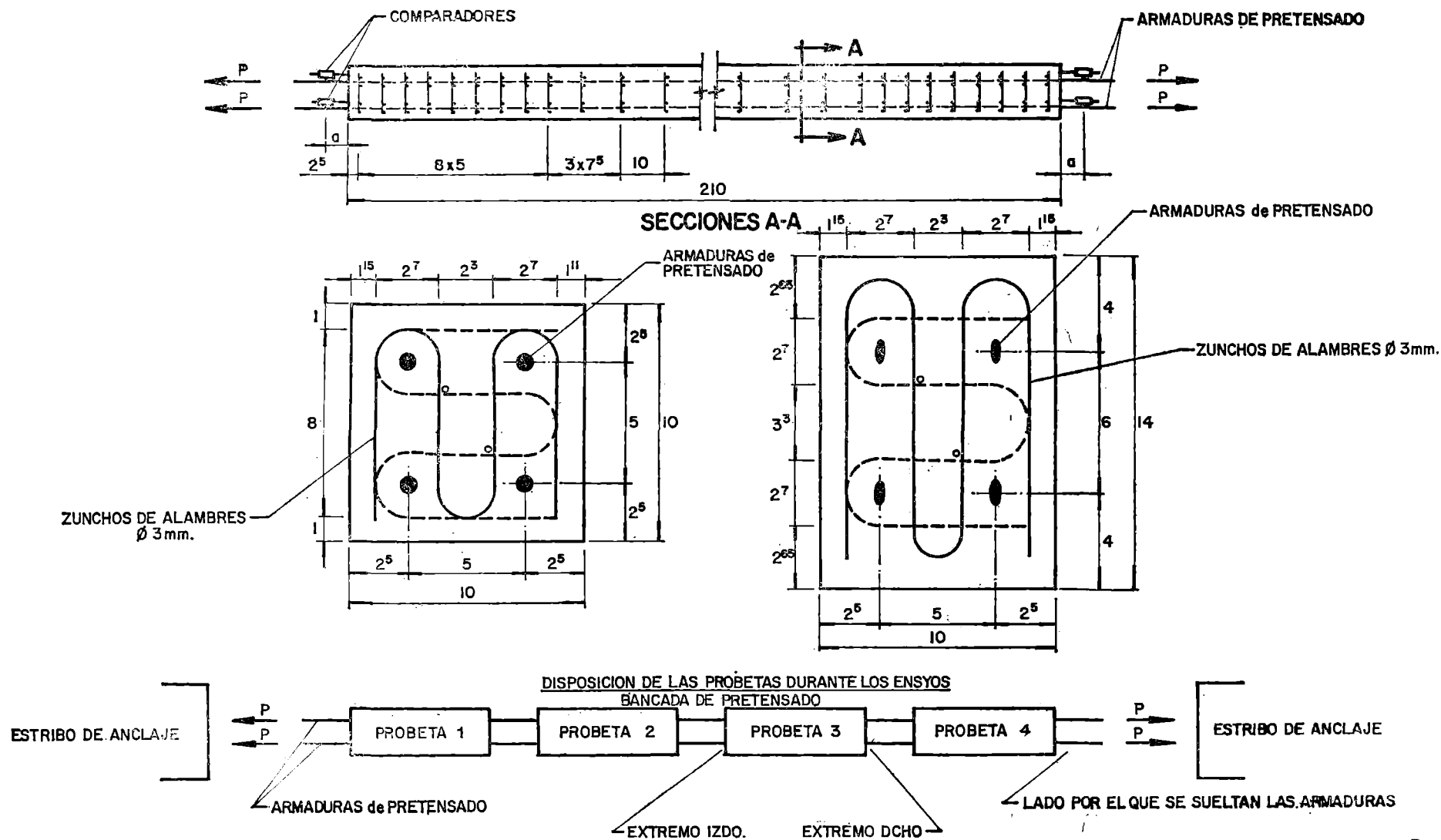
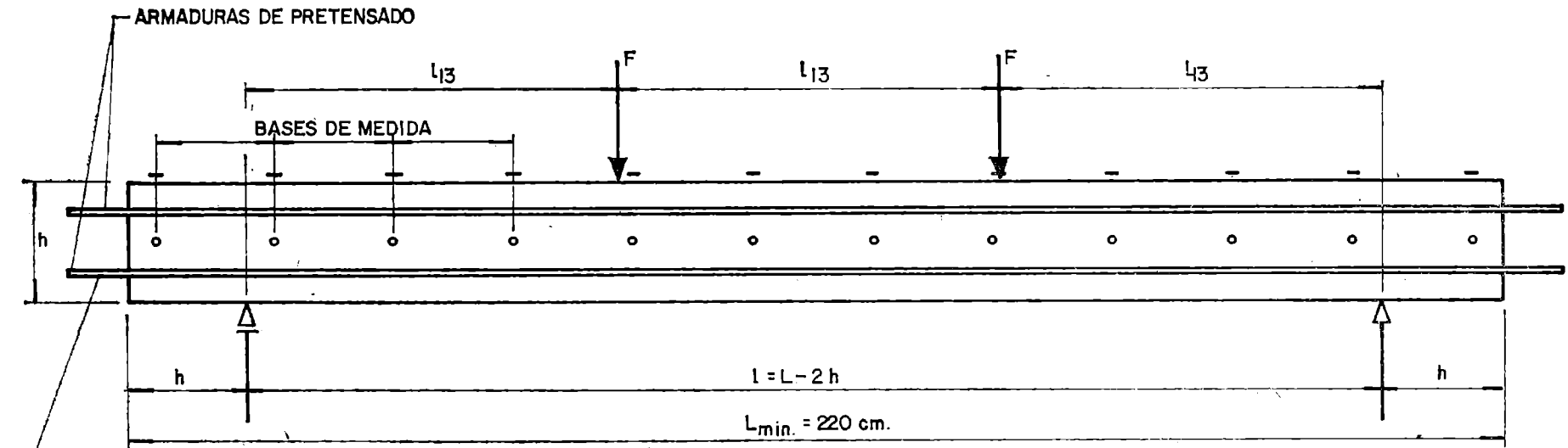


Fig. 5.—Ejemplos de probetas zunchadas



REFERENCIAS PARA LA MEDICION DEL DESLIZAMIENTO

$$Q_{m\acute{a}x} = 37,5 \frac{bh^2}{l} \text{ (kg.)}$$

$$Q_{min} = 12,5 \frac{bh^2}{l} \text{ (kg.)}$$

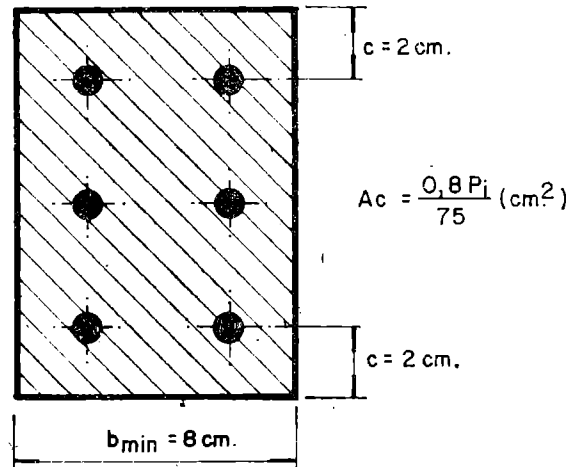


Fig. 6.—Condiciones de ensayo en flexi3n alterna

C. ACEROS DE ADHERENCIA EXCEPCIONAL

Los ensayos destinados a determinar las características adherentes de estos aceros se efectuarán según el proceso definido en los párrafos 3.1 a 3.5, pero sobre probetas de hormigón zunchado (fig. 5). La resistencia del hormigón de las probetas de ensayo en el momento de la introducción del pretensado será de 400 ó 500 kp/cm² (de acuerdo con las indicaciones del fabricante del acero). Esta resistencia se medirá sobre probetas testigo no zunchadas.

El zunchado se elegirá de forma que se impida toda fisuración de las probetas durante el ensayo destinado a determinar la longitud de anclaje. En el correspondiente informe del ensayo se precisarán las características del zunchado elegido. A título de ejemplo, en la figura 5 se representa un zunchado normal.

4. DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE ADHERENCIA DE LAS ARMADURAS DE PRETENSADO DESTINADAS A ELEMENTOS SOMETIDOS A FATIGA

4.1. Fundamento del ensayo

El ensayo consiste en determinar una longitud convencional de anclaje (L_a , en mm) sobre probetas de ensayo sometidas a un millón de ciclos de sollicitaciones provocadas por un momento flector variable entre:

— un valor máximo M_{max} limitado por la descompresión del hormigón de la probetas de ensayo y

— un valor mínimo $M_{min} = \frac{1}{3} M_{max}$.

4.2. Probetas de ensayo

El ensayo se efectuará sobre probetas prismáticas de hormigón, de sección rectangular. La longitud de la probeta (L) será por lo menos igual a $2L_a + 60$ cm y siempre mayor que $200d + 100$ cm, con un mínimo de 220 cm (fig. 6). La anchura mínima (b) de la sección será de 8 cm. Las armaduras activas (alambres, barras o torzales) se distribuirán simétricamente en la sección de la probeta de ensayo (pretensado centrado) con un recubrimiento (c) constante de 2 cm. Se tesarán inicialmente 24 horas antes del hormigonado y se retesarán en el momento del hormigonado con una fuerza $P_1 = 0,8 f_{pm,0}$. (En cuanto a la forma de realizar el pretensado véase el párrafo 3.1.)

El área de la sección transversal de la probeta de ensayo (A_c) será sensiblemente igual al producto del número de armaduras activas (alambres, barras o torzales) por $\frac{0,8 f_{pm,0} (kp)}{75 (kp/cm^2)}$, es decir,

al cociente que resulta de dividir la fuerza de tesado inicial de las armaduras (P_1 en kp) por 75 kp/cm².

4.3. Pretensado y hormigón de las probetas de ensayo

El pretensado de las probetas de ensayo se efectuará soltando simultáneamente todas las armaduras en el momento en que el hormigón tenga una resistencia media, en probeta cilíndrica (f_{cm}), igual a:

- 250 kp/cm², cuando las armaduras activas están constituidas por aceros de adherencia normal;
- 400 kp/cm² si se trata de aceros de alta adherencia, y
- 400 ó 500 kp/cm², de acuerdo con las indicaciones del fabricante del acero, en el caso de aceros de adherencia excepcional.

En este último caso, las probetas que vayan a ser pretensadas se zuncharán de acuerdo con lo indicado en la figura 5 (véase punto C).

4.4. Mediciones y determinación de la longitud inicial de anclaje

En el momento de la transmisión del pretensado se medirá, en los dos extremos de cada probeta de ensayo, la penetración « l_m » y se calculará el valor de δ (fórmula 1) para cada uno de los elementos de la armadura activa (alambres, barras o torzales). Se registrará también la evolución de las deformaciones longitudinales del hormigón « ϵ_c » a lo largo de las dos caras laterales de la probeta de ensayo.

Estas mediciones se repetirán:

- una hora después de efectuado el pretensado;
- seis horas después de efectuado el pretensado;
- veinticuatro horas después de efectuado el pretensado;
- cuarenta y ocho horas después de efectuado el pretensado.

La longitud inicial de anclaje (L_a , a las cuarenta y ocho horas) se calculará a partir de la fórmula (2). Se comparará con la longitud media de anclaje determinada a partir de la distribución de las deformaciones longitudinales del hormigón $\epsilon_c = f(L)$ (fig. 4).

4.5. Ensayo de fatiga

Cuarenta y ocho horas después de la transmisión del pretensado se someterá la probeta de ensayo a fatiga, en flexión simple, bajo la acción de dos cargas concentradas situadas a los tercios de la luz (l en cm) de la probeta de ensayo. Esta se situará sobre apoyos colocados a una distancia de los extremos de la pieza igual al canto « h » de la probeta de ensayo (fig. 6).

Se considera como carga máxima de fatiga (Q_{max}) la que provoca en la zona de momento constante de la probeta de ensayo, en el plano inferior, una tensión sensiblemente igual a 75 kp/cm². Se adoptará:

$$Q_{max} = 37,5 \frac{bh^2}{l} \text{ kp}$$

La carga mínima (Q_{min}) será igual a un tercio de la carga máxima:

$$Q_{min} = 12,5 \frac{bh^2}{l} \text{ kp}$$

La frecuencia de la puesta en carga estará comprendida entre 3 y 10 Hz (de 180 a 600 ciclos/minuto). El ensayo se prolongará hasta alcanzar un millón de ciclos.

4.6. Resultados de los ensayos

Se anotarán las deformaciones longitudinales del hormigón ($\epsilon_c = f(L)$), sin sobrecarga, después de $0,25 \times 10^6$, $0,50 \times 10^6$ y 1×10^6 ciclos, determinadas de forma análoga a como se ha indicado precedentemente (véase párrafo 4.4).

Se determinará después la evolución de la longitud de anclaje a partir de las modificaciones de la distribución de las deformaciones del hormigón (ϵ_c) medidas durante el ensayo de fatiga.

Se anotarán, además, los valores de los deslizamientos eventuales de las armaduras activas durante las 10^6 sollicitaciones. Para ello, y antes de iniciar el ensayo de fatiga, se marcarán sobre las armaduras las oportunas señales de referencia (fig. 6).

La carga estática que produce el deslizamiento de las armaduras activas o la rotura de la probeta de ensayo puede determinarse después de concluido el ensayo de fatiga.

Se indicará igualmente la resistencia del hormigón (f_{cm}) al final del ensayo.

4.7. Número de ensayos que deben realizarse

Se fabricarán simultáneamente tres probetas idénticas de ensayo por lo menos. Los ensayos de fatiga se efectuarán como mínimo sobre dos de estas probetas. Las restantes no será necesario ensayarlas a no ser que no exista concordancia entre los resultados obtenidos sobre las dos primeras.

METODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE CLORUROS EN CEMENTO Y ARIDOS PARA LA CONSTRUCCION

1. OBJETO

El presente método de análisis tiene por objeto valorar pequeños contenidos (trazas) de cloruros en cementos y áridos para la construcción (1).

A los efectos de este método y por su pequeña importancia, en el valor de los cloruros se incluyen los contenidos de yoduros y de bromuros presentes en los materiales analizados.

2. FUNDAMENTO DEL METODO

El método se basa en la medida de la turbidez producida por la precipitación del cloruro de plata (ClAg) en solución acidulada con ácido nítrico.

(1) Operando en las condiciones descritas en el presente método es posible valorar con exactitud en estos materiales contenidos de cloruros de hasta 0,20 por 100; este margen de apreciación puede elevarse al doble o al triple (0,4 ó 0,6 por 100); partiendo de 0,5 g de muestra en lugar de 1 g indicado por el método y/o tomando 10 ml de la solución preparada problema (apartado 6.2.2) en vez de los 20 ml que el método prescribe. Cuando la proporción de cloruros en la muestra analizada es superior a 0,50 ó 0,60 por 100, puede alcanzarse una exactitud similar a la proporcionada por el presente método valorando directamente este componente por el método de Mohr, de mayor simplicidad que éste.

3. ALCANCE

Por ser la turbidez del cloruro de plata que se mide en este método función lineal de la concentración de cloruros únicamente para pequeños contenidos de cloruros, el método es sólo aplicable cuando la solución de la muestra, preparada según el procedimiento que se describe en el apartado 6.1 de este método de ensayo, contiene una concentración de ión cloro igual o menor que 0,4 mg/100 ml (2).

4. APARATOS NECESARIOS

- Machacadora y molino (3).
- Tamiz con luz de malla de 0,200 mm (900 mallas/cm²) (3).
- Balanza analítica de precisión.
- Estufa regulada a 105-110° C.
- Baño María.
- Baño termostataado regulable a 40 ± 1° C.
- Nefelómetro con sus accesorios.
- Pipetas aforadas de 1, 2, 10 y 20 ml.
- Matraces aforados de 100, 500 y 1.000 ml.
- Vasos de precipitado de 250 y 600 ml.
- Embudos, etc.

5. REACTIVOS NECESARIOS

- Disolución de ácido nítrico 1:1.
- Disolución de nitrato de plata al 1 por 100. Se prepara por disolución de 1 g de NO₃Ag en 100 ml de agua destilada (4).

5.1. Preparación de la serie patrón de cloruros

5.1.1. Disolución patrón matriz

Disolver 0,824 g de ClNa p. a. en 400 ml de agua destilada (4) y transferir esta disolución a un matraz aforado de 500 ml, enrasándolo con agua destilada (de esta forma la solución contiene 0,001 g de Cl⁻/ml).

5.1.2. Disolución patrón de cloruros

Tomar 5 ml de la «disolución patrón matriz», preparada según ha quedado descrito en el apartado 5.1.1 de este método de ensayo, y diluir a 500 ml con agua destilada en un matraz aforado de esta capacidad (de esta forma la solución contiene 0,01 mg de Cl⁻/ml).

5.1.3. Disolución de iones concurrentes (5)

La «disolución de iones concurrentes» se prepara por mezcla de las soluciones M y N, cuya preparación se describe a continuación, teniendo en cuenta las indicaciones abajo señaladas.

Solución M

Disolver en unos 400 ml de agua destilada, contenida en un vaso de precipitado de 600 ml de capacidad, las siguientes cantidades de las sales que se indican a continuación:

Peso	Sal
0,736 g	(NO ₃) ₃ Al.9H ₂ O p.a.
0,506 g	(NO ₃) ₃ Fe.9H ₂ O p.a.
8,895 g	(NO ₃) ₂ Ca.4H ₂ O p.a.
0,836 g	(NO ₃) ₂ Mg.6H ₂ O p.a.

Solución N

Disolver en unos 300 ml de agua destilada, a los que se añaden 5 ml de NO₃H 1:1, contenidos ambos líquidos en un matraz aforado de 1.000 ml:

0,558 ml de SiO₃Na₂ siruposo

Por último, verter lentamente, y agitando para procurar que no se forme precipitado, la disolución M sobre la disolución N que se encuentra contenida en el matraz aforado antes indicado

(2) Esto equivale a decir que el método es válido siempre que la lectura de la turbidez de la solución preparada con la muestra incógnita sea inferior a la lectura de la turbidez del patrón más concentrado que se toma como 100.

(3) Estos instrumentos son necesarios únicamente en el caso del análisis de áridos.

(4) Es indispensable utilizar en todas las operaciones requeridas en el método (disoluciones, lavado de residuos, etc.) agua destilada exenta de cloruros debiéndose rechazar, por lo tanto, el agua destilada que dé la menor opalescencia al añadirle, en medio nítrico, unas gotas de disolución de nitrato de plata al 1 por 100.

(5) Véase lo indicado en la nota 9.

y enrasar éste a 1.000 ml con agua destilada. Si la disolución no resulta transparente debe filtrarse a través de un papel de filtro de porosidad media.

6. METODO DE ENSAYO

6.1. Preparación de la muestra problema

Desecar la muestra en una estufa regulada a 105-110° C hasta obtener constancia de peso.

La muestra de árido debe molerse antes de su análisis hasta alcanzar una finura menor de 200 micras (residuo cero sobre tamiz de 900 mallas/cm²). El cemento no requiere esta molienda previa.

Pesar 1 g de la muestra (de cemento o de árido molido a la finura indicada) desecada a 105-110° C, con una precisión superior a la milésima de gramo (6).

Situarse la muestra pesada en un vaso de precipitado de 250 ml de capacidad y de forma alta, añadir 10 ml de ácido nítrico 1:1 (7) y calentar en baño María durante unos 5 minutos hasta completar el ataque y total eliminación del dióxido de carbono de la muestra (hervir un instante si es necesario). Diluir con agua destilada hasta obtener unos 30 ml y filtrar la disolución a través de un papel de filtro de porosidad media (banda blanca), lavando a continuación el residuo que queda sobre el papel de filtro con agua destilada hasta obtener un volumen total de filtrado de unos 70 a 80 ml, recogiendo los líquidos en un matraz aforado de 100 ml y añadiendo, por último, agua destilada hasta enrasar dicho matraz. A esta disolución se le denomina «solución preparada problema» (8).

6.2. Preparación de las suspensiones de cloruro de plata

NOTA: Antes de proceder a la preparación de las suspensiones de cloruro de plata (de los patrones y de la muestra incógnita), cuya técnica se describe en este apartado, es necesario tener a régimen el baño termostataado regulado a 40 ± 1° C que se precisa para realizar la valoración de cloruros según este método y disponer de agua con hielo para las operaciones posteriores

6.2.1. Suspensiones patrón de cloruro de plata

Disponer ocho matraces aforados de 100 ml de capacidad debidamente rotulados para su fácil identificación y verter en cada uno de ellos 20 ml de la «disolución» de iones concurrentes» (preparada según el procedimiento descrito en el apartado 5.1.3) y las cantidades respectivas que se indican a continuación de la «disolución patrón de cloruros» (preparada igualmente según el procedimiento descrito en el apartado 5.1.2 de este método de ensayo) (9).

Las cantidades de la «disolución patrón de cloruros» añadidas a los siete primeros matraces son, respectivamente: 40, 20, 10, 4, 2 y 1 ml, que se miden con pipetas aforadas. Al último matraz (núm. 8) no se le incorpora cantidad alguna de la mencionada «disolución patrón de cloruros».

En cada uno de los ocho matraces anteriores se introducen, además, 2 ml de ácido nítrico 1:1 y 2 ml de nitrato de plata al 1 por 100 y, por último, se enrasan los matraces con agua destilada. Los patrones de 0,00 y de 0,40 mg de Cl⁻/100 ml, y precisamente en este orden, deben prepararse en primer lugar porque dichos patrones son los primeros que hay que utilizar en la calibración del nefelómetro, según se indica en el apartado 7.

(6) Cuando se desconoce el orden de magnitud de los cloruros existente en la muestra analizada puede partirse de 2 g de muestra problema, que se atacarán con el doble de las cantidades de reactivo señaladas en el apartado 6.1 de este método de ensayo, obteniéndose al final 200 ml de la «solución preparada problema» (contenidos en un matraz aforado de esta capacidad). Los primeros 100 ml de dicha disolución se destinan a la valoración del contenido de cloruros por el método de Mohr (determinación volumétrica con nitrato de plata en presencia de cromato potásico como indicador interno), continuándose la valoración de los restantes 100 ml de la «solución preparada problema» por el presente método descrito, si el contenido de cloruros ha resultado inferior a 0,4 ó 0,5 por 100.

(7) Si el árido analizado es de naturaleza caliza es necesario emplear mayor cantidad de ácido nítrico 1:1 que la indicada, porque parte del ácido se consume en neutralizar los carbonatos del árido. En este caso se inicia el ataque de la muestra añadiendo gota a gota la disolución de ácido nítrico 1:1 hasta que cesa la aparición de espuma, entonces se adiciona el exceso de 10 ml de NO₃H 1:1.

(8) Cuando la muestra analizada contiene una concentración de ión cloruro inferior a 0,04 por 100 en el ensayo se utiliza la totalidad de la «solución preparada problema», debiéndose en este caso prescindir de enrasar el matraz que contiene estos líquidos para que puedan tener cabida en el volumen de 100 ml los reactivos (2 ml de NO₃H 1:1 y 2 ml de NO₃Ag al 1 por 100) que deberán adicionarse posteriormente al matraz (véase apartado 6.2.2 de este método de ensayo).

(9) Puede prescindirse de la adición de la «disolución de iones concurrentes» en análisis, donde no se precisa una elevada exactitud en los resultados.

Los matraces enrasados contienen las siguientes cantidades de ión cloruro:

Cantidad tomada (ml) de la «disolución patrón de cloruros»	mg de ión Cl ⁻ contenidos en los matraces enrasados a 100 ml
40 ml	0,40 mg/100 ml
20 ml	0,20 »
10 ml	0,10 »
5 ml	0,05 »
4 ml	0,04 »
2 ml	0,02 »
1 ml	0,01 »
0 ml	0,00 »

En general bastará con preparar las cinco disoluciones de 0,40, 0,20, 0,10, 0,05 y 0,00 mg Cl⁻/100 ml, y solamente cuando la concentración de cloruros en la muestra sea muy baja será necesario preparar las disoluciones de 0,04, 0,02 y 0,01 mg de Cl⁻/100 ml.

6.2.2. Suspensión de la muestra incógnita

En otro matraz aforado de 100 ml, marcado también con la rotulación precisa, verter 20 ml de la «solución preparada problema» (que se ha obtenido tras las operaciones descritas en el apartado 6.1 de este método de ensayo), 2 ml de ácido nítrico 1:1 y 2 ml de nitrato de plata al 1 por 100. Por último, enrasar el matraz con agua destilada (10).

6.3. Técnica para conseguir reproductividad en el tamaño de grano de las suspensiones de cloruro de plata

Inmediatamente después de enrasados los matraces que contienen las suspensiones de cloruro de plata obtenidas (de los patrones y de la muestra incógnita) se invierten dichos matraces tres veces para homogeneizar los líquidos en ellos contenidos.

A continuación se introducen los matraces en un baño de agua, termostataado a la temperatura de 40 ± 1° C, manteniendo dichos matraces en estas condiciones durante 30 ± 0,5 minutos, contados a partir del momento en que se adicionó el nitrato de plata (11).

Transcurridos los 30 minutos se sacan los matraces del termostato y se sumergen en agua con hielo para que alcancen rápidamente la temperatura ambiente (12), lo que se consigue en un periodo de unos 5 minutos. Una vez enfriados los matraces a la temperatura ambiente se sacan sucesivamente del agua helada y se mide su turbidez (poder de dispersión de la luz en nefelometría). Es necesario efectuar en todos los matraces las operaciones subsiguientes a la adición del nitrato de plata con ligereza y del mismo modo.

7. MEDIDA DE LA LUZ DISPERSADA

La medida de la luz dispersada por las distintas suspensiones de cloruro de plata preparadas se efectúa con ayuda de un nefelómetro de elevada sensibilidad, pudiendo aumentarse la sensibilidad del aparato acoplando al nefelómetro un galvanómetro del tipo «multiflex».

Antes de introducir las suspensiones de cloruro de plata en la cubeta del nefelómetro es necesario agitar dos veces los matraces que las contienen para homogeneizar los líquidos.

Se comienzan las medidas de la dispersión de la luz graduando el aparato con las suspensiones patrón de cloruros más diluida (0,00) y más concentrada (0,40), con las que se imponen en la correspondiente escala del nefelómetro los valores respectivos de cero y de cien; a continuación se obtienen con las suspensiones patrón de cloruros de concentraciones intermedias las restantes lecturas que nos servirán para trazar la curva de

(10) La cantidad tomada de 20 ml de la «solución preparada problema» puede ser aumentada, pudiendo emplearse incluso la totalidad de la disolución si la concentración de cloruros de la muestra analizada es muy pequeña (téngase en cuenta entonces lo indicado en la nota 8 referente a no enrasar el matraz que contiene la «solución preparada problema».

(11) De estos 30 minutos se invierten 12 minutos en subir la temperatura interior del matraz desde la temperatura ambiente hasta 40° C.
 (12) Esta mezcla de hielo-agua puede conseguirse manteniendo en una nevera durante unas 2 horas aproximadamente, por cada matraz, un vaso de precipitado de 800 ml de capacidad con un volumen de agua de unos 400 ml (2/3 del total).

calibrado, y, por último, se mide en la misma escala el valor de la dispersión de la luz producida por la suspensión problema.

8. OBTENCION DE LOS RESULTADOS

El valor del contenido de cloruros de la muestra analizada se obtiene por extrapolación gráfica.

Para ello se dibuja en un papel milimetrado un sistema de coordenadas, representando en el eje de ordenadas los valores de las concentraciones de cloruros y en el eje de abscisas las lecturas obtenidas en el aparato. La curva de calibrado resulta de unir en dicho sistema de coordenadas los puntos representativos de las distintas soluciones patrón de cloruros. El valor de la concentración de cloruros de la disolución preparada problema es el correspondiente a la ordenada del punto en que la perpendicular trazada por el valor de su lectura en el aparato, representado en el eje de abscisas, corta a la curva de calibrado.

En el apartado 10 se incluye un ejemplo del modo cómo puede obtenerse el valor de la concentración de cloruros de la disolución preparada problema.

Por último, el contenido de cloruros de la muestra analizada, expresado en tanto por ciento de ión cloro, se obtiene por cálculo a partir de la expresión siguiente:

$$\text{contenido de cloruros (Cl}^{-}\text{), \%} = \frac{10 y_1}{P V} \quad (1)$$

donde:

y₁ = representa el valor de la ordenada del punto (expresado en mg Cl⁻/100 ml) en que la perpendicular trazada por el valor de la lectura del aparato representado en el eje de abscisas corte a la curva de calibrado;

P = es el peso en gramos de muestra tomada en el ensayo, y
 V = el volumen en mililitros de la «solución preparada problema» (de un total de 100 ml) medidos en la cubeta del nefelómetro.

9. PRECISION DE LOS RESULTADOS

En ausencia de interferencias, la precisión alcanzada y las tolerancias admitidas son:

9.1. Precisión

Los resultados de dos ensayos no deben diferir en más de 0,05 por 100.

9.2. Tolerancias

Las medias de los resultados no deben diferir del contenido real de ión cloro en más de ± 0,005 por 100.

10. EJEMPLO ACLARATORIO

En la determinación del contenido de cloruros de una muestra de cemento, realizada por el método nefelométrico anteriormente descrito, se ha obtenido una lectura de 40 unidades en la escala del aparato para una cantidad de muestra ensayada de 1 g, de la que se han valorado 50 ml de la «solución preparada problema» (lo que equivale a ensayar 0,5 g de muestra problema). En dicha escala las lecturas obtenidas con las soluciones patrón de cloruros han sido las siguientes:

mg de ión Cl ⁻ contenidos en los 100 ml de las soluciones patrón	Lectura del aparato
0,40 mg/100 ml	100
0,20 »	50
0,10 »	25
0,05 »	12,5
0,00 »	0

Representando los valores anteriores en un sistema de coordenadas se obtiene la curva de calibrado trazada en la figura 1. En esta figura el contenido de ión cloro de la fracción de muestra de cemento analizada corresponde al valor de la ordenada (y₁) del punto de intersección (p₁) entre la curva de calibrado y la perpendicular al punto (x₁), representativo del valor de la lectura obtenida en el nefelómetro con una muestra analizada de 0,5 g de peso.

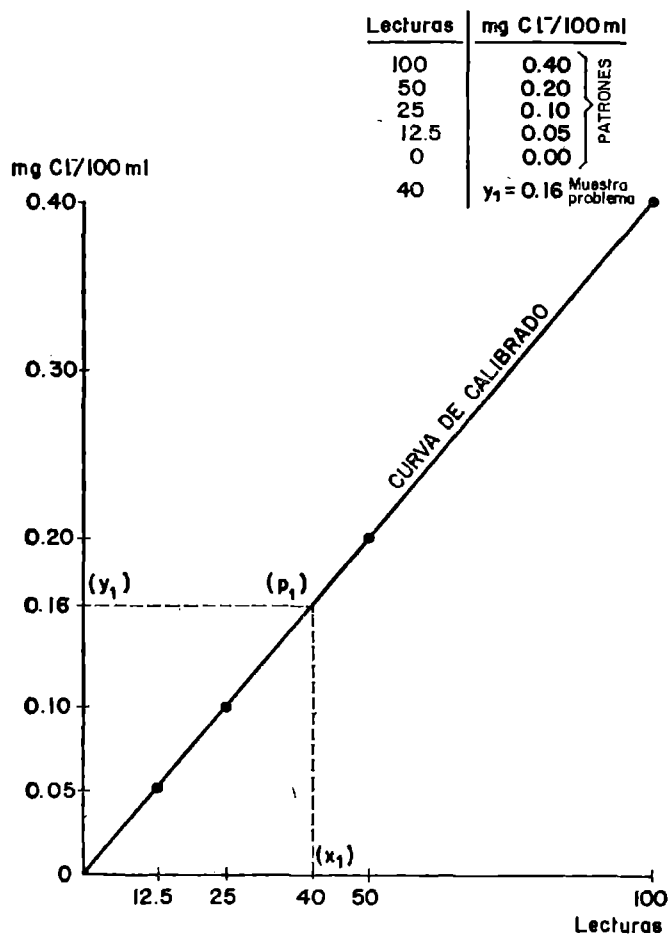


Fig. 1

Para expresar el contenido de cloruros de la muestra de cemento examinada en tanto por ciento debe aplicarse la expresión (1) del apartado 8, habiendo resultado en este caso el valor de $y_1 = 0.16$ mg para unas cantidades analizadas de muestra iguales a: $P = 1$ g y $V = 50$ ml.

Por lo tanto, el

$$\begin{aligned} \text{contenido de cloruros (Cl)}, \% &= \frac{10 y_1}{P V} \\ &= \frac{10 \cdot 0.16}{1 \cdot 50} = 0.32 \pm 0.005 \% \end{aligned}$$

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD DE LA INYECCION

1. DEFINICION Y APLICACIONES

El presente método de ensayo sirve para determinar tanto la exudación como la variación de volumen (expansión o contracción) de las mezclas, lechada o mortero, utilizada como producto de inyección de los conductos en que van alojadas las armaduras de pretensado.

2. APARATOS EMPLEADOS

Se utilizará un recipiente cilíndrico, de vidrio, de 10 cm de altura y 10 cm de diámetro, en el que se marcará una señal para indicar la altura de llenado, a_1 (véase fig. 1).

3. PROCEDIMIENTO OPERATORIO

En el recipiente de ensayo se verterá la cantidad necesaria de la mezcla de inyección hasta enrasar con la señal marcada en el mismo. Terminado el llenado se tapaná el recipiente para evitar la evaporación y se mantendrá así el tiempo preciso para que se establezca la decantación de la mezcla. Se

medirán entonces el nivel de agua, a_2 , y el de los materiales sólidos, a_3 .

Estas mediciones deberán hacerse también en una etapa intermedia para determinar la posible exudación de la mezcla transcurridas 3 horas desde su preparación.

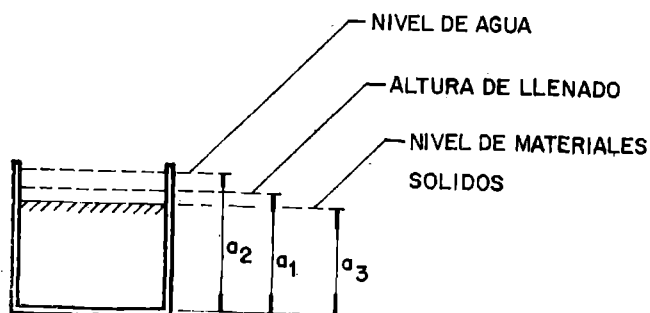


Fig. 1

$$VV = \frac{a_1 - a_2}{a_1} \cdot 100$$

Los resultados obtenidos se expresan en tanto por ciento del volumen inicial de la mezcla.

Por lo que respecta a la variación de volumen, si $VV > 0$ significa que hay contracción. Por el contrario, si $VV < 0$ significará que existe expansión.

METODO DE ENSAYO DE DESPEGUE DE LAS BARRAS DE NUDO EN MALLAS ELECTROSOLDADAS

1. OBJETO

La presente norma tiene por objeto establecer las condiciones en que debe realizarse el ensayo de despegue de las barras de nudo a la temperatura ambiente, en mallas electrosoldadas compuestas por barras corrugadas, que cumplan la norma UNE 36088, lisas de acero trefilado y corrugadas de acero trefilado. Estas mallas estarán formadas por barras de diámetro igual o mayor que 4 mm.

2. FUNDAMENTO DEL METODO

El ensayo consiste en someter al nudo en que se cruzan dos barras a un esfuerzo en la dirección del eje de una de ellas hasta conseguir que se despegue de la otra.

3. PROBETAS

Las probetas se tomarán de una malla dispuesta para su empleo, conforme a la figura 1. También se pueden utilizar probetas que ya han sido sometidas a carga en ensayo de tracción previo, siempre y cuando la soldadura se encuentre fuera de la zona de estricción de la rotura.

4. DISPOSITIVO DE ENSAYO

4.1. Descripción

El dispositivo de ensayo será el indicado en la figura 2, el cual consta de: (1) suplemento para la aplicación de las mordazas de la prensa de ensayos, (2) soporte para apoyo de la barra de anclaje, (3) pieza para fijación de barra de anclaje a soporte de barra de anclaje, (4) chapa gruesa que hace tope con la barra de tracción para evitar el doblado de ésta durante el ensayo, (5) tornillos de presión sobre la chapa (4) *, (6) tornillos de presión sobre la pieza de fijación de barra de anclaje a soporte de barra de anclaje.

4.2. Sujeción de las probetas

Las probetas deberán colocarse de manera que la barra de anclaje quede alojada en la entalladura que a tal efecto lleva la pieza (2) soporte de dicha barra. Seguidamente dicha barra será

* Estos tornillos deberán actuar sobre otra chapa separada de la (4) por unos rodillos para evitar que la intervención de esfuerzos de rozamiento incremente el esfuerzo de despegue medido.

aprisionada por la pieza (3) de fijación mediante los tornillos (6) de presión.

A continuación se actuará sobre los tornillos (5) hasta poner en contacto la pieza (4) con la barra de tracción.

5. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

En las probetas de barras aisladas, la barra de tracción de la que se tira siempre será la más gruesa de la probeta.

En las probetas de barras pareadas se tirará sólo de una de las dos barras posibles de tracción, refiriéndose el esfuerzo

de despegue, en el caso de que la sección nominal de la barra de anclaje sea mayor que la suma de las secciones nominales de las barras pareadas, a la mitad de la sección nominal de la barra de anclaje. En el caso de que la sección nominal de la barra de anclaje sea menor que la suma de las secciones nominales de las barras pareadas, el esfuerzo de despegue se referirá a la sección nominal de la barra de tracción.

Se procurará que en todo momento la dirección de la fuerza de tracción sea coincidente con el eje de la barra de tracción.

La velocidad de carga no debe rebasar los 200 kp/cm²s.

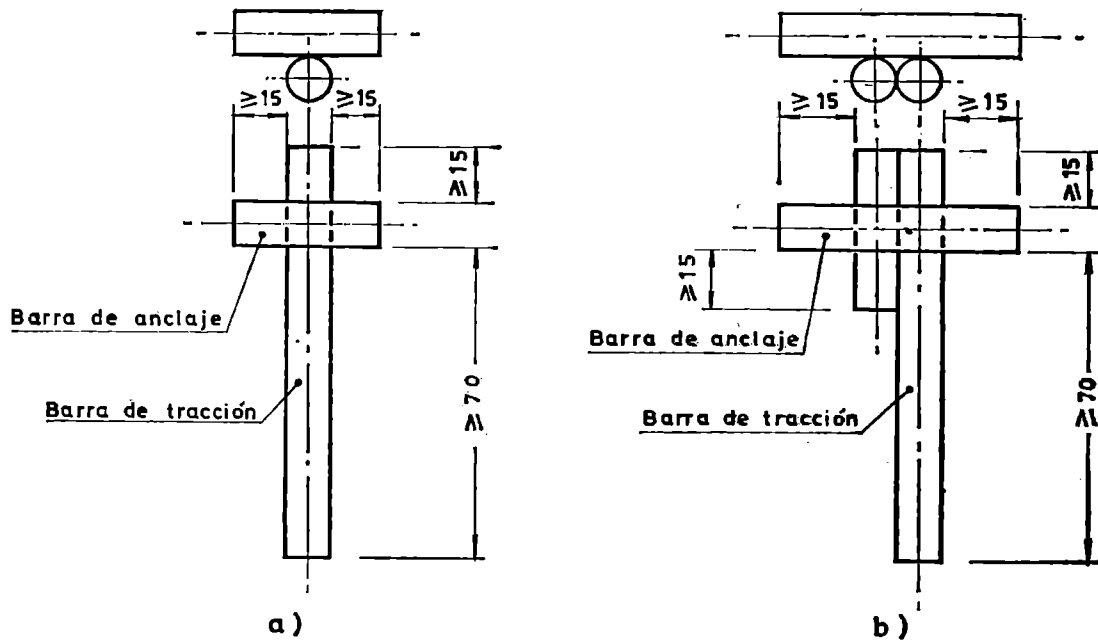


Fig. 1.—Probetas para ensayo de despegue de las barras de nudo en mallas electrosoldadas. a) Para barras aisladas. b) Para barras pareadas (medidas en mm.)

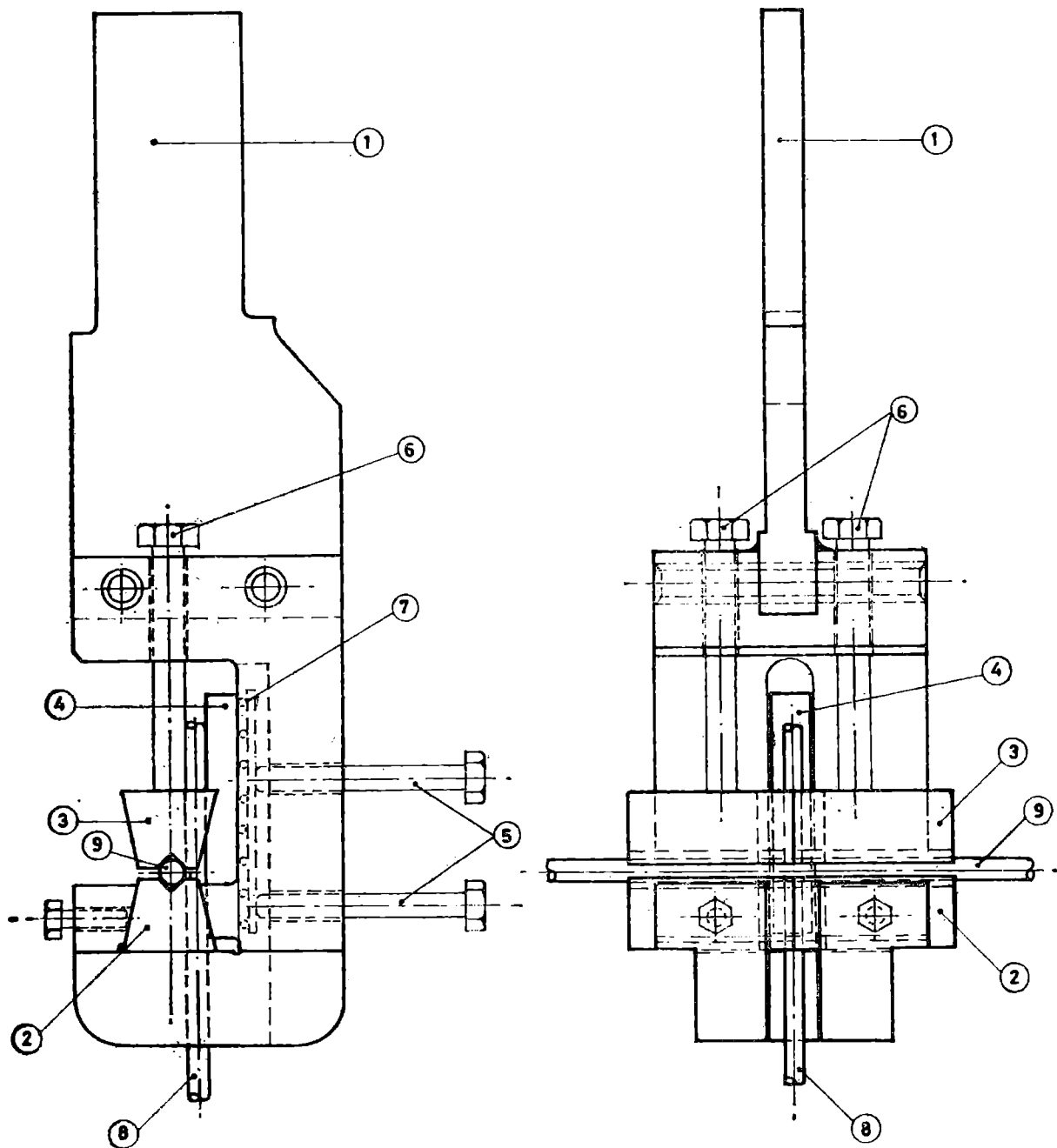


Fig. 2.—Dispositivo para efectuar el ensayo de despegue de las barras de nudo en mallas electrosoldadas

- ①-suplemento para la aplicación de las mordazas de la prensa de ensayos
- ②-soporte para apoyo de la barra de anclaje
- ③-pieza para fijación de barra de anclaje a soporte de barra de anclaje
- ④-chapa gruesa que hace tope con la barra de tracción para evitar el doblado de ésta durante el ensayo
- ⑤-tornillos de presión sobre la chapa ④
- ⑥-tornillos de presión sobre la pieza de fijación de barra de anclaje a soporte de barra de anclaje
- ⑦-rodillos
- ⑧-barra de tracción
- ⑨-barra de anclaje