

# HOMOLOGACION DE ARMADURAS DE ACERO PARA HORMIGON

F. JAVIER SAINZ DE CUETO TORRES  
ERNESTO MUELAS VALDEOLIVAS

Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (CEDEX)

## INTRODUCCION, NORMALIZACION Y HOMOLOGACION.

La finalidad de la Normalización fue originariamente buscar una racionalidad y una economía en los procesos productivos mediante un acuerdo tácito entre productores y consumidores, que permita eliminar una desorbitada variedad de la oferta, optimice los ahorros por efecto escala al aumentar el tamaño de las series, haga menores las exigencias de almacenamiento, reduzca el número de utillajes, etc.

En una primera fase la normalización se circunscribió al ámbito de las dimensiones y geometrías, si bien posteriormente se pasó al campo de las propiedades físico-químicas y defintorias de la calidad del producto.

La Administración ve la necesidad de imponer reglamentaciones, que garanticen la protección de los usuarios a través de unas exigencias mínimas de calidad o seguridad frente al fraude, o en aras de una gestión adecuada de recursos escasos, conservación de energía, transparencia comercial, etcétera.

Los mínimos exigidos se estipulan con referencia a Normas a las que el Reglamento Técnico reviste de carácter obligatorio. Según define el Real Decreto 1614/1985 de 1 de agosto por el que se ordenan las actividades de normalización y certificación (B.O.E. 12-9-85), Norma Oficial es aquella que se ha incorporado al ordenamiento jurídico para su aplicación en actuaciones técnicas de las Administraciones. Estas normas oficiales habrán de ser empleadas obligatoriamente en los pliegos de prescripciones técnicas de cualquier adquisición con fondos públicos y en los ensayos, análisis y peritaciones de cualquier procedimiento de inspección o sanción.

La homologación surgió en un segundo paso de forma casi inmediata al tener que controlar si los productos manufacturados cumplen y mantienen permanentemente la conformidad con las normas. El comercio internacional ha impulsado

las homologaciones y seguimientos de los productos importados al ser una inclinación natural de los fabricantes la exportación de los excedentes de peor calidad a países donde no haya implantado un control suficiente y ser una inclinación de las políticas económicas de los gobiernos el favorecer de alguna manera a los producciones propias, lo cual obstaculiza a veces el libre comercio. Con la adhesión de España a la Comunidad Económica Europea se acelera la necesidad de fomentar y armonizar una política de Normalización y Homologación adecuada, especialmente en campos tan competitivos como es el de los aceros.

## ESTRUCTURACION ACTUAL DE LA NORMALIZACION Y HOMOLOGACION

Las armaduras de acero para hormigón, como tales productos de acero para su utilización en la construcción, presentan dos facetas distintas: Por una parte son un producto fabricado industrialmente y debe responder a las calidades generales pedidas por la Administración a los productos de la industria nacional a través del Ministerio de Industria y Energía. Por otra parte va a tener una utilización específica en determinados tipos de obras y la Administración tendrá también que velar por el cumplimiento de las prescripciones a través del ministerio competente, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, etc.

Para la coordinación de las distintas competencias ministeriales dispersas se creó por Orden de 21 de Octubre de 1980 (B.O.E. 20-11-80) la Comisión Interministerial de Normalización y Homologación, que entre sus funciones concretas, además de la coordinación, tenía la de orientar la política de Normalización y Homologación. En su seno existían cuatro Comités especializados. No obstante posteriormente ha sido disuelta dicha Comisión Interministerial por el Real Decreto 1614/1985 de 1 de agosto citado anteriormente. Como guía de homologación en el caso de manufacturas industriales aparece el Regla-



FIGURA 1. Estructura de Homologación Industrial

mento General de las actuaciones del Ministerio de Industria y Energía en el campo de la normalización y homologación (Real Decreto 2584/1981 de 18 de Septiembre, modificado por Real Decreto 734/1985 de 20 de Febrero) que contempla las peculiaridades de los diversos sectores industriales simplificando los aspectos documentales. El Reglamento propone un marco general de homologación, que puede esquematizarse en la figura 1.

El procedimiento administrativo previsto para la Homologación Industrial es el siguiente:

El fabricante nacional, o bien el representante o importador del producto extranjero presenta una instancia ante la Dirección General sectorial con los datos del peticionario y producto, acompañando la documentación siguiente:

- Explicación de las características del producto y factoría.
- Auditoría de la entidad colaboradora.
- Dictamen técnico del laboratorio acreditado.

El cometido de la Entidad Colaboradora es por un lado la Auditoría del sistema de control de calidad integrado en el proceso de fabricación, cubriendo todas las fases de producción desde la recepción de proveedores hasta los análisis del producto final. Por otro lado seleccionará las muestras con técnicas que garanticen la representatividad estadística del producto sometido a inspección.

El Laboratorio Acreditado realizará los ensayos para la homologación. Dicho laboratorio podrá pertenecer a la Administración o ser de los reconocidos oficialmente, manteniendo su acreditación por un período de tres años y debiendo

solicitar prórroga de la misma seis meses antes de la expiración del período.

Una vez presentada la documentación completa y para resolver la solicitud, la Dirección General podrá apoyarse en grupos asesores, como pueden ser Organismos y Entidades del ámbito del I + D, Organizaciones de usuarios, etc. En cualquier caso es preceptivo contar con el Informe de la Comisión de Vigilancia y Certificación. Si la información no se considera suficiente la Dirección General puede exigir la realización de nuevos ensayos.

La Dirección General prepara una propuesta de resolución que será estudiada por un Grupo de Trabajo de la Comisión Ministerial N + H, que podrá realizar las objeciones pertinentes a la Dirección General.

La Dirección General elevará a definitiva su resolución, anunciándolo a la Empresa y remitiéndolo al Boletín Oficial del Estado para su publicación. Obtenida la homologación por la Empresa y en caso que la reglamentación establezca un seguimiento de la producción (que garantice la permanencia de las condiciones que sirvieron de base a la homologación), se deberá presentar a la Comisión de Vigilancia y Certificación y con la frecuencia que especifique el Reglamento la documentación siguiente:

- Declaración de que los productos han seguido fabricándose.
- Certificado de la Entidad Colaboradora de la permanencia de la idoneidad del control y selección de muestras para su ensayo.
- Dictamen técnico del Laboratorio Acreditado sobre los ensayos efectuados.

La Comisión de Vigilancia y Certificación, a la vista de la documentación presentada y caso de ser satisfactoria, emitirá un certificado de conformidad de la producción al modelo homologado. Caso de no ser conforme elevará informe a la Dirección General para que instruya expediente sancionador.

Si el Reglamento lo establece, la concesión del Certificado de Conformidad de la Producción puede obligar a que el producto ostente una marca o etiqueta distribuida por la Comisión de Vigilancia y Certificación.

## HOMOLOGACION DE ARMADURAS ACTIVAS

Las armaduras activas de acero para uso en hormigón pretensado se homologan según el marco reglamentario establecido específicamente por el Real Decreto 2365/1985 de 20 de noviembre (B.O.E. 21-12-1985).



FOTO 1. Ensayo de tracción de torzal bifilar de pretensado.

En él se hace referencia expresa que los diferentes tipos de alambres, barras, torzales, cordones y cables para hormigón pretensado, tanto de fabricación nacional como importados, cumplirán las especificaciones del artículo 13 de la Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón Pretensado (EP) vigente. La Dirección General competente, en el procedimiento administrativo de homologación, es la de Industrias Siderometalúrgicas y Navales, y en la acreditación de laboratorios la de Innovación Industrial y Tecnología. El Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX es Laboratorio Acreditado por Resolución de dicha Dirección General de 22 de Enero de 1986. Una vez homologado, según el procedimiento citado, el tipo de alambre, barra, torzal, cordón o cable, el fabricante o importador solicitará a la Comisión de Vigilancia y Certificación la concesión del Certificado de Conformidad de la Producción con una periodicidad no superior a los dos años.

Queda prohibida expresamente la fabricación para el mercado interior y la venta, importación o instalación de los tipos de armaduras activas no homologadas o que aún correspondiendo a tipos homologados carezcan del Certificado de Con-

formidad de la Producción expedido por la Comisión de Vigilancia y Certificación.

La Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón Pretensado (EP) señala, en su artículo 13, las características mecánicas que, como mínimo, garantizarán los fabricantes. Por tanto, serían lógicamente motivo de homologación, en principio, estas últimas:

- Carga unitaria máxima a tracción ( $f_{m\acute{a}x}$ ). (Foto 1).
- Límite elástico ( $f_y$ ).
- Alargamiento bajo carga máxima ( $\epsilon_{m\acute{a}x}$ ).
- Módulo de Elasticidad ( $E_s$ ).
- Aptitud al doblado alternativo.
- Relajación. (Foto 2).

En el cuadro 1 se recogen las especificaciones de la Instrucción para las distintas clases de armaduras activas.

Por otra parte la Instrucción EP recoge la importancia definitoria de la calidad del material que tienen las determinaciones:

- Diagrama tensión-deformación (figura 2).
- Alargamiento remanente concentrado de rotura ( $\epsilon_u$ ).
- Estricción expresada en porcentaje.
- Resistencia a la fatiga (Fotos 3 y 4).
- Susceptibilidad a la corrosión bajo tensión.

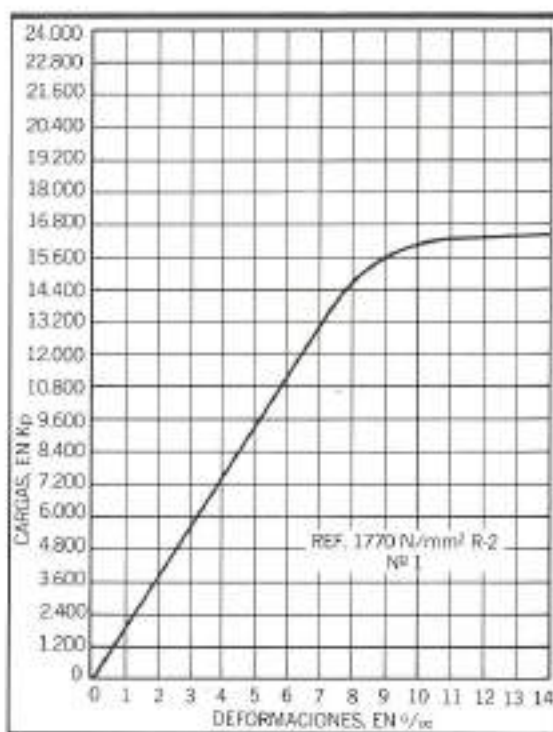


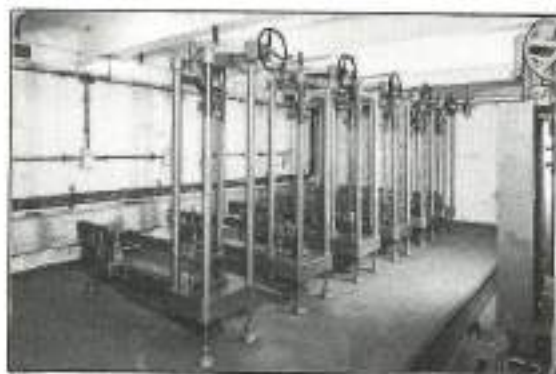
FIGURA 2. Diagrama tracción A. activa

## HORMIGONES

	ALAMBRES	BARRAS	TORZALES	CORDONES
NORMA GEOMETRIA Y TOLERANCIAS	UNE 36095/1/85	—	UNE 36096/1/85	UNE 36098/1/85
NORMA ENSAYO DE TRACCION	UNE 36401/81	UNE 36401/81	UNE 36401/81	UNE 7326/75
CARGA UNITARIA MAXIMA SOBRE (kg/mm <sup>2</sup> )	160	100	180	170
RELACION $f_y/f_t$ ENTRE	0,85-0,95	0,75-0,90	0,85-0,95	0,85-0,95
ALARGAMIENTO BAJO CARGA MAXIMA SOBRE (%)	BASE 200 mm > 3,5	—	BASE 500 mm > 3,5	BASE 500 mm > 3,5
ALARGAMIENTO ROTURA BASE 10 DIAMETROS SOBRE (%)	—	6	—	—
TOLERANCIA SOBRE LA MEDIA MODULO ELASTICIDAD (%)	± 7	± 7	± 7	± 7
NORMA ENSAYO DOBLADO	UNE 36461/80	UNE 7292/72	—	—
NP MINIMO DE DOBLADOS ALTERNOS	3 (7) (MEDIO CORROSIVO)	—	3 (7) (MEDIO CORROSIVO)	3 (7) (MEDIO CORROSIVO)
NORMA ENSAYO RELAJACION (70%)	UNE 36422/85	UNE 36422/85	UNE 36422/85	UNE 36422/85
RELAJACION A 1000 h INFERIOR A (%)	5 (R5) 2 (R2)	3	6 (R6) 2 (R2)	6 (R6) 2 (R2)

**CUADRO 1.** Especificaciones Instrucción (EP) activas.

Recomienda además en los comentarios que el contenido porcentual, de cada uno de los elementos químicos constituyentes de los aceros no aleados utilizadas en estas armaduras, quede comprendido entre los límites siguientes:



**FOTO 2.** Ensayos de relajación.



**FOTO 3.** Ensayo de fatiga sobre cordón de pretensado de siete alambres.

## HORMIGONES

	BARRAS LISAS	B. CORRUGADAS	ALAMBRES LISOS	A. CORRUGADOS
NORMAS UNE	36097/1/81	36088/1/81	36092/1/81 36731/82	36092/1/81 36095/1/81
NORMA ENSAYO DE TRACCION	UNE 36401/81	UNE 36401/81	UNE 36401/81	UNE 36401/81
CARGA UNITARIA MAXIMA SOBRE (Kp/mm <sup>2</sup> )	34-50	45 (AEH 400F) 53 (AEH 400N) 56 (AEH 500F) 61 (AEH 500N) 67 (AEH 600F) 71 (AEH 600N)	56 (AEH 500T) 67 (AEH 600T)	56 (AEH 500T) 67 (AEH 600T)
LIMITE ELASTICO SOBRE (Kp/mm <sup>2</sup> )	22	41 (AEH 400 F/N) 51 (AEH 500 F/N) 61 (AEH 600 F/N)	51 (AEH 500T) 61 (AEH 600T)	51 (AEH 500T) 61 (AEH 600T)
RELACION $f_u/f_y$ SOBRE	—	1,20 (AEH 400N) 1,15 (AEH 500N) 1,10 (AEH 600N) 1,05 (AEH - F)	1,03 $1,05 - \left( \frac{f_y - f_{yk}}{10 \cdot f_{yk}} \right)$	1,03 $1,05 - \left( \frac{f_y - f_{yk}}{10 \cdot f_{yk}} \right)$
ALARGAMIENTO ROTURA BASE 5 DIAMETROS SOBRE (%)	23	16 (AEH 400N) 14 (AEH 500N) 12 (AEH 600N) 12 (AEH 400F) 10 (AEH 500F) 8 (AEH 600F)	8 $20 - \frac{2 \cdot f_y}{100}$	8 $20 - \frac{2 \cdot f_y}{100}$
NORMA ENSAYO DOBLADO SIMPLE (180°)	UNE 7292/72	UNE 7292/72	UNE 7292/72	UNE 7292/72
NORMA ENSAYO DOBLA-DESCOBLADO (90° - 20°)	UNE 36097/1/81	UNE 36088/1/81	UNE 36731/82	UNE 36099/1/81
NORMA ENSAYO ADHERENCIA	—	UNE 7285/79	—	UNE 7285/79
TENSION MEDIA ADHERENCIA SOBRE (Kp/cm <sup>2</sup> )	—	DIAMETRO D (mm) 70 (D < 8) 80 - 1,2 D (D 8-32) 42 (D > 32)	—	DIAMETRO D (mm) 70 (D < 8) 80 - 1,2 D (D 8-32) 42 (D > 32)
TENSION ROTURA ADHERENCIA SOBRE (Kp/cm <sup>2</sup> )	—	115 (D < 8) 130 - 1,9 D (D 8-32) 69 (D > 32)	—	115 (D < 8) 130 - 1,9 D (D 8-32) 69 (D > 32)

CUADRO 2. Especificaciones Instrucción (EP) y (EH) pasivas

	(%) MINIMO	(%) MAXIMO
CARBONO	0,58	0,88
MANGANESO	0,50	0,90
SILICIO	0,15	0,40
FOSFORO	—	0,04
AZUFRE	—	0,04

### HOMOLOGACION DE ARMADURAS PASIVAS

Tanto la Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón en Masa o Armado (EH) vigente, en su Artículo 9, como la Instruc-

ción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón Pretensado (EP) vigente, en su Artículo 12, dividen las armaduras pasivas de utilización en hormigón en:

- Barras lisas.
- Barras corrugadas.
- Mallas electrosoldadas.

En los comentarios se recomienda que los fabricantes dispongan en sus fichas de datos las siguientes características garantizadas:

- Diámetros nominales.
- Masas por metro de longitud.
- Geometría del corrugado.



FOTO 4. Diseño de sistema de agarre para ensayo de fatiga de alambre de pretensado.

- Características mecánicas. (Fotos 5 y 6)
- Características de adherencia.
- Condiciones de soldadura en su caso.
- Recomendaciones de empleo.

Las mallas electrosoldadas están compuestas por alambres trellados lisos o corrugados. En el Cuadro 2 se recogen las especificaciones de las Instrucciones EH y EP para las distintas clases de armaduras pasivas.

#### NECESIDAD DE UNA NORMA PARA LA HOMOLOGACION DE ARMADURAS

Con la realización de los ensayos para la homologación se deja ver la necesidad de cubrir algunos vacíos en la estandarización de métodos, representatividad estadística, criterios de decisión, etc., que muchas veces quedan al buen juicio del Laboratorio Acreditado, siguiendo frecuentemente las directrices de la Administración o las sugerencias lícitas de los fabricantes.

Según se ha indicado anteriormente, los propios fabricantes, a través de sus asociaciones privadas, son los primeros interesados en que se homologuen sus productos con una calidad sufi-

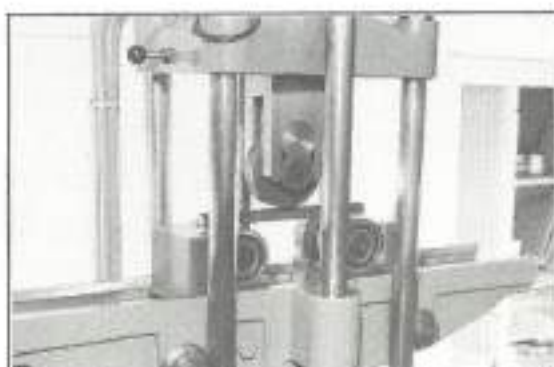


FOTO 5. Ensayo de doblado simple según normativa UNE.



FOTO 6. Armaduras pasivas no aptas al doblado.

ciente, máxime cuando se avista en el futuro una apertura total de mercados, donde la calidad será ingrediente esencial de su competitividad. En este sentido los sellos de calidad promovidos por las propias asociaciones de fabricantes serían, en principio, garantía suficiente. Sin embargo la Administración debe marcar las directrices y los límites del campo de la homologación, definiendo una estructuración y dotando de una normativa de homologación acorde con las líneas actualmente en desarrollo en el ámbito de la Comunidad Económica Europea.

Señalemos como dato a tener en cuenta la encuesta que está llevando a cabo la RILEM (Unión de Laboratorios de Estudio y Ensayo de Estructuras y Materiales) encomendada por la Comisión de la CEE para la elaboración de un inventario de procedimientos de certificación de materiales de construcción.

En el campo concreto de las armaduras activas y pasivas para hormigón hay intentos y realizaciones dispersas en este orden y a las que conviene pasar una revista somera en espera de una futura armonización.

Unas directrices importantes para las armaduras activas son las "Recomendaciones para la Aprobación, Suministro y Recepción de acero para tendones de pretensado" de 1974 de la FIP (Federación Internacional del Pretensado) que intenta ser un primer escalón hacia una práctica aceptada internacionalmente. Señala los principios que debe contener una aprobación oficial en varios apartados:

- Objeto y condiciones de aprobación.
- Tipo de tendón.
- Método de fabricación.
- Propiedades.
- Métodos de ensayo.
- Procedimientos de muestreo para el control de calidad.
- Condiciones de suministro.

Para utilizaciones especiales se puede exigir la aprobación de características adicionales como pueden ser:

- Adherencia.
- Propiedades especiales.

El apartado "Métodos de ensayo" recoge las pruebas y medidas que van a servir de base para la obtención del certificado de aprobación. La elección de dichos ensayos se realizó por una Comisión Mixta RILEM-FIP-CEB.

En el caso de alambres y barras pide:

- Ensayo de tracción.
- Resistencia a tracción.
- Límite elástico (0,05%, 0,1%, 0,2%).
- Doblado alternativo (alambres de diámetros inferiores a 12 mm).
- Doblado simple (barras y alambres de diámetro superior a 12 mm).
- Enrollado sobre mandrill (alambres de diámetro inferior a 12 mm).
- Relajación (tensión inicial 60%, 70% y 80% de resistencia a tracción).
- Fatiga (2 curvas de Wöhler, 2 millones de ciclos, tensiones mínimas del 60%, 70% y 80% de la resistencia característica).
- Adherencia (tendones que van a ser anclados por adherencia).
- Corrosión bajo tensión.

En caso de torzales y cordones se pide los mismos ensayos anteriores salvo los de doblado alternativo y enrollado que se deberán realizar con los alambres que constituyen el cordón.

En caso de aceros para fines especiales pueden exigirse para la aprobación oficial ensayos especiales, como es el caso de estructuras sometidas a muy altas o bajas temperaturas, impacto o sismo y sistemas especiales de anclaje.

En el apartado "Número de ensayos e interpretación" se recogen los procedimientos de

muestreo para el control de calidad en fábrica y para los seguimientos en las certificaciones.

Las condiciones de aceptación son las siguientes:

$$V_i \geq V_{mg} (1 - K_1 d)$$

$$V_{mix} - V_{min} \leq V_{mg} f_1$$

Siguiendo la notación siguiente:

- $V_{mg}$  = Valor medio garantizado de la población.
- $d$  = Desviación estandar (DELTA) de la población como porcentaje del valor medio garantizado.
- $V_i$  = Valor individual resultado del ensayo sobre un elemento muestral.
- $V_{mix}$  = Valor máximo de los resultados muestrales.
- $V_{min}$  = Valor mínimo de los resultados muestrales.
- $K_1$  = Coeficiente que depende del tamaño muestral.
- $f_1$  = Factor que depende del tamaño muestral.

En caso de que un resultado individual  $V_i$  no cumpliera la condición indicada, aunque el valor medio muestral excediera al valor medio garantizado  $V_{mg}$ , sería necesario para la aceptación la realización de otra prueba sobre nuevas probetas hasta alcanzar un número total de 24 ensayos.

En el caso de armaduras pasivas hay que hacer referencia a la "Euronorma 80" aplicable exclusivamente a aceros corrugados soldables para refuerzos no pretensados de hormigón.

En sus anexos distingue dos posibilidades: En el Anexo A contempla el control continuo de la calidad de barras de armadura. En el Anexo B los ensayos de aceptación de un suministro en caso que el fabricante no lleve a cabo la supervisión continua de calidad con certificación.

Centrándonos en el Anexo A el control de calidad continuo consiste en:

- Pruebas de aptitud
- Supervisión interna continua del fabricante
- Supervisión externa de producción

La prueba de aptitud, mientras no se adapten normas europeas uniformes, se llevará a cabo por la organización nacional responsable o por un centro de ensayos neutral aceptable en nombre de esta organización en el país consumidor. Si el resultado de la prueba de aptitud es satisfactorio se otorga un permiso al fabricante. El propósito de la prueba de aptitud es asegurar, antes de empezar la producción continua, que la factoría del fabricante está en condiciones de producir barras de calidad constante acordes a los requisitos de las Euronormas 80 y 82. El procedimiento de la prueba de aptitud engloba tres pasos.

- Inspección de las condiciones de producción.

- Ensayos sobre probetas muestreadas.
- Prueba de nivel de calidad a largo plazo.

Dentro de los ensayos sobre probetas muestreadas se deberán ensayar 3 diámetros nominales distintos para cada grado de acero y tipo de proceso productivo. Las barras de las que se tomen las probetas procederán de al menos tres coladas diferentes por diámetro. Se tomarán al menos 30 muestras distribuidas homogéneamente entre coladas por cada diámetro nominal.

El fabricante en su supervisión interna continua deberá realizar ensayos sobre al menos 3 probetas por colada y diámetro nominal con los siguientes criterios de evaluación:

$$V_i \geq 0,95 C_v$$

$$V_m \geq C_v + a$$

Siguiendo la notación siguiente:

- $V_i$  = Valor individual resultado del ensayo sobre un elemento muestral.
- $V_m$  = Valor medio de los ensayos.
- $C_v$  = Valor característico tabulado en Euro-norma 80, Tabla 1.
- $a$  = 15 N/mm<sup>2</sup> para carga de rotura.  
10 N/mm<sup>2</sup> para límite elástico.  
1,5% para alargamiento en rotura

En la supervisión externa el número de ensayos deberá ser suficiente para permitir un dictamen seguro.

Con el fin de confrontar las supervisiones externa e interna se llevarán a cabo ensayos paralelos en probetas de al menos 10 barras del mismo diámetro nominal y de la misma colada, comparándose los resultados de ambos tests.

En la prueba de nivel de calidad a largo plazo, los resultados de los ensayos en todos los lotes parciales de la producción continua se recopilarán y evaluarán estadísticamente a intervalos de 3 meses (como máximo) o hasta tanto se hayan presentado 200 resultados.

El valor medio de los resultados cumplirá para la aceptación

$$V_m \geq C_v + KS$$

- $V_m$  = Valor medio de los ensayos.
- $C_v$  = Valor característico tabulado.
- $K$  = Índice de aceptabilidad función del número de pruebas.
- $S$  = Desviación estándar (sigma) de la población.