



EN PORTADA

La soldadura en la Instrucción EHE

REPORTAJES

La protección frente al ruido en el CTE

El nuevo Documento Básico DB-HR

Confinamiento y ductilidad en los edificios de hormigón armado

AENOR

www.aenor.es ■ 902 102 201 ■ comercial@aeor.es

nueva publicación

- ¿Qué terminología debe dominarse para enfrentarse a una auditoría?
- ¿Cuáles son los límites que el auditor no debe exceder?
- ¿Cómo se desarrolla un proceso de auditoría?
- ¿Cómo formulan las preguntas los auditores?

Son algunas de las preguntas a las que responde esta publicación mediante consejos prácticos y pautas de actuación, tanto del auditor como del auditado.

Utiliza como marco de referencia las normas conforme a las que se certifican los sistemas de gestión de la calidad, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo para ayudarle a afrontar la auditoría siempre en positivo.

Con este libro aprenderá a utilizar los medios necesarios para una puesta en práctica racional y eficaz en todas las fases de la auditoría: inicio, preparación, realización y postauditoría.

2007 • 136 páginas • 20,80 €
ISBN: 978-84-8143-534-4

Buscar, encontrar y comprar...
SUS LIBROS EN UN CLICK
5% de descuento
www.aenor.es



Manual de auditoría de los sistemas de gestión

Michel Jonquières



AENORediciones

Superar la auditoría para alcanzar la certificación

AENORediciones

Sumario

Zuncho es una revista técnica especializada en la fabricación, investigación, transformación y uso del acero para estructuras de hormigón, que se edita cuatro veces al año.

DIRECTOR DE LA PUBLICACIÓN:

Julio José Vaquero García

ASESORES:

Juan Jesús Álvarez Andrés
Ignacio Cortés Moreira
Antonio Garrido Hernández
Enric Pérez Plá
Valentín Trijueque y Gutiérrez de los Santos
Luis Vega Catalán

EDICIÓN:

CALIDAD SIDERÚRGICA, S.L.
C/ Orense 58, 10º C
28020 Madrid

DISEÑO, PRODUCCIÓN Y PUBLICIDAD:

Advertising Label 3, S.L. (ALCUBO)
Tel.: 91 553 72 20
Fax: 91 535 38 85

IMPRESIÓN:

MEDINACELI PRINTER, S.L.

Depósito legal: M-43355-2004

ISSN: 1885-6241

Las opiniones que se exponen en los artículos de esta publicación son de exclusiva responsabilidad de sus autores, no reflejando necesariamente la opinión que pueda tener el editor de esta revista. Queda terminantemente prohibido la reproducción total o parcial de cualquier artículo de esta revista sin indicar su autoría y procedencia.

2 EN PORTADA

- La soldadura en la Instrucción EHE.

14 REPORTAJES

- La protección frente al ruido en el Código Técnico de la Edificación. El nuevo Documento Básico DB-HR.
- Confinamiento y ductilidad de los edificios de hormigón armado.

30 NOTICIAS

- Publicaciones: El tratamiento de las imperfecciones en los prefabricados estructurales.
- Nuevo número de identificación para Siderúrgica Balboa.
- Innovadora geometría de corrugado.





LA SOLDADURA EN LA INSTRUCCIÓN EHE

Julio Vaquero – Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. IPAC.

1. INTRODUCCIÓN A LA SOLDADURA

Las primeras uniones por soldadura de las que se tiene constancia fueron realizadas por la civilización egipcia para unir plata y cobre o láminas de oro en elementos ornamentales. En la Edad de Bronce se utilizó la soldadura fuerte para la fabricación de hachas, recipientes y ornamentos. En la Edad de Hierro, fue la soldadura por forja uno de los métodos de fabricación más utilizado para la unión de piezas de hierro.

La historia de la soldadura recorre la época romana y la Edad Media con pequeños avances y descubrimientos, pero no es hasta la Edad Moderna donde comienza a experimentar un verdadero desarrollo gracias al impulso que supusieron los conocimientos en metalurgia.

La Revolución Industrial, los descubrimientos para la obtención del oxígeno y acetileno, los avances en el campo de la electricidad y el magnetismo fueron los fundamentos que permitieron el nacimiento de las técnicas de soldadura por fusión a comienzos del siglo XX. Desde ese momento, y hasta nuestros días, cobran especial importancia las técnicas de soldadura por arco eléctrico, la soldadura por resistencia eléctrica y la resistencia con llama, que han ido dando paso a otras técnicas más avanzadas como la soldadura por haz de electrones, la soldadura láser o la soldadura con plasma, gracias al desarrollo de otros campos de la ciencia como la metalurgia, la química, la electricidad, la informática, la robótica o la automática, así como a la posibilidad de realizar ensayos de los que se ha extraído la información necesaria para la mejora continua de estos procesos.

La soldadura, por tanto, puede considerarse como una de las técnicas de unión más desarrollada y empleada actualmente, lo que ha redundado sin lugar a dudas en el desarrollo y productividad

de la actividad industrial, consolidándose al mismo tiempo como el medio de unión de metales más eficaz, seguro y económico.

Las actuales técnicas de soldadura han modificado el concepto preconcebido que pudiera tenerse de este proceso. Hoy puede afirmarse, sin temor, que la soldadura es un procedimiento de unión permanente, que puede aplicarse tanto a metales como a plásticos, en los que la unión puede realizarse mediante un proceso de calentamiento, mediante la presión ejercida entre las partes a unir, o como una combinación de ambos, obteniéndose uniones soldadas que se caracterizan por presentar una buena estanquidad, resistencia mecánica y resistencia a la corrosión.

La aeronáutica, la automoción o la fabricación de electrodomésticos, son algunos de los sectores en los que se realizan fuertes inversiones en equipos de soldadura. Pero también hay otros sectores en los que este tipo de unión adquiere una especial relevancia, entre los que se encuentra el sector de la construcción.

En el campo del hormigón estructural la soldadura nunca ha llegado a ser un elemento fundamental, habiéndose acudido a otro tipo de soluciones para resolver las uniones entre los elementos que conforman las armaduras.

Es a comienzos de los años 90 cuando empieza a cobrar importancia el empleo de la soldadura en las estructuras de hormigón, recopilándose los procedimientos más usuales en el Boletín nº 186 del CEB



📷 **Fotografía 1.- Soldadura en obra.**

“Recomendaciones para el empalme de armaduras por soldadura” elaborado por la Comisión VII “Armaduras: tecnología y control de calidad” que es objeto de traducción al español por parte del GEHO (Grupo Español del Hormigón), quien lo publica en el año 1993 en su Boletín nº 11 “Recomendaciones C.E.B. para uniones soldadas en barras de armado”.

2. TRATAMIENTO DE LA SOLDADURA EN LA INSTRUCCIÓN EHE

La vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE contempla exclusivamente la utilización de aceros soldables en las armaduras pasivas (artículo 31.2). Entre éstas, incluye las mallas electrosoldadas y las armaduras básicas electrosoldadas en celosía, admitiéndose también el empleo de soldadura en la confección de la ferralla, siempre que cumpla unas determinadas condiciones.

No obstante, se limita el empleo de la soldadura en elementos sometidos a sollicitaciones alternas, en los que se recomienda que, en caso de disponer soldaduras, éstas se encuentren en zonas poco sollicitadas y en un número reducido, lo que es una recomendación muy sensata y que debe respetarse en cualquier caso.

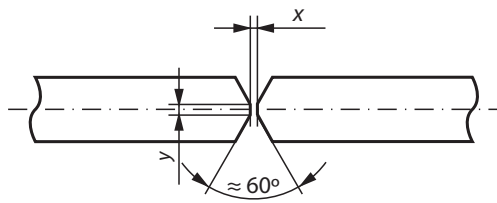
2.1 Soldaduras para la elaboración de la ferralla

La Instrucción EHE admite el empleo de soldadura para la elaboración de la ferralla siempre que ésta se ejecute en una instalación industrial fija y se sigan los procedimientos descritos en la norma UNE 36832:1992 *“Especificaciones para la ejecución de uniones soldadas de barras para hormigón estructural”*.

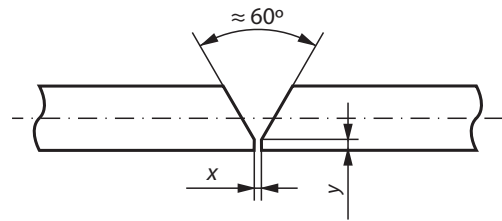
La utilización de soldadura en obra queda limitada a aquellos casos en los que estuviera contemplada en proyecto y siempre que ésta sea debidamente autorizada por la Dirección de Obra (artículo 66.1).



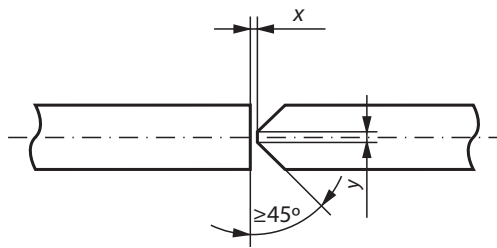
EN PORTADA



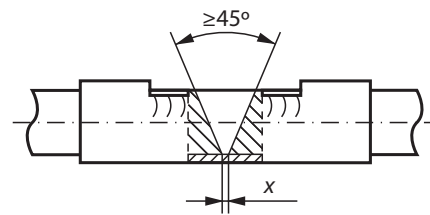
a) Soldadura a tope. Doble V.



b) Soldadura a tope. V simple.



c) Soldadura a tope. Doble bisel.



d) Soldadura a tope. V simple con respaldo.

Leyenda:

x separación de la raíz

y profundidad de la cara de la raíz

NOTA: x e y dependen del proceso de soldadura

⇒ **Figura 1.-** Preparación de bordes para soldadura a tope (UNE-EN ISO 17660-1).

Esta última limitación tiene una sencilla explicación, y es que en obra es difícil garantizar que se reúnen todas las condiciones necesarias para poder ejecutar una soldadura en óptimas condiciones, por lo que la decisión sobre su realización debe ser meditada valorando todas las circunstancias y exigiendo, en su caso, que se adopten las medidas oportunas para garantizar un buen resultado.

Las soldaduras que pueden llevarse a cabo son tanto soldaduras resistentes, como soldaduras no resistentes.

Las soldaduras resistentes se utilizarán preferentemente para efectuar el empalme de las armaduras por solapo, o bien uniones en cruz cuyo objeto es anclar adecuadamente las armaduras mediante el procedimiento de barra transversal soldada. Las soldaduras a tope no son en absoluto recomendables, siendo preferible emplear otros medios de unión como los empalmes mecánicos o las uniones con cubrejuntas.

¿Por qué no son recomendables las soldaduras resistentes a tope?

La razón principal es que con ellas es muy complicado garantizar

unas condiciones similares a las del acero de partida, especialmente las relacionadas con la ductilidad del material base. Esto es debido a la propia estructura del acero corrugado, que está formado por dos capas claramente diferenciadas: un núcleo dúctil y una corona resistente que de forma conjunta le dan sus características mecánicas al acero. Al preparar los bordes para efectuar la soldadura ambas zonas quedan afectadas por el calor, además de incorporarse un material de aportación que, sin duda, introducirá cambios con respecto a las condiciones mecánicas iniciales.

Las soldaduras no resistentes son, en la práctica, las más extensamente utilizadas en el montaje de las armaduras habiendo sustituido a las tradicionales operaciones de atado. Este tipo de soldadura se utiliza fundamentalmente en instalaciones de ferralla y su ejecución se encuentra bajo control, si bien todavía no se han regulado alguno de los aspectos relacionados con la misma, como por ejemplo los relativos a qué resistencia debe tener una soldadura no resistente o qué puntos es

preciso soldar en un determinado elemento. Por otro lado, el empleo de soldaduras no resistentes en el montaje de determinados elementos contribuye de forma beneficiosa en el anclaje de la armadura longitudinal, aunque también fomenta que la fisuración se localice donde se sitúa la armadura transversal, sin que sea real la hipótesis de que ésta se distribuye de forma uniforme a lo largo del elemento, aspecto que sin duda incide en el valor de la abertura de fisura —y por tanto en las condiciones de durabilidad— circunstancia que no es contemplada en el artículo 49.2.5 "Método general de cálculo de la abertura de fisura".

2.2 Limitaciones a la ejecución de la soldadura

La Instrucción EHE, en su artículo 66.6.5, establece una serie de limitaciones a la hora de efectuar la soldadura, y que se relacionan a continuación.

1. Los empalmes por soldadura deben realizarse de acuerdo con los procedimientos descritos en la norma UNE 36832:97.
2. Debe llevarse a cabo por operarios debidamente cualificados (por ejemplo, que hayan superado las pruebas especificadas en la norma UNE-EN 287-1:92).
3. Las superficies a soldar deberán encontrarse secas y libres de todo material que pudiera afectar a su calidad, como suciedad, grasa, aceite, óxido, cascarilla suelta o pintura, entre otros.
4. No pueden disponerse empalmes por soldadura en zonas de fuerte curvatura del trazado de las armaduras.
5. No pueden ejecutarse las soldaduras en periodos de intenso viento, cuando esté lloviendo o nevando, a menos que se adopten las debidas precauciones y se proteja adecuadamente la soldadura para evitar un rápido enfriamiento de la misma.
6. Nunca debe llevarse a cabo una soldadura sobre una superficie que se encuentre a una temperatura igual o inferior a 0° C inmediatamente antes de soldar.

Además de éstas limitaciones, se pueden añadir otras recomendaciones de buena práctica, como son las siguientes:

7. Cada soldadura que se efectúe ha de ser revisada visualmente para comprobar que no presenta imperfecciones no admisibles.
8. No sólo hay que procurar que las soldaduras estén adecuadamente protegidas de las inclemencias del tiempo, sino también los soldadores que las ejecutan.
9. Las soldaduras deben realizarse conforme a las especificaciones del procedimiento de soldeo cualificado, que ha de documentarse y presentarse en el lugar de ejecución.
10. Las soldaduras han de llevarse a cabo, exclusivamente, por soldadores y operadores con certificados válidos de cualificación para el tipo de unión a ejecutar.
11. Si la soldadura se debe situar en una zona doblada es recomendable proceder al doblado de la armadura con carácter previo al proceso de soldadura.
12. En zonas dobladas, la aportación de calor producido por el proceso de soldadura puede afectar más fácilmente a las características mecánicas de las armaduras dobladas, por lo que es muy recomendable que la distancia desde la soldadura hasta la zona en la que comienza el radio de curvatura no sea inferior a $2\varnothing$, distancia que puede reducirse a la mitad en el caso de uniones con solape y uniones con cubrejunta.

2.2 Tratamiento de la soldadura en la futura Instrucción

La Instrucción EHE ha sido revisada en profundidad por la Comisión Permanente del Hormigón, siendo previsible que en los próximos meses sea aprobada y que se produzca su entrada en vigor antes de la finalización del año en curso.

Si bien el proyecto de texto reglamentario ha avanzado mucho en algunos campos, no lo ha hecho en materia de ejecución y, más concretamente, en materia de soldadura. El tratamiento sigue siendo el mismo que en la vigente Instrucción, habiéndose limitado a trasladar al texto reglamentario partes del contenido de la norma de referencia, que sigue siendo la UNE 36832.

A este respecto merece la pena destacar que la mencionada norma acaba de ser anulada y sustituida por las normas UNE-EN ISO 17660-1



EN PORTADA

(soldadura resistente) y UNE-EN ISO 17660-2 (soldadura no resistente), pero que tendrá que seguir siendo utilizada al estar citada expresamente en este texto reglamentario.

3. COMPARATIVA ENTRE LAS NORMAS UNE 36832 Y UNE-EN ISO 17660-2

La operativa de los procesos de soldadura a realizar entre barras corrugadas y entre éstas y perfiles de acero, los requisitos exigibles a los soldadores, materiales y equipos utilizados, así como las actuaciones de control de calidad y ensayos a realizar, quedan regulados por las normas que a continuación se relacionan y cuyo contenido se va a comparar:

UNE 36832:97	Especificaciones para la ejecución de uniones soldadas de barras para hormigón estructural.
UNE-EN ISO 17660-1	Soldeo. Soldeo de armaduras de acero. Parte 1: uniones soldadas que soportan cargas.
UNE-EN ISO 17660-2	Soldeo. Soldeo de armaduras de acero. Parte 2: uniones soldadas que no soportan cargas.

Origen

La norma UNE 36832 se elaboró a mediados de los años 90 ante la necesidad de regular unos procesos que cada vez se estaban empleando más en la construcción de estructuras de hormigón, como ya se ha comentado. El Comité Técnico de Normalización de AENOR responsable de su elaboración fue el AEN/CTN 36 *Siderurgia* que le dio un carácter eminentemente práctico y enfocado a resolver un problema real: las barras y alambres de acero corrugado tienen una composición y una naturaleza que precisan de unos sistemas de soldadura específicos para ellos, distintos de los utilizados en otras técnicas y aplicaciones.

La génesis de esta norma hace que su contenido, terminología y criterios sean más cercanos a los técnicos relacionados con las estructuras de hormigón.

En el caso de la norma UNE-EN ISO 17660 su origen es internacional, fruto de la colaboración de dos organismos de normalización de reconocido prestigio: CEN (Comité Europeo de Normalización) e ISO (Organización Internacional de Normalización), a través de sus Comi-

té Técnicos CEN/TC 121 *Soldadura* e ISO/TC 44 *Soldadura y técnicas afines*, cuyo Comité "espejo" en España es el AEN/CTN 14 *Soldadura y técnicas conexas*, que es el que en última instancia ha procedido a su traducción. No es de extrañar, por tanto, que el contenido de esta norma sea mucho más especializado, con terminología, procesos, criterios y sensibilidades que se alejan un tanto de la forma habitual de trabajar en el sector de la construcción.

Procesos de soldadura

La norma UNE 36832 contempla los tres procesos de soldadura habituales en la elaboración de armaduras, y que son los que recogerá la futura Instrucción de Hormigón Estructural (ver Tabla 1).

La norma UNE-EN ISO 17660 hace referencia no sólo a estos procesos de soldadura, sino a algunos más que se recogen en la Tabla 2.

Tipos de unión

Los tipos de unión que contemplan ambas normas son similares y se indican a continuación:

a) Uniones entre armaduras:

- Uniones a tope.
- Uniones por solape.
- Uniones con cubrejuntas.
- Uniones en cruz.

b) Uniones de barras con otros perfiles metálicos:

- Uniones tangentes o por solape transversal.
- Uniones terminales transversales.

El proceso de soldadura que puede emplearse en cada uno de estos tipos de unión se indica en las Tablas 1 y 3.

La diferencia más apreciable que se produce entre ambas normas es que la UNE 36832 indica cómo ha de realizarse cada proceso de soldadura, mientras que la UNE-EN ISO 17660 indica que los detalles que recoge en su interior son ejemplos de buena práctica, pudiendo utilizarse otras configuraciones de uniones soldadas

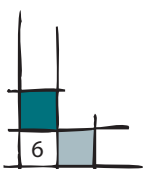


Tabla 1.- Procesos de soldadura según UNE 36832.

Proceso de soldadura	Tipo de unión	
	Unión resistente	Unión no resistente
Soldadura por arco manual con electrodo revestido	X	X
Soldadura semiautomática por arco con protección gaseosa	X	X
Soldadura por puntos mediante resistencia eléctrica	X ⁽¹⁾	X ⁽²⁾

(1) Aplicable sólo a uniones en cruz.
(2) Aplicable sólo a uniones por solape y en cruz.

Tabla 2.- Procesos de soldadura según UNE-EN ISO 17660.

Proceso de soldadura	Referencia ⁽¹⁾	Norma aplicable
Soldeo por arco manual con electrodo revestido	111	UNE-EN ISO 15614 -1
Soldeo por arco con alambre tubular autoprotegido	114	UNE-EN ISO 15614 -1
Soldeo por arco con gas activo (soldeo MAG)	135	UNE-EN ISO 15614 -1
Soldeo por arco con alambre tubular y con gas activo	136	UNE-EN ISO 15614 -1
Soldeo por puntos mediante resistencia eléctrica	21	UNE-EN ISO 15614 -12
Soldeo por protuberancias mediante resistencia eléctrica	23	UNE-EN ISO 15614 -12
Soldeo por chisporroteo (soldadura de conectadores y espárragos)	24 ⁽²⁾	UNE-EN ISO 15614 -13
Soldeo por resistencia a tope	25 ⁽²⁾	UNE-EN ISO 15614 -13
Soldeo por fricción	42 ⁽²⁾	UNE-EN ISO 15620
Soldeo autógeno	47 ⁽²⁾	

(1) Conforme a la norma ISO 4063 Soldeo y técnicas conexas. Nomenclatura de procesos y número de referencia.
(2) No aplicables a soldaduras no resistentes.

UNE-EN ISO 15614-1 Especificaciones y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones.
UNE-EN ISO 15614-12 Especificaciones y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 12: soldeo por puntos, por costura y por protuberancias.
UNE-EN ISO 15614-13 Especificaciones y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 13: soldeo por resistencia a tope por presión.
UNE-EN ISO 15620 Soldeo. Soldeo por fricción de materiales metálicos.

Tabla 3.- Proceso de soldadura aplicable a cada tipo de unión y rango de diámetros recomendable, según UNE-EN ISO 17660.

Tipo de unión	Uniones soldadas no resistentes		Uniones soldadas resistentes	
	Proceso de soldadura	Rango de diámetros (mm)	Proceso de soldadura	Rango de diámetros (mm)
Unión por solape	21, 23	4 a 32	111, 114, 135, 136	6 a 32
	111, 114, 135, 136	6 a 32		
Unión en cruz	21, 23	6 a 50	21, 23	4 a 20
	111, 114, 135, 136	6 a 50	111, 114, 135, 136	6 a 50
Unión a tope	—	—	24	5 a 20
			25	5 a 25
			42, 47	6 a 50
Unión a tope sin respaldo	—	—	111, 114, 135, 136	≥ 16
Unión a tope con respaldo permanente	—	—	111, 114, 135, 136	≥ 12
Unión con cubrejunta	—	—	111, 114, 135, 136	6 a 50
Unión a otras piezas de acero	—	—	42, 11, 114, 135, 136	6 a 50



EN PORTADA

siempre que se demuestre que cumplen los requisitos que establece la propia norma para los procedimientos de soldado.

Además, la UNE-EN ISO 17660 destaca una serie de cuestiones importantes para las soldaduras resistentes, como son las siguientes:

- Los requisitos que establece la norma para uniones resistentes sólo son aplicables a estructuras estáticas. Para estructuras dinámicas, o que estén sometidas a cargas dinámicas, vibraciones, etc., y dependiendo del tipo de unión y del proceso de soldadura, es recomendable tener en cuenta una adecuada reducción de la resistencia a fatiga de las armaduras de acero.
- En las uniones resistentes en cruz es preciso que el proyecto especifique la resistencia a cortadura de las mismas.
- Las uniones soldadas deben satisfacer los requisitos de resistencia y ductilidad de la armadura, a menos que éstos se consideren irrelevantes para las funciones del producto soldado, en cuyo caso habrá que indicarlo expresamente.

Parámetros de soldado

La futura Instrucción EHE señala que las características de los electrodos a utilizar en los procedimientos de soldadura por arco manual y semiautomática con protección gaseosa deberán ser las indicadas en la norma UNE 36832, debiéndose establecer los parámetros del proceso mediante la realización de ensayos previos.

Los tipos de electrodos a los que se hace referencia, y que se emplean en la soldadura por arco manual, son los siguientes:

- Electrodos de rutilo y rutilo ácido o rutilo básico con revestimiento de espesor medio y grueso, así como de gran rendimiento con una eficiencia hasta 160 %.
- Electrodos básicos y de componentes no básicos con revestimiento grueso.

⇒ **Tabla 4.-** Diámetro del electrodo (mm) e intensidad de corriente (A) para uniones a tope. Soldadura por arco manual con electrodo revestido (UNE 36832).

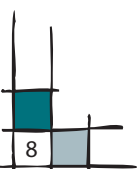
	Diámetro de las barras (mm)			
	16	20	25	32
Pasada inicial (raíz)	2,5 mm 70 - 90 A	2,5 mm 70 - 90 A	2,5 mm 70 - 90 A	3,2 mm 100 - 130 A
Pasada de relleno	2,5 mm 70 - 90 A	3,2 mm 100 - 130 A	3,2 mm 100 - 130 A	4 mm 140 - 180 A
Pasada de acabado	3,2 mm 100 - 130 A	3,2 mm 100 - 130 A	4 mm 140 - 180 A	5 mm 180 - 200 A

⇒ **Tabla 5.-** Diámetro de los electrodos e intensidad de corriente para uniones por solape. Soldadura por arco manual con electrodo revestido (UNE 36832).

Diámetro de las barras (mm)	6-8	10-14	16-20	25-32
Diámetro del electrodo (mm)	2	2,5	3,2	4
Intensidad de la corriente durante la soldadura (A)	40 - 70	70 - 90	100 - 130	140 - 180

⇒ **Tabla 6.-** Parámetros recomendados en soldaduras semiautomáticas por arco con protección gaseosa (UNE 36832).

Diámetro de la barra más fina (mm)	Gas	Tensión (V)	Velocidad de hilo (m/min)	Intensidad (A)
6 a 10	CO ₂ mezcla	24 - 26 22 - 24	5 - 6 6 - 7	150 - 200
12 a 16	CO ₂ mezcla	26 - 28 24 - 26	6 - 7 7 - 8	175 - 225
20 a 40	CO ₂ mezcla	30 - 32 26 - 28	8 - 10	200 - 250



Por el contrario, la norma UNE-EN ISO 17660 no recomienda, en principio, ningún tipo de consumible de soldadura, limitándose a indicar que éstos serán calificados respecto a las normas que les sea de aplicación, y que para uniones resistentes el valor mínimo del límite elástico de los consumibles a emplear deberá ser, al menos, el 70 % del límite elástico de las armaduras, y el 100 % en el caso de que se trate de uniones a tope.

En cuanto a los parámetros de soldeo, la propia norma UNE 36832 recomienda una serie de ellos en función del tipo de unión y del proceso de soldadura utilizado, y que se recogen en las Tablas 4, 5 y 6.

Ensayos previos de aptitud al soldeo

Ambas normas contemplan la realización de ensayos para evaluar la aptitud de los distintos procedimientos de soldadura. Ahora bien, la norma UNE-EN ISO 17660 es

más completa y está mejor estructurada que la norma UNE 36832, incluyendo la forma y dimensiones de las probetas para ensayo.

En cualquier caso, existen una serie de criterios generales que serían de aplicación en ambos casos:

1. Los procedimientos de soldeo para una determinada clase de acero no cualifican para otras clases de acero diferentes.
2. Los ensayos de procedimiento de soldeo realizados sobre un acero con un carbono equivalente (C_{eq}) determinado, cualifican para aceros de igual o menor C_{eq} pero no así para los que presenten un mayor C_{eq} .
3. Los ensayos de procedimiento efectuados para uniones resistentes cualifican para uniones no resistentes, pero no al contrario.

Con relación al número de ensayos a efectuar en cada caso, en la Tabla 7 se recoge una comparativa entre ambas normas.

Tabla 7.- Ensayos a efectuar para establecer la aptitud al soldeo.

Procedimiento de soldeo	Tipo de unión soldada	Número de probetas		
		Tracción	Doblado	Cizalladura
UNE-EN ISO 17660				
111	A tope	3	3	—
114	Con solape / con cubrejuta	3	—	—
135	En cruz	6 ⁽¹⁾	3 ⁽²⁾	3 ⁽³⁾
136	Otras uniones	3	—	—
21, 23	En cruz	6 ⁽¹⁾	3 ⁽²⁾	3 ⁽³⁾
24, 25, 42, 47	A tope	3	3	—
UNE 36832				
	A tope	3 ⁽⁴⁾	3	—
	Solape	3 ⁽⁵⁾	—	—
	En cruz	3 ⁽⁶⁾	—	3 ⁽⁶⁾

(1) Si los diámetros de las barras son diferentes se realizarán tres ensayos de tracción sobre cada barra. Si las barras son del mismo diámetro sólo son necesarios tres ensayos de tracción.

(2) El ensayo de doblado sobre la barra más gruesa sólo es necesario si en producción se dobla la zona soldada.

(3) El ensayo de cizalladura de la barra debe ser con anclajes.

(4) El ensayo se efectúa sobre los diámetros máximo y mínimo que se vayan a soldar. De las tres probetas se ensayará una soldada y las otras dos sin soldar.

(5) El ensayo se efectuará sobre la combinación de diámetros más gruesos a soldar, y sobre la combinación del más fino y más grueso.

(6) Las uniones combinarán el diámetro más grueso y el más fino, efectuándose la tracción sobre el diámetro más fino.



EN PORTADA

Criterios de aceptación o rechazo en UNE 36832

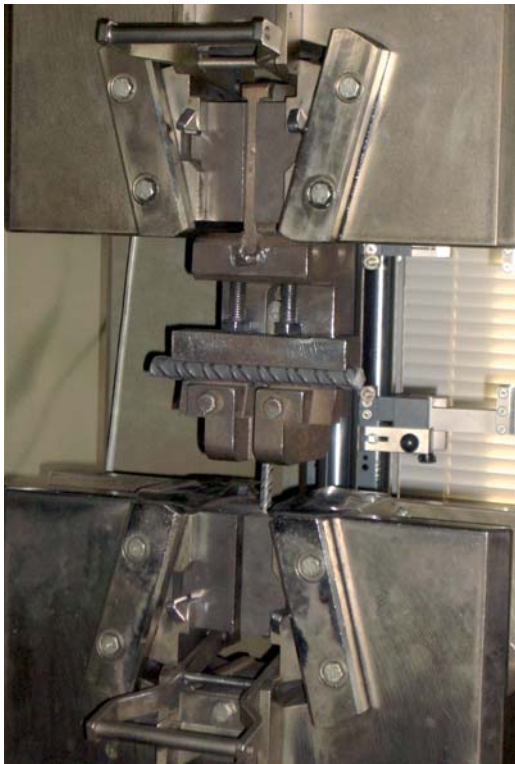
Los criterios de aceptación o rechazo de la norma UNE 36832 son los siguientes:

a) *Ensayo de tracción:*

En la soldadura a tope se compara la resistencia a tracción de una probeta con soldadura con la media de dos probetas sin soldadura, debiéndose comprobar en la primera que su resistencia a rotura no es inferior a la garantizada, ni al 95 % de la resistencia media alcanzada por las otras dos probetas.

Además, en el diagrama fuerza-alargamiento del ensayo de tracción, se deberá comprobar que para cualquier alargamiento la fuerza correspondiente a la probeta soldada no es inferior al 95 % de la correspondiente a la probeta sin soldar.

En el caso de uniones por solape, la rotura ha de producirse siempre fuera de la zona de solape. En el caso de tener lugar en ésta, la carga de rotura no puede ser inferior al 90 % de la correspondiente a la más fina de las barras que constituyen el solape.



⇒ **Fotografía 2.-** Ensayo de arrancamiento de nudo (cizalladura).

Para uniones en cruz no resistente, se efectúa el ensayo de tracción sobre la barra más fina y se ha de verificar que la carga de rotura y el alargamiento en rotura no están por debajo del valor nominal, ni del 90 % del correspondiente a una barra que no haya sido objeto de soldadura.

b) *Doblado simple:*

Sólo aplicable a uniones a tope. El ensayo de doblado simple a 180° se realiza sobre la zona de afección del calor debiéndose comprobar que no se produce la rotura parcial o total de la barra en esta zona.

c) *Cizalladura:*

Este ensayo, conforme a UNE 36462, se efectúa en uniones en cruz resistente pero no se indica qué criterio hay que aplicar para aceptar o rechazar el resultado obtenido.

Por último, en relación a la unión de las barras con otros perfiles metálicos, la norma UNE 36832 no indica nada al respecto, por lo que vemos que aunque los procesos de evaluación están previstos, no se aclara cómo han de llevarse a cabo en determinadas circunstancias habituales en construcción.

Criterios de aceptación o rechazo de UNE-EN ISO17660

El tratamiento dado en esta norma es mucho más completo, como ya se ha mencionado. No sólo se definen con claridad la tipología de probetas a utilizar para uniones entre barras, sino también entre barras y perfiles metálicos.

Nótese que en los criterios que a continuación se indican no se distingue entre distintos tipos de uniones.

a) *Ensayo de tracción:*

Lo primero que hay que comprobar tras el ensayo es la superficie de fractura, en el caso de que ésta se haya producido en la soldadura, para de-

tectar la posible existencia de imperfecciones.
La carga de rotura debe ser mayor o igual a la nominal correspondiente:

$$F_{\text{máx}} \geq A_n \cdot R_m$$

donde:

- $F_{\text{máx}}$ es la fuerza máxima de tracción, en N;
- A_n es la sección transversal nominal de la barra, en mm²;
- R_m es la resistencia a tracción nominal de la barra, en N/mm², que si no está especificada en el material de base puede tomarse igual al producto del límite elástico nominal, R_e , por la relación R_m/R_e característica especificada.

Además, se pueden requerir y medir otras características mecánicas, como el alargamiento bajo carga máxima, A_{gt} . En este caso, esta característica se ha de medir fuera del área de soldadura, en el caso de soldaduras resistentes, y sobre el área soldada en el caso de las no resistentes.

b) *Doblado:*

El ensayo de doblado es el simple, debiéndose llegar al menos a 60° durante el ensayo. Al finalizar el mismo no deben apreciarse fisuras visibles a simple vista en la superficie de la barra. En el caso

de uniones en cruz se admite que pueda producirse un desprendimiento parcial de la soldadura, siempre que el material de la barra permanezca dúctil.

c) *Cizalladura:*

En el ensayo de cizalladura se exige que la unión en cruz tenga la resistencia a cortante especificada para ella. Esta resistencia viene dada por un factor de cortadura, S_r , que indica la resistencia nominal a cortadura en relación al

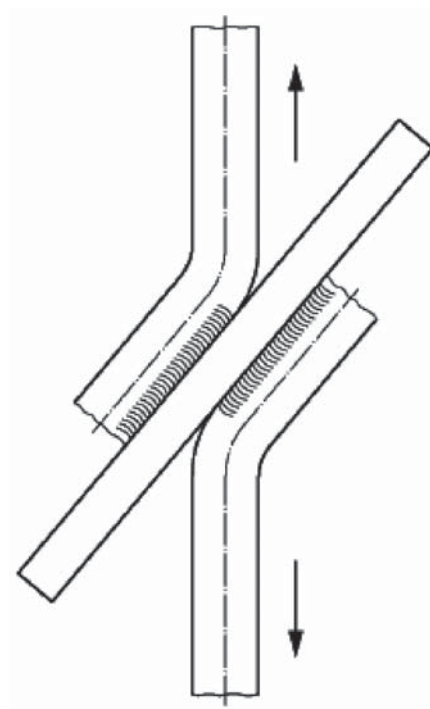


Figura 2.- Probeta para ensayo de tracción de uniones con solape por ambos lados en armaduras de acero dobladas (UNE-EN ISO 17660).

Tabla 8.- Diámetros de mandril para el ensayo de doblado.

Diámetro de la armadura (mm)	Diámetro del mandril (mm)		
	UNE 36832 $\gamma = 180^\circ$		UNE-EN ISO 17660 $\gamma \geq 60^\circ$
	B 400 S	B 500 S	
$\varnothing < 8$	3 \varnothing	4 \varnothing	5 \varnothing
$8 < \varnothing \leq 12$	3 \varnothing	4 \varnothing	6 \varnothing
$12 < \varnothing \leq 20$	—	—	8 \varnothing
$12 < \varnothing \leq 25$	3,5 \varnothing	4,5 \varnothing	—
$20 < \varnothing \leq 32$	—	—	10 \varnothing
$\varnothing > 25$	4 \varnothing	5 \varnothing	—
$\varnothing > 32$	—	—	12 \varnothing



EN PORTADA

⇒ **Tabla 9.-** Clasificación de la resistencia a cizalladura de las uniones resistentes en cruz, según UNE-EN ISO 17660.

Clasificación del factor de cortadura	Factor de cortadura, S_f ⁽¹⁾
SF30	≥ 30 %
SF40	≥ 40 %
SF 50	≥ 50 %
SF 60	≥ 60 %
SF 70	≥ 70 %
SF 80	≥ 80 %

(1) Porcentaje del límite elástico nominal de la barra bajo carga.

Nota 1: No se recomienda el uso de clases de factor de cortadura inferiores a SF30 o superiores a SF80.

Nota 2: El valor mínimo de cortadura se puede indicar en los planos conforme al siguiente criterio, en el que 1 representa la dirección de anclaje.



límite elástico nominal de la barra bajo carga. Por tanto, la condición a cumplir es la siguiente:

$$F_s \geq S_f \cdot A_s \cdot R_e$$

donde:

F_s es la fuerza de cortadura, en N;

S_f es el factor de cortadura, en %;

A_s es la sección transversal nominal de la barra a anclar, en mm²;

R_e es el límite elástico característico especificado de la armadura, en N/mm².

Ensayos durante la ejecución

Ambas normas contemplan la realización de ensayos durante la ejecución o durante los procesos de producción, cuyo objetivo es asegurar que en las condiciones específicas del taller o de la obra se consiguen soldaduras de calidad, conforme al procedimiento de soldadura que se esté utilizando. Esta comprobación consiste en la realización, por parte de cada uno de los soldadores, de una serie de probetas en la posición de soldeo más difícil que pueda presentarse en su trabajo.

De acuerdo con UNE-EN ISO 17660 en el caso de producción continua en taller empleando el mismo procedimiento de soldadura, el periodo transcurrido entre la realización de ensayos de produc-

ción no debe exceder de 3 meses, mientras que en obra estos ensayos deben efectuarse al comienzo de los trabajos y repetirse posteriormente con una periodicidad no superior a un mes.

Sobre las probetas confeccionadas, de acuerdo con los criterios recogidos en la Tabla 10, se han de efectuar los ensayos prescritos. Si se produjese un fallo han de ensayarse dos probetas adicionales, no superándose el ensayo de soldadura en producción si fallase alguna de ellas.

En este supuesto, y antes de proceder a repetir este ensayo, los soldadores han de ser adecuadamente entrenados. Sólo después de haber superado este ensayo de producción pueden reanudarse los ensayos de soldadura de producción.

En el caso de la norma UNE 36832 la frecuencia de ensayos se fija en función del número de uniones, 1.000 en el caso de uniones resistentes y 3.000 en el caso de las no resistentes.

CONCLUSIONES

La soldadura va a seguir siendo un proceso de unión válido para la ejecución de estructuras de hormigón, fundamentalmente para la elaboración de la ferralla armada.

Tabla 10.- Número de ensayos de producción de soldadura.

Proceso de soldadura	Tipo de unión soldada	Número de muestras por unión soldada ⁽¹⁾					
		Uniones resistentes			Uniones no resistentes		
		Tracción	Doblado	Cizalladura	Tracción	Doblado	
UNE 36832							
Arco manual o con gas de protección	A tope	1	1	—	—	—	
	Con cubrejuntas	1	—	—	—	—	
	Por solape	1	—	—	1	—	
	En cruz	1 ⁽²⁾	1 ⁽³⁾	2 ⁽⁴⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽³⁾	
	Con otros perfiles	3	—	—	1	—	
Eléctrico por puntos	Por solape	—	—	—	3	—	
	En cruz	1 ⁽²⁾	1 ⁽³⁾	2 ⁽⁴⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽³⁾	
UNE-EN ISO 17660							
111 114 135 136	A tope	1	1	—	—	—	
	Con solape / con cubrejunta	1	—	—	—	—	
	En cruz	1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁶⁾	3 ⁽⁷⁾	—	—	
	Otras uniones	1	—	—	—	—	
21 23	Con solape	1	—	—	—	—	
	En cruz	2 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁶⁾	3 ⁽⁷⁾	—	—	
24 25 42 47	A tope	1	1	—	—	—	
	Otras uniones	1	—	—	—	—	
	42	Otras uniones	1	—	—	—	—

(1) A realizar por cada soldador en la posición más compleja que pueda presentarse en la fabricación.
 (2) Ensayo de tracción a realizar sobre la barra más fina.
 (3) Ensayo de doblado sobre la barra más gruesa.
 (4) Barra más gruesa estirada.
 (5) Si los diámetros de las barras son diferentes se realiza un ensayo de tracción sobre cada barra. Si las barras son del mismo diámetro sólo es necesario un ensayo de tracción.
 (6) El ensayo de doblado sobre la barra más gruesa sólo es necesario si en producción se dobla la zona soldada.
 (7) El ensayo de cizalladura de la barra debe ser por anclaje.

Los últimos avances y técnicas desarrolladas no han sido recogidas convenientemente en la revisión de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural, a pesar de que han transcurrido ya diez años desde su aprobación.

Es preocupante que para los próximos años, y hasta que se vuelva a revisar esta reglamentación, se haga referencia a una norma —la UNE 36832— que en el

momento de la redacción de este artículo ya ha sido anulada por una nueva normativa, que se apoya en la labor de grupos de trabajo internacionales y que tiene un tratamiento mucho más profesional, desde el punto de vista de la soldadura, lo que incidirá, sin duda, en cuestiones administrativas, de cualificación de soldadores, de homologación de procesos y que esperemos que sea resuelto por la Comisión Permanente del Hormigón antes de elevar la propuesta actual a su aprobación por el Consejo de Ministros. ■



LA PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO EN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

El nuevo Documento Básico DB-HR

Javier Serra María-Tomé – Arquitecto. Subdirector General de Innovación y Calidad de la Edificación. Ministerio de Vivienda.

Luis Vega Catalán – Arquitecto. Jefe de la Unidad de Calidad en la Construcción. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

El pasado mes de octubre se aprobó por el Gobierno, vía Real Decreto, el Documento Básico de protección frente al ruido (DB-HR) que completa las restantes exigencias de la edificación, ya reguladas desde 2006 en el Código Técnico de la Edificación, dando así respuesta a las demandas de unos usuarios claramente insatisfechos con los niveles de protección acústica de sus viviendas.

Sin duda alguna, uno de los aspectos más importantes en esta materia es la protección de los edificios frente al ruido exterior, y en este sentido cabe desatacar la aprobación de forma simultánea, en el mismo Consejo de Ministros, del Real Decreto que desarrolla reglamentariamente la Ley estatal del ruido, que permitirá conocer de forma realista los niveles acústicos exteriores gracias



a los mapas de ruido que deberán realizarse, y que establece asimismo los objetivos de calidad acústica aplicables al espacio interior habitable de la edificaciones destinadas a viviendas, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales.

Con ambos textos se configura un marco reglamentario netamente mejor que el existente hasta el momento, que permitirá alcanzar, como se verá a continuación de forma más detallada, unos niveles de bienestar acústico muy superiores a los actuales.

EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN Y LA LEY DE ORDENACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Antes de comentar los aspectos fundamentales del Documento Básico DB-HR: protección frente al ruido, es necesario contextualizarlo. Dicho Documento Básico está enmarcado dentro del CTE, y además de caracterizar y cuantificar las exigencias básicas definidas en la Parte I, establece procedimientos para la verificación de las mismas.

A su vez, conviene recordar que el CTE es el documento mediante el cual se desarrollan técnicamente los Requisitos Básicos definidos en la Ley de Ordenación de la

Edificación, LOE, y se establecen las exigencias básicas de calidad antes citadas.

LAS EXIGENCIAS BÁSICAS DE CALIDAD ACÚSTICA

El Documento Básico DB-HR establece un conjunto de condiciones que deben cumplirse para satisfacer las diferentes exigencias básicas de protección frente al ruido relativas a la transmisión del ruido aéreo, que se transmite por el aire, al ruido de impactos, que se transmite por los elementos constructivos como los suelos, y a las vibraciones y ruidos de las instalaciones propias del edificio establecidas en la parte I. Mediante estas exigencias se pretende limitar dentro de los edificios, y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir en los usuarios como consecuencia de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

La primera diferencia significativa con respecto a la anterior normativa de la edificación, la norma básica denominada abreviadamente NBE-CA, del año 88, es que las condiciones establecidas para limitar, tanto el ruido aéreo como el ruido de impacto, tienen en consideración la denominada transmisión por flancos, valorándose tanto los caminos directos como los indirectos. La no consideración de este aspecto en la antigua Norma Básica suponía una infravaloración, bastante significativa, de los niveles de transmisión acústica reales en el propio edificio. Con el nuevo Documento Básico la predicción se ajustará con mayor precisión al comportamiento real en los edificios.

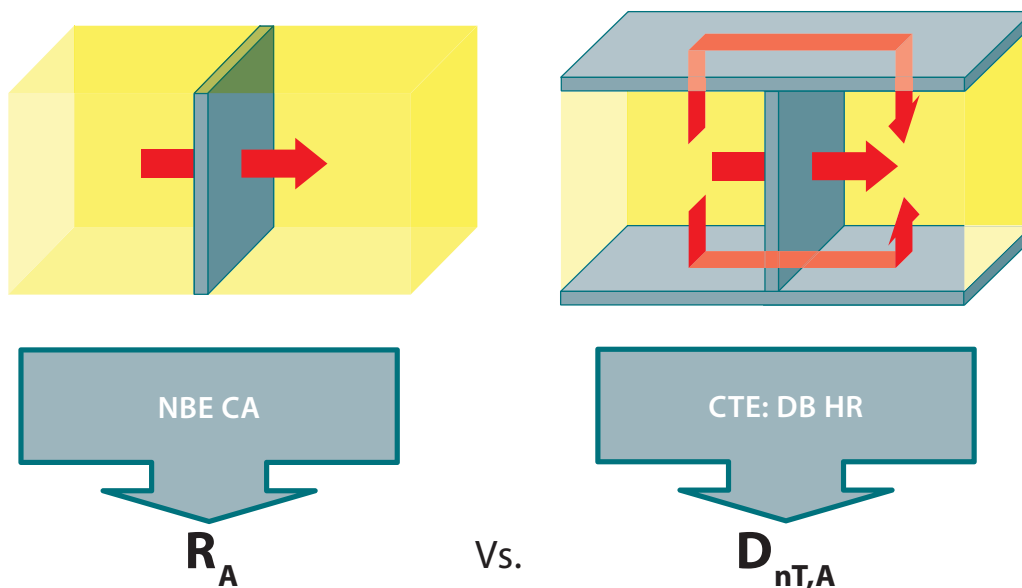


Figura 1.- Mecanismos de transmisión acústica entre recintos. Ruido por flancos.



REPORTAJES

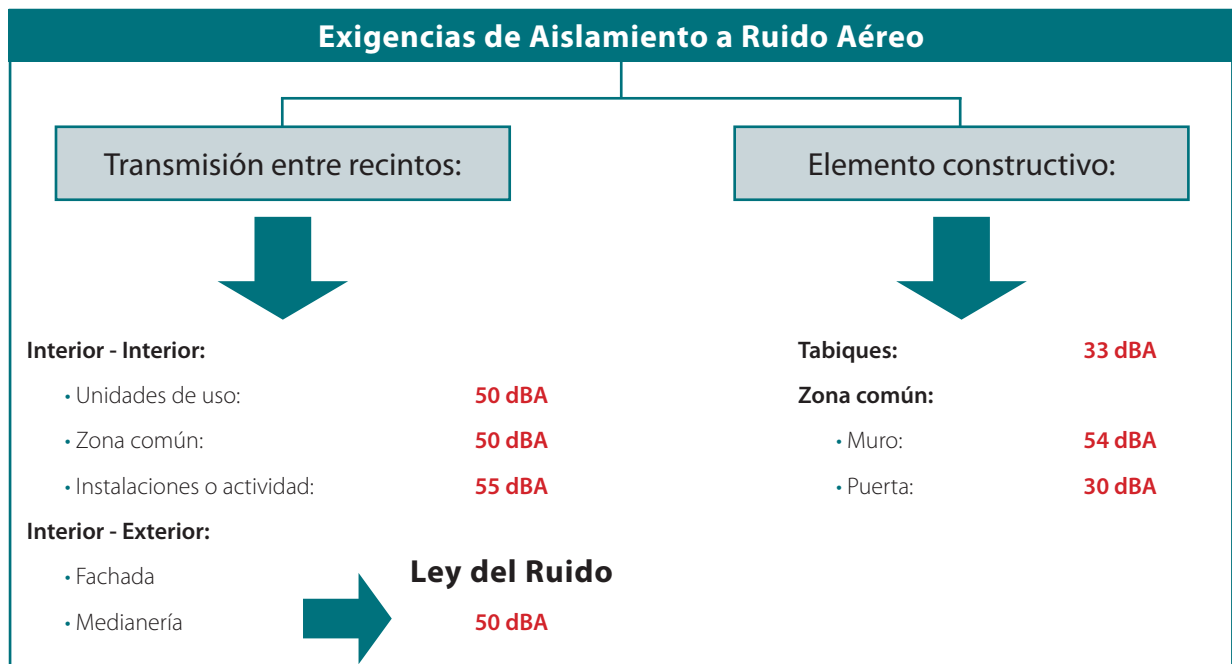


Figura 2.- Exigencias acústicas: aislamiento a ruido aéreo.

Asimismo, y en relación con la citada NBE-CA, el DB-HR supondrá un incremento considerable de los niveles de aislamiento acústico exigibles tanto entre recintos como respecto del exterior. Las exigencias establecidas a nivel europeo, en los países de nuestro entorno, eran sensiblemente superiores a las establecidas a nivel nacional que, como ya se ha comentado, no se adecuaban a las expectativas de los usuarios que demandaban una mayor calidad acústica de sus edificios. Por ello se ha realizado esta elevación significativa de los niveles de prestación acústica exigidos, adecuándolos a la media europea. Debe insistirse en que dichas exigencias están, asimismo, referidas a valores *in situ*, es decir en la propia obra.

Sirva a modo de ejemplo de esta elevación significativa de exigencias el caso de trasmisión acústica a ruido aéreo entre dos recintos protegidos de diferentes unidades de uso, por ejemplo entre dos habitaciones pertenecientes a dos viviendas diferentes, donde se pasa del nivel de exigencia de 45 dBA a 50 dBA, pero referido el primero al índice global de reducción acústica del elemento de separación vertical entre ambos, y el segundo al aislamiento acústico entre recintos teniendo en cuenta el ruido por flancos. Si, por ejemplo, el ruido por flancos estuviera en torno a 5dBA (caso normal) la diferencia real entre la antigua

reglamentación y la nueva sería de en torno a 10 dBA. Teniendo en cuenta que las magnitudes acústicas se expresan de forma logarítmica un salto de 5 decibelios supone un avance impresionante, además de suponer en este ejemplo duplicar prácticamente el nivel de confort acústico.

En lo relativo a la protección frente al ruido exterior, también se producirá una mejora considerable. No obstante, el punto tal vez más significativo será el poder disponer a la hora de proyectar una nueva promoción, de información real con base estadística y científica sobre el ruido ambiental, lo que permitirá adecuar las condiciones de la edificación a la realidad del entorno físico en el cual se ubica, garantizándose los niveles de inmisión sonora establecidos como objetivo por la Ley del ruido, en todas las situaciones.

Un aspecto no regulado con anterioridad, y de gran importancia en locales donde la comunicación entre personas es fundamental —principalmente aulas, salas de conferencias o espectáculos, aunque también en comedores o restaurantes—, es garantizar un buen nivel

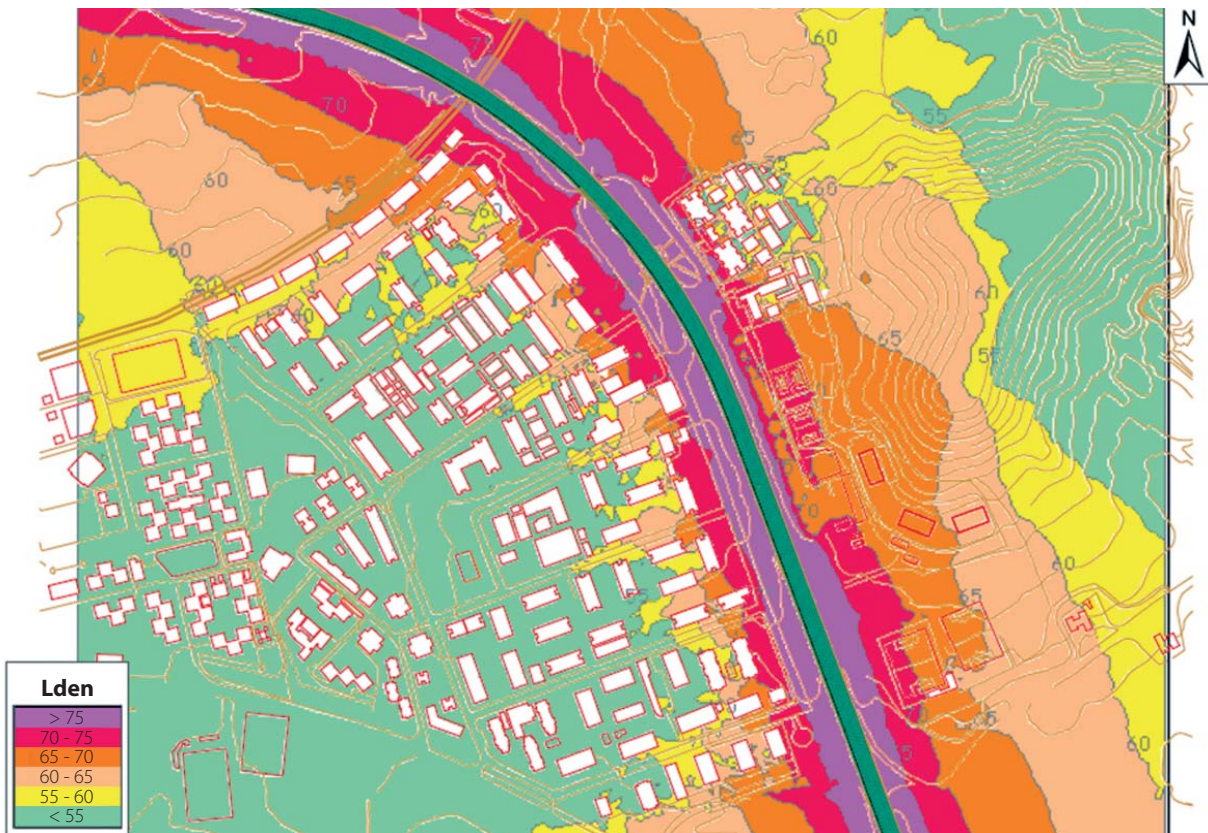


Figura 3.- Mapa de niveles sonoros. Lden.

de inteligibilidad de voz. Dicho en otras palabras, que al orador, profesor o intérprete que use la palabra como medio de comunicación, no sólo se le oiga, sino que su palabra se comprenda bien, sin ecos ni reverberancia. Por ello, el DB-HR limita el tiempo de reverberación en estos locales para evitar ese eco que distorsiona la 'inteligibilidad' de la palabra. La importancia de esta medida puede ponderarse si se tiene en cuenta que existen estudios que establecen, en el ámbito docente, una cierta relación entre el nivel de inteligibilidad de la palabra en las aulas y el aprovechamiento escolar de los alumnos.

Otro aspecto relevante es el ruido inferido por las instalaciones. Las instalaciones de un edificio constituyen un conjunto heterogéneo de dispositivos que pueden influir en el confort acústico de tres formas diferentes: deteriorando los elementos constructivos, creando puentes acústicos o generando ruidos y vibraciones. El DB-HR establece las condiciones espe-

cíficas de diseño y montaje de cada instalación con un doble objetivo. Por un lado limitar los niveles de ruido y vibraciones de las instalaciones, como emisores; por otro, limitar el ruido y vibraciones transmitidos a través de las sujeciones o puntos de contacto de aquellas con los elementos constructivos.

PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACIÓN

Como ya se ha indicado, el Documento Básico del ruido establece procedimientos o métodos de predicción acústica que permiten valorar *a priori* el comportamiento acústico del edificio. La predicción acústica que, de acuerdo con la exigencia, debe valorar las transmisiones indirectas (ruido por flancos) es un proceso complejo. Por ello, *a priori*, cabe pensar que la aplicación del DB-HR será sensiblemente más compleja que la de la antigua normativa donde los valores exigidos se comparaban directamente con los valores de aislamiento acústico en laboratorio de las diferentes soluciones constructivas. Y ciertamente, el método general incluido en el Documento Básico, basado en la norma europea UNE-EN 12354 partes 1,2 y 3, donde deben

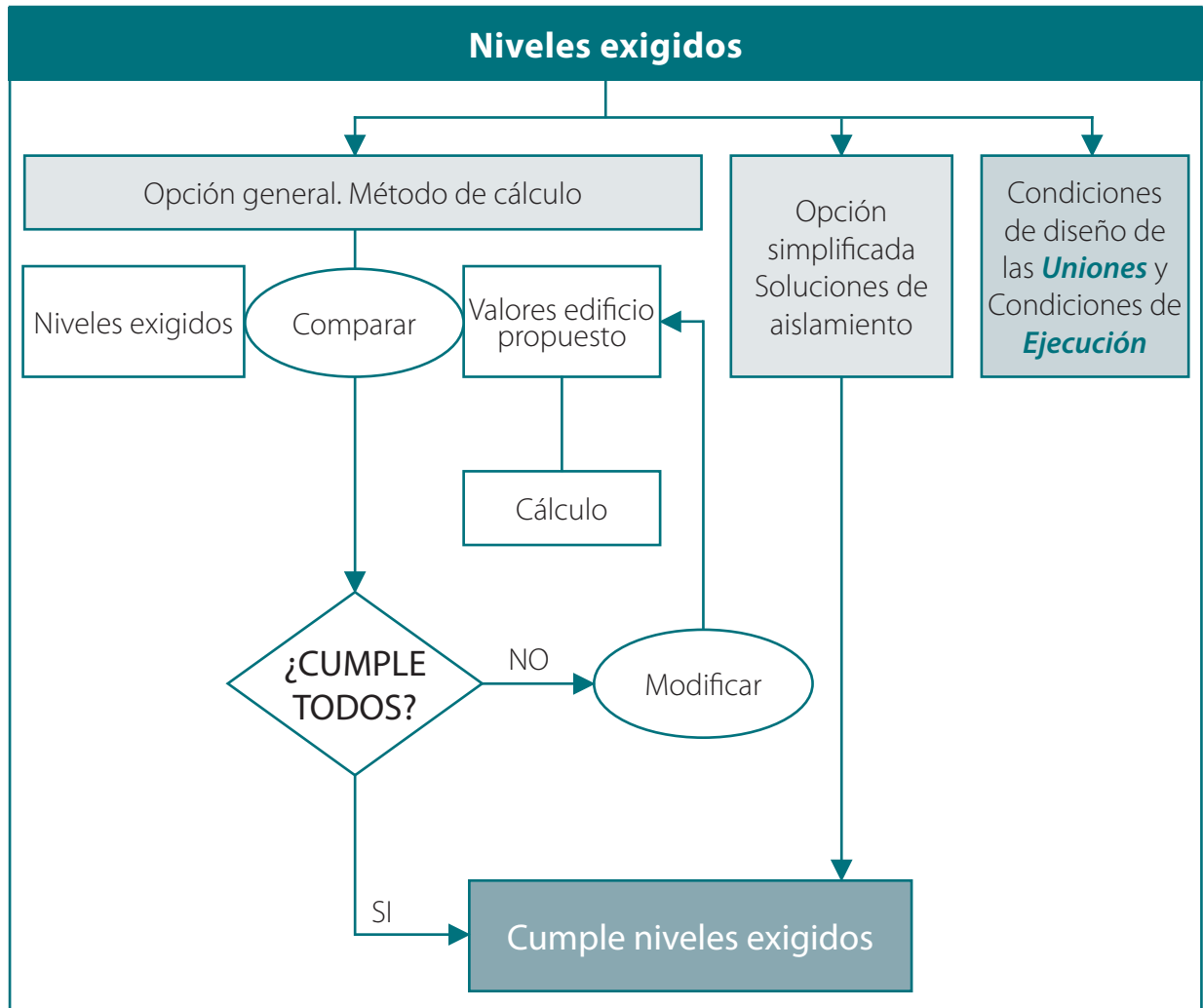


Figura 4.- Opciones del DB HR.

valorarse las diferentes vías de transmisión acústica, podría dificultar inicialmente la utilización del DB-HR. Por este motivo, se incluye en el Documento —de forma análoga a lo realizado con otros requisitos del Código Técnico de la Edificación, como el de Ahorro Energético, DB-HE— un método simplificado que mediante tablas de fácil uso permiten verificar cada solución constructiva elemento a elemento (divisorio, forjado, fachada, etc.) de forma análoga, en términos operativos, a como se realizaba con la Norma Básica.

Si bien, como se decía antes, el problema de la transmisión acústica entre recintos es un problema de conjunto, se han desarrollado un conjunto de soluciones de aislamiento, entendidas como tales el conjunto de todos los elementos constructivos que con-

forman un recinto, tales como elementos de separación verticales y horizontales, tabiquería, medianerías, fachadas y cubiertas, y que influyen en la transmisión del ruido y de las vibraciones entre recintos adyacentes o entre el exterior y un recinto. De forma tal, que si se cumplen las condiciones que se establecen individualmente para cada elemento puede garantizarse que el conjunto (cada solución de aislamiento) da conformidad a las exigencias de aislamiento a ruido aéreo y ruido de impacto, facilitándose de forma considerable el proceso.

Las soluciones acústicas incluidas en el documento se han planteado con la mayor generalidad posible,

de forma tal que permitan validar tanto las soluciones constructivas más convencionales, como aquellas otras de carácter más innovador. De hecho, debe tenerse en cuenta que, debido al importante incremento de las exigencias acústicas, algunas soluciones constructivas habituales, como por ejemplo los divisorios verticales contruidos con elementos de gran masa sin huecos, pueden requerir incrementos de espesor tan significativos que resulte más conveniente plantear otro tipo de soluciones, como por ejemplo elemento masivos desolidarizados mediante bandas elásticas, etc., algunos de los cuales han sido incluidos en forma genérica dentro de las soluciones acústicas contempladas.

CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Evidentemente, el DB-HR siguiendo la lógica prestacional del resto del CTE, no plantea soluciones constructi-

vas concretas, sino que se definen en términos genéricos —caracterizadas por sus valores acústicos: $R_{A'}$, $\Delta R_{A'}$, $L_{W'}$, $\Delta L_{W'}$ etc.— de forma que cualquier solución constructiva que posea valores acústicos mejores que los establecidos en cada caso concreto será válida. Ello plantea la necesidad de definir las prestaciones acústicas de los diferentes elementos constructivos, para posibilitar un uso fácil del Documento.

Para ello, el Ministerio de Vivienda, a través del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, IETcc, y con la colaboración de los diferentes agentes (en especial de los fabricantes de productos de construcción a través de CEPCO), está desarrollando el denominado Catálogo de elementos constructivos donde se caracterizarán un amplio conjunto de elementos constructivos, no solo acústicamente sino también energéticamente o en lo relativo en su comportamiento frente a la humedad.

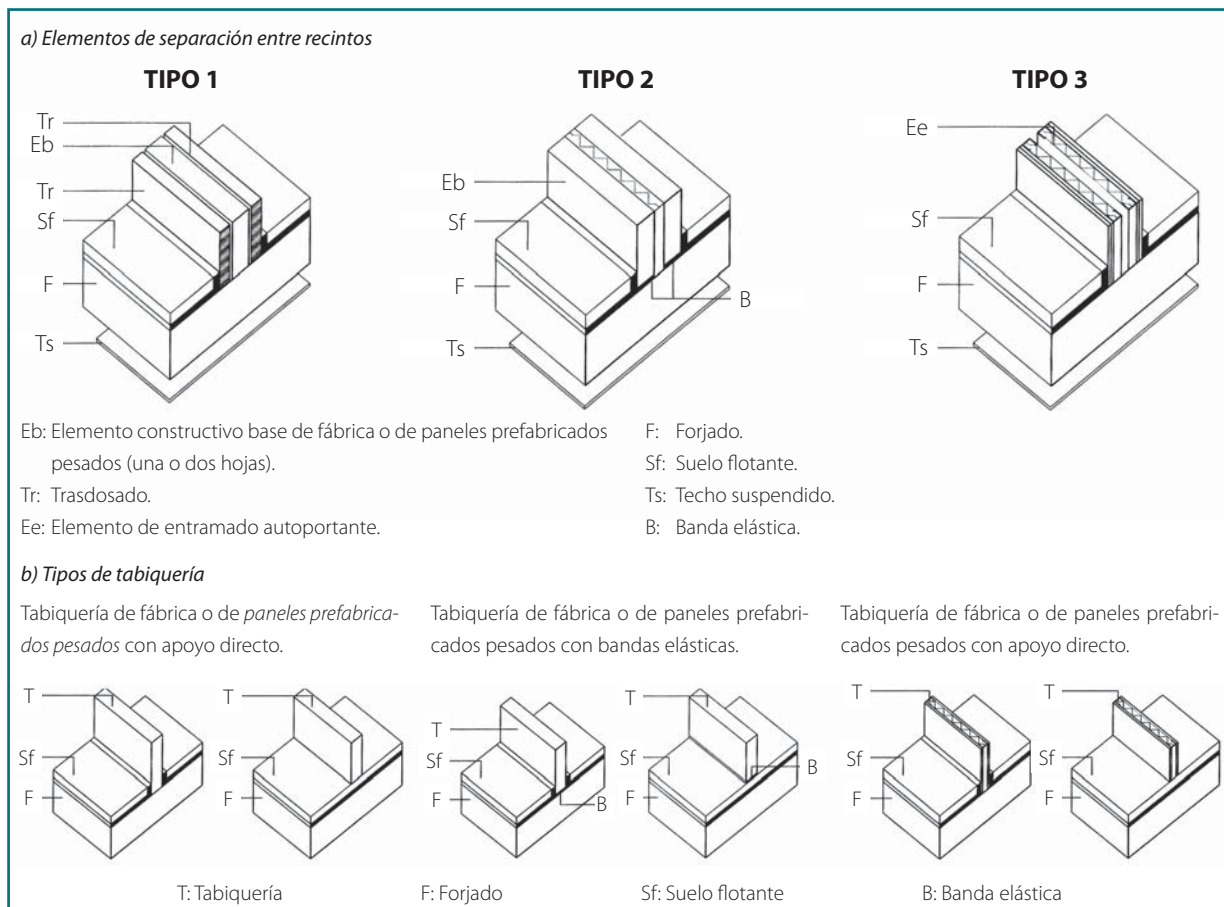


Figura 5.- Soluciones constructivas para elementos verticales (DB-HR).



REPORTAJES

INTERACCIÓN CON OTROS REQUISITOS Y CONDICIONES DE EJECUCIÓN

Otras dos cuestiones de importancia a la hora de abordar el problema del ruido son lo que se podría denominar 'transversalidad' (relación con los otros requisitos), así como la incidencia crítica de las condiciones de ejecución sobre las prestaciones acústicas finales del edificio.

En relación con el problema de la interacción entre requisitos, o transversalidad, es evidente que si se analiza la incidencia de los diferentes requisitos básicos sobre ciertos elementos constructivos, como por ejemplo la fachada, podemos observar como las condiciones que mejoran el comportamiento del mismo frente a un requisito, operan de forma contraria frente a otros requisitos empeorándolo. Siguiendo con el ejemplo de fachada, mejorar su comportamiento acústico requiere alcanzar mayor hermeticidad frente al paso del aire minimizando las rendijas por donde no sólo pasa el aire sino también el ruido, lo que podría argüirse que va en contra de la necesaria ventilación de

los edificios que permita garantizar niveles de calidad del aire interior adecuados, o viceversa. No obstante, siempre pueden encontrarse soluciones concretas, por ejemplo aireadores con tratamiento acústico, capaces de satisfacer ambos requisitos de forma adecuada. En el desarrollo del CTE se han tenido en cuenta estas interrelaciones de forma tal que el conjunto de exigencias planteadas sean compatibles entre sí, y no contradictorias, como no puede ser de otra manera.

La segunda cuestión está relacionada con la gran incidencia que sobre el comportamiento acústico del edificio tienen los defectos de ejecución de los elementos afectados por el paso del ruido. Como es bien sabido, los defectos de ejecución pueden generar los denominados 'puentes acústicos', que aunque fueran de pequeña dimensión, incrementarían de forma considerable la transmisión acústica, dado que no es un problema lineal sino logarítmico,



➡ Sonómetro y medición de ruido.

invalidando en muchos casos la solución desde el punto de vista reglamentario. Por ello, es absolutamente necesario realizar las oportunas verificaciones durante el proceso de construcción para garantizar la correcta ejecución de las soluciones constructivas con el fin de evitar problemas de difícil resolución una vez acabada la obra.

ENTRADA EN VIGOR

Si bien el Documento Básico DB-HR va a poder aplicarse desde la fecha de su publicación, tal como sucedió

con el resto de Documentos del CTE aprobados en 2006, se ha establecido un periodo transitorio de un año, durante el cual se podrá optar por seguir aplicando la normativa anterior (NBE CA-88). Dicho periodo está especialmente justificado si se atiende, tal como se indica en la exposición de motivos del Real Decreto, a la complejidad del documento, así como a la necesidad de adaptación del sector a una nueva reglamentación que, como se ha indicado, supondrá significativos cambios en lo relativo a elementos y sistemas constructivos para adecuar la edificación a las nuevas exigencias. ■





REPORTAJES

CONFINAMIENTO Y DUCTILIDAD DE LOS EDIFICIOS DE HORMIGÓN ARMADO

Juan Carlos Vielma - Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Decanato de Ingeniería Civil, Barquisimeto, Venezuela.

Alex H. Barbat y Sergio Oller - Universidad Politécnica de Cataluña, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

El proyecto de edificios de hormigón armado contempla entre sus objetivos la estabilidad de la estructura frente a las cargas a las que está sometida a lo largo de su vida útil. En consideración a dicho objetivo, el cálculo de las estructuras se realiza para varios grupos de combinaciones de cargas de diferente naturaleza, dentro de las cuales se encuentran las cargas accidentales, tales como son las de viento, de impacto o las sísmicas. El carácter catastrófico que, en la mayoría de los casos, tiene el fallo de los edificios bajo la acción sísmica, ha motivado la revisión sucesiva de las normas de proyecto, en las que se han incluido preceptos que privilegian el comportamiento dúctil de dichas estructuras. Para resaltar la diferencia que existe entre un comportamiento dúctil y un comportamiento frágil de

una estructura, véanse las Figuras 1 y 2. En la Figura 1 aparece un edificio con comportamiento frágil, el cual ha llegado a un punto en el cual su estructura no ha sido capaz de soportar los desplomes laterales y ha colapsado de forma brusca.

Por el contrario, en la Figura 2 se aprecia un edificio en el que la acción del terremoto ha producido notables desplomes laterales permanentes; sin embargo, el edificio mantiene su estabilidad y, a pesar de los daños sufridos, puede soportar las cargas de gravedad. Este hecho caracteriza un edificio con comportamiento dúctil.



Figura 1.- Fallo frágil de un edificio.

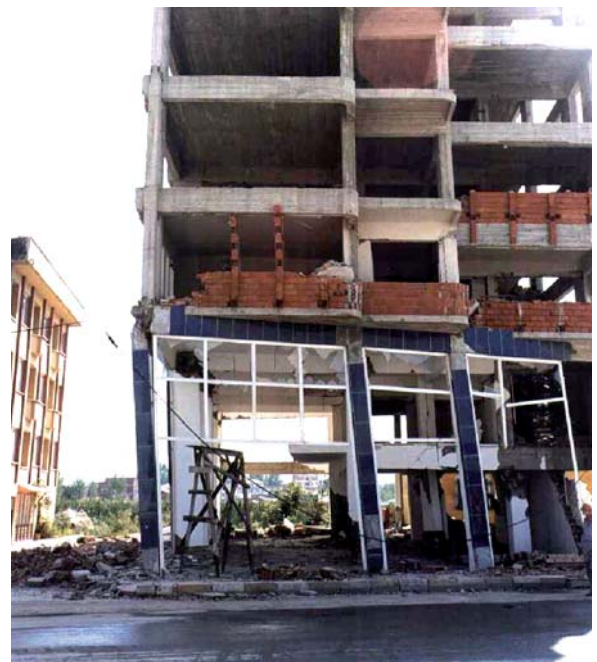


Figura 2.- Fallo dúctil de un edificio.

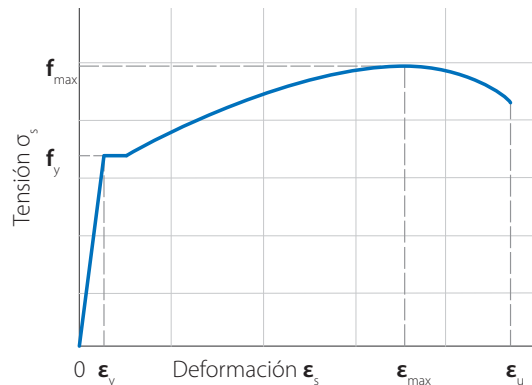
Dentro de los preceptos normativos cabe destacar aquellos que se relacionan con el confinamiento del hormigón armado. En este artículo se revisan algunos de estos preceptos normativos, procurando explicar de que manera éstos mejoran el comportamiento y la seguridad de las estructuras frente a la acción de los terremotos.

El ingeniero proyectista de estructuras sabe que el hormigón armado es un material en el que el comportamiento de los elementos componentes sometidos a flexión, flexo-compresión y cortante es determinado, en gran medida, por la calidad del acero de armado. Esta afirmación puede ser contrastada con una simple revisión de los diagramas tensión-deformación tanto del hormigón como del acero.

En la Figura 3 se observa que el comportamiento del acero es dúctil, mientras que en la Figura 4 se aprecia que el del hormigón es frágil. Además, la resistencia a compresión del hormigón es considerablemente más alta que la resistencia a tracción. Por tal motivo, es necesario dotar al hormigón de armadura para que sea capaz de soportar la tracción.

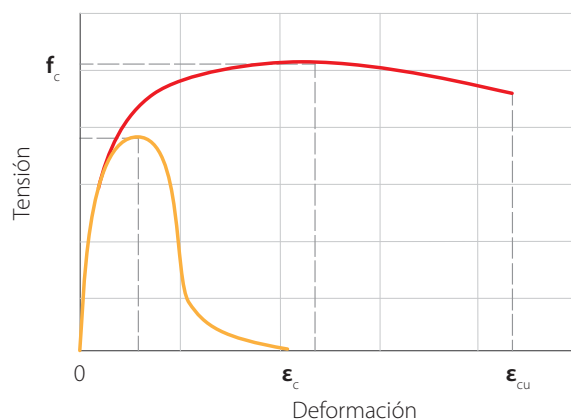
La armadura longitudinal y transversal no sólo mejora la capacidad de los elementos de hormigón armado de deformarse bajo la acción de la flexión; también proporciona *confinamiento* al hormigón lo que, a la larga, se traduce en un incremento de su resistencia a compresión mejorando, de esta forma, el comportamiento global de la estructura. En la Figura 4 se muestran las curvas tensión-deformación del hormigón confinado y no confinado; puede apreciarse que el hormigón no armado es un material que una vez que alcanza su máxima resistencia se comporta de manera frágil. Por el contrario, el hormigón armado y confinado dispone de una mayor resistencia y de una alta ductilidad en comparación con el hormigón no armado.

A pesar de que es imprescindible disponer una determinada cuantía de armadura longitudinal y transver-



- f_y : Tensión de plastificación.
- f_{max} : Tensión máxima.
- ϵ_y : Deformación de plastificación.
- ϵ_{max} : Deformación correspondiente a la tensión máxima.
- ϵ_u : Deformación última.
- ϵ_s : Deformación del acero.
- σ_s : Tensión del acero.

Figura 3.- Diagrama tensión-deformación del acero.



- f_c : Tensión máxima a compresión del hormigón.
- ϵ_c : Deformación del hormigón para la tensión máxima de compresión.
- ϵ_{cu} : Deformación última del hormigón armado.

Figura 4.- Diagrama tensión-deformación del hormigón no armado y del hormigón armado y confinado, obtenido de ensayo de compresión.

“El confinamiento del hormigón mejora el comportamiento global de la estructura”.



REPORTAJES

sal, esto no resulta suficiente frente a la acción de cargas sísmicas. Estas cargas obligan al proyectista a buscar también otras mejoras en el comportamiento de las estructuras. Muchas de las medidas adoptadas apuntan hacia la mejora de las características globales de las estructuras, buscando la simplicidad de las formas geométricas a la vez que la regularidad en planta y en elevación o incluso la simetría. Al mismo tiempo, es necesaria una racionalización del uso de los materiales, ya que se busca que contribuyan de forma más eficiente a la respuesta de la estructura como un todo.

El carácter catastrófico del colapso de los edificios durante terremotos ocurridos en el pasado en diferentes zonas del mundo ha impuesto, como imprescindible, la exigencia de que los edificios no sufran fallos bruscos o frágiles de manera que se asegure, en primer término, la preservación de la vida de los ocupantes y, en segundo término, la reducción de las pérdidas económicas. Así mismo, se intenta que los daños en los elementos estructurales y no estructurales sean limitados, de tal forma que sea posible la reparación del edificio después de un terremoto desde el punto de vista económico y tecnológico.

Entre las medidas más efectivas para lograr que los edificios tengan una respuesta dúctil, se encuentran la de reforzar de forma especial aquellas partes de los elementos que son más susceptibles de ser dañadas durante los terremotos. Estas zonas son, generalmente, aquellas en las que se alcanzan los máximos momentos tanto en vigas como en pilares. Un ejemplo de fallo de un pilar se muestra en la Figura 5, en la que se aprecia el inadecuado armado transversal en el extremo del pilar, con cercos de diámetro insuficiente y muy espaciados. En la misma foto, puede observarse también un error muy frecuente en la disposición de las armaduras transversales, que consiste en la utilización de armaduras lisas, lo que reduce su adherencia con el hormigón. Para evitar este tipo de fallo, las normas de proyecto sismorresistente exigen un armado más cuidadoso de los extremos de pilares y vigas, en donde se producen los momentos máximos. Debe mencionarse que en las mismas zonas se produce la redistribución de momentos como consecuencia de la plastificación de alguno de los miembros de los pórticos.

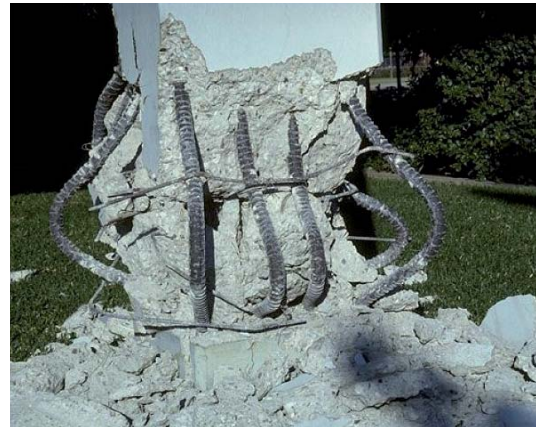


Figura 5.-Fallo de pilar (armaduras transversales lisas y en cuantía insuficiente).

Las normas privilegian el buen confinamiento. Esto puede observarse en la Figura 6, en la que se muestran los detalles de armado longitudinal y transversal correspondientes a pilares en las proximidades de la unión con la viga. En el detalle de la Figura 6a se observa un pilar proyectado de acuerdo con la norma NCSE-02. Es claro que la armadura transversal (los cercos) se densifica en la proximidad de las uniones viga-pilar o forjado-pilar, con la finalidad de evitar el fallo por la acción de las fuerzas sísmicas. En la Figura 6b se muestran los detalles recomendados en el Eurocódigo 8 que tienen esa misma finalidad.

También se puede observar en la Figura 6 que la armadura transversal aparece más espaciada hacia el tercio central del pilar, zona en la que es menor el valor del cortante inducido por fuerzas laterales. Las armaduras longitudinales también reciben una cuidadosa disposición; nótese que existe una limitación en la separación de dicha armadura, de forma que la proximidad de

“Aumentar el armado en zonas de momento máximo mejora la respuesta dúctil de la estructura”.

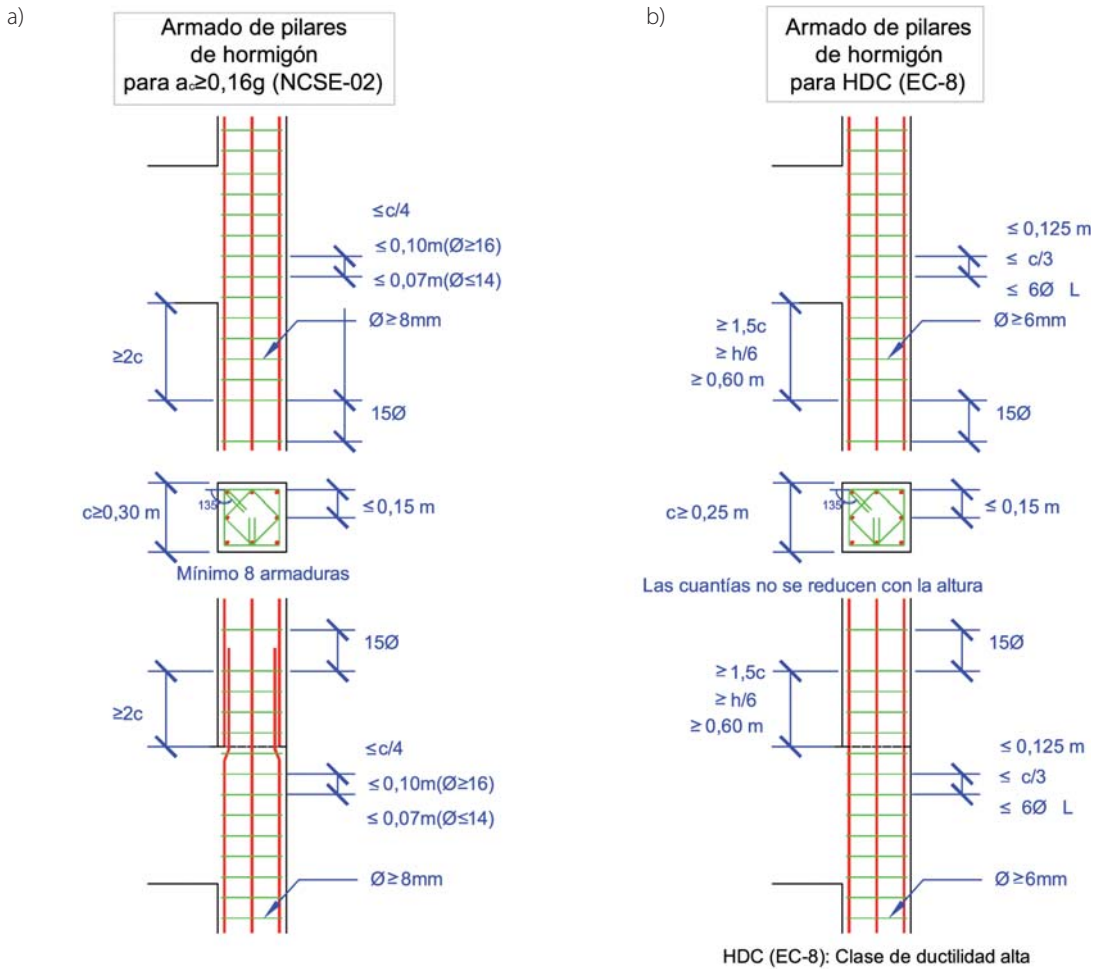


Figura 6.- Detalles de armado de pilares según las recomendaciones de: a) norma sismorresistente española NCSE-02 y b) el Eurocódigo 8.

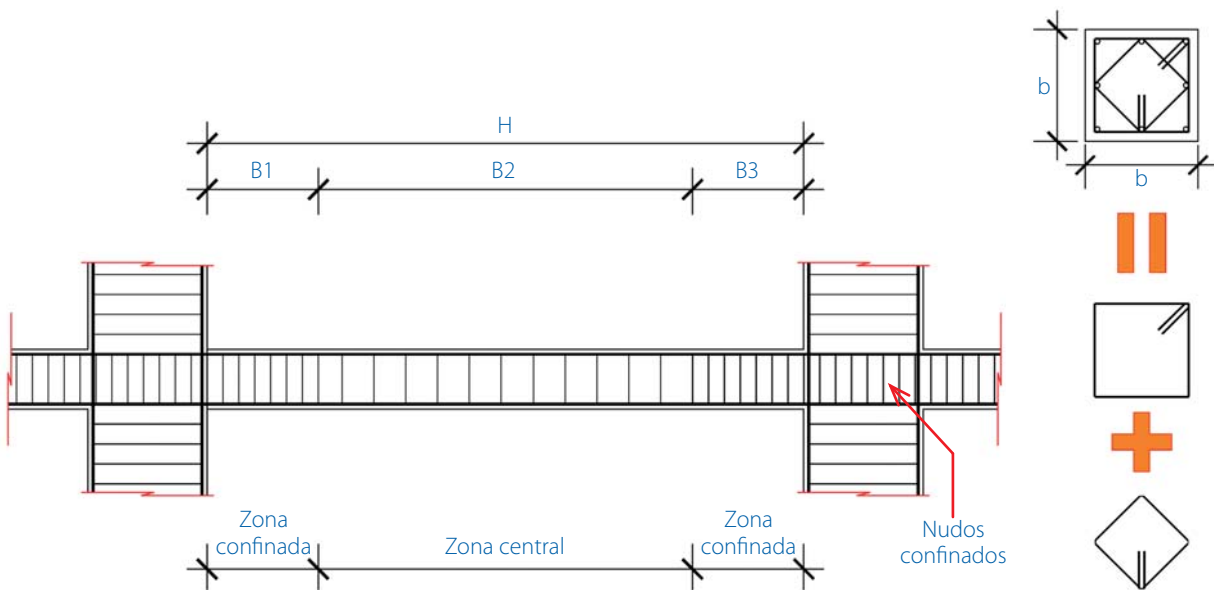


Figura 7.- Confinamiento típico de los pilares proyectados para asegurar un comportamiento dúctil del edificio.



REPORTAJES



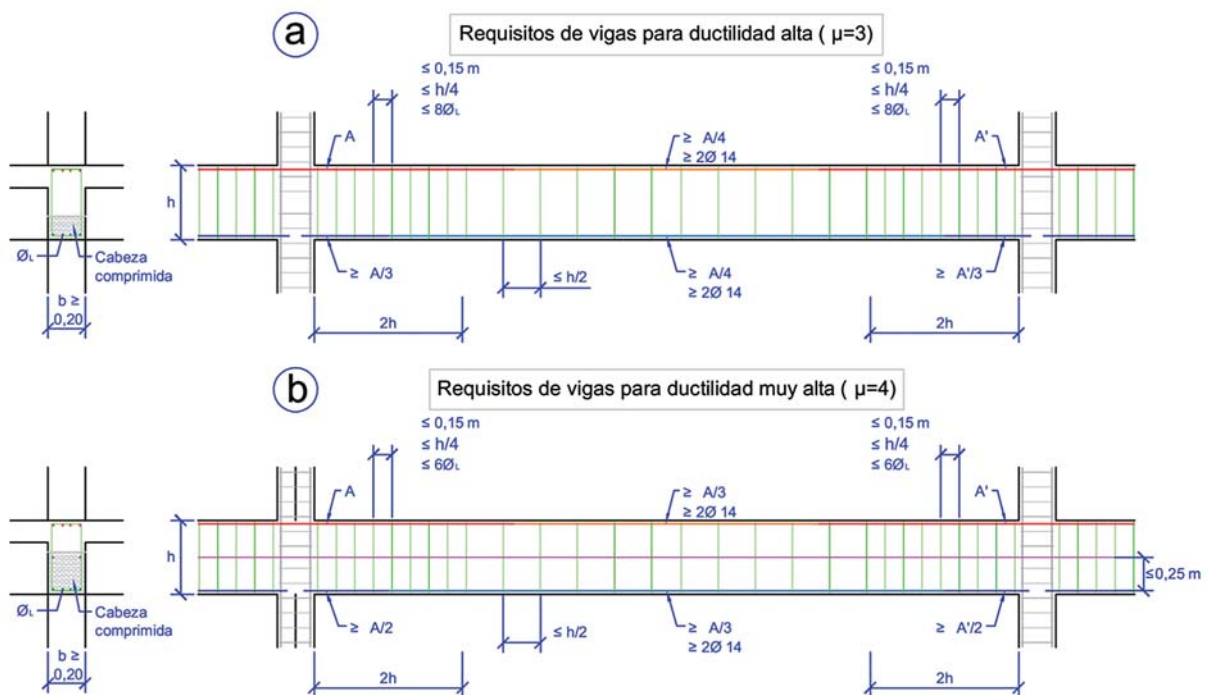
⇒ **Figura 8.-** Pandeo de las armaduras longitudinales por inadecuada cantidad de cercos en la proximidad de un nudo viga-pilar.

las barras garantiza el adecuado confinamiento. En la Figura 7 se muestra una vista en alzado del armado típico de un pilar proyectado para zonas sísmicas.

Debe notarse que en el caso de los pilares de edificios que se proyectan en zonas sísmicas, todas las armaduras longitudinales deben estar amarradas mediante cercos. Por esta razón

es preciso disponer armadura transversal adicional, que llega a superar la cuantía de armadura necesaria por resistencia. Obsérvese que en la Figura 7 aparecen cercos adicionales con forma de rombo que amarran las armaduras longitudinales situadas en el centro de cada cara del pilar. Esta disposición de armado transversal evita, sobre todo en el caso de los pilares que están sometidos a compresión, que las armaduras longitudinales fallen por pandeo local, al reducir la longitud libre de tales armaduras (véase la Figura 8).

En muchos casos se hace uso de una práctica inadecuada en el armado de secciones. Concretamente, se sustituye un número de redondos transversales por otro número inferior de barras, de igual cuantía, pero de diámetro superior. No debe confundirse la equivalencia entre ambas cuantías, pensando que ambas proporcionan igual confinamiento y que, por tanto, el elemento estructural alcanzará la misma ductilidad, la misma resistencia o dicho de otro modo, tenga la misma seguridad.



⇒ **Figura 9.-** Detalles de armado de vigas: a) Para ductilidad de 3 y b) Para ductilidad de 4.

“Mantener las cuantías de armadura transversal aumentando el diámetro de los cercos y su separación modifica las condiciones de seguridad de la estructura”.

En la Figura 9 se muestra el armado típico utilizado para las vigas de edificios emplazados en zonas sísmicas. En la Figura 9a, se muestra una viga proyectada para una ductilidad de 3. En esta viga se observa la separación del acero transversal; los cercos son más cercanos entre sí en las zonas próximas a la unión viga-pilar. Esta zona es especialmente sensible a la inversión de momentos y a la acción del cortante. Generalmente, durante los terremotos, es en estas zonas donde ocurren los fallos de las vigas y, para evitar que dichos fallos sean frágiles,

se requiere que la armadura longitudinal quede en su sitio, confinando el núcleo de hormigón, lo que se alcanza mediante una disposición adecuada de la armadura transversal.

El proyectista debe comprobar que la armadura longitudinal se solape en zonas que sólo estén trabajando a compresión. En este sentido, se recomienda ubicar los solapes de las armaduras superiores en el tercio central de las vigas y los solapes de las armaduras inferiores en las zonas confinadas próximas a las uniones con los pilares. De esta forma se logra evitar que las armaduras sean extraídas fuera de la matriz de hormigón en las zonas en las que se tienen esfuerzos de tracción.

Otro de los detalles a tener en cuenta se refiere a los anclajes de las barras longitudinales en las zonas sometidas a tracción, sobre todo en aquellas zonas en las que no continúan las vigas (uniones de la viga con un pilar exterior del pórtico). En la Figura 10 se muestra el fallo de un nudo viga pilar, en el que la armadura de las vigas ha sido extraída del núcleo de hormigón por inadecuados anclaje y recubrimiento.

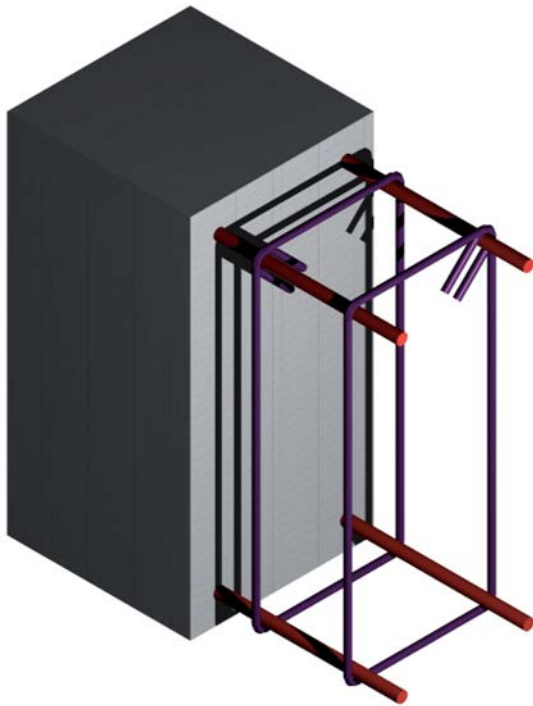


Figura 10.- Extracción de parte del armado de una viga por inadecuados anclaje y recubrimiento.

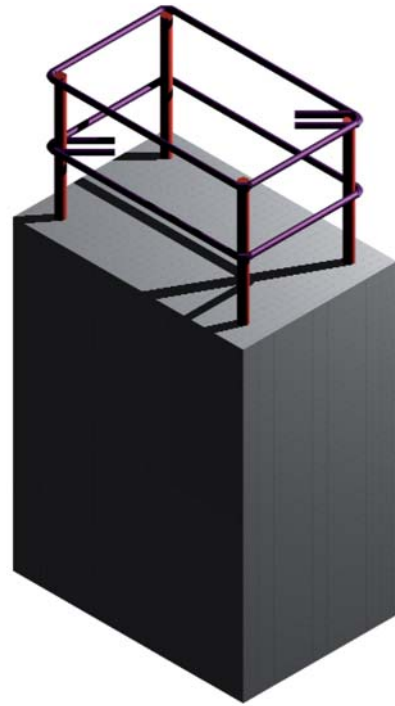


REPORTAJES

a)



b)



⇒ **Figura 11.-** Detalle del doblado de los ganchos de los cercos a 135°, a) en vigas y b) en pilares.

Los anclajes de las armaduras transversales se garantizan mediante la utilización de cercos con ganchos a 135°; con esta medida se logra que el gancho quede embebido dentro del núcleo confinado del hormigón, además de que realiza un aporte adicional de confinamiento. También es una práctica recomendable aplicar la colocación alternada de los cercos, de forma tal que los ganchos no coincidan siempre en la misma barra. Detalles de ganchos de este tipo pueden observarse en la Figura 11.

Nótese que en esta figura existe la alternancia entre el punto en el cual se ubican los ganchos de los cercos, tanto para vigas

“Un confinamiento eficaz y un atado correcto de la armadura longitudinal que evite su pandeo, sólo se consigue mediante un anclaje adecuado de los cercos mediante ganchos a 135°”.

como para pilares. Mediante esta recomendación se busca garantizar que la viga o el pilar no pierdan el confinamiento del núcleo y, por consiguiente, evitar un fallo por apertura de los ganchos.

En conclusión, el proyectista debe tener como objetivo evitar que los edificios de hormigón armado tengan, bajo la acción sísmica, un comportamiento frágil. Para lograr que los edificios alcancen una respuesta dúctil es necesario cumplir las recomendaciones de diseño conceptual incluidas en las normas. Se debe mencionar como muy importante el requisito de que las estructuras sean regulares tanto en planta como en elevación. Otra recomendación es proporcionar un buen confinamiento en aquellas zonas de vigas y pilares que vayan a estar sometidas a los momentos máximos durante la acción de los terremotos. En este sentido, las normas de proyecto sismorresistente contienen una serie de disposiciones mínimas que debe cumplir la armadura para garantizar un confinamiento adecuado. Éstas fijan: la separación máxima y el diámetro de las armaduras

“En zonas sísmicas las armaduras longitudinales deben solaparse en secciones comprimidas”.

longitudinales; la separación máxima y el diámetro mínimo de las armaduras transversales; la longitud de las zonas confinadas; las zonas en las que se recomienda realizar los solapes; el doblado de los ganchos de los cercos a 135°; y el correcto anclaje de las armaduras longitudinales. Finalmente, el proyectista debe usar materiales de calidad, cuyas características sean las recomendadas en las normas para edificios emplazados en zonas sísmicas.

REFERENCIAS

Barbat, A. H., Oller, S. y Vielma, J.C. (2007). *Confinamiento y ductilidad de los edificios de hormigón armado*. Monografías AR CER Nº 5, Madrid.

Barbat, A. H., Oller, S. y Vielma, J.C. (2005). *Cálculo y diseño sismorresistente de edificios. Aplicación de la norma NCSE-02*. Centro Internacional de Métodos numéricos

en ingeniería, Monografía IS-56, Monografías de ingeniería sísmica. Barcelona.

Comisión permanente del hormigón.(1998) *EHE instrucción de hormigón estructural*. Leynfor siglo XXI, Madrid. <http://www.proteccioncivil.org/centrodoc/legisla/NCSR-02.pdf>.

Comité Européen de Normalisation (CEN). (2001). *Eurocode 2: design of concrete structures*. Brussels.

Comité Européen de Normalisation (CEN). (2003). *Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance*. Brussels.

NCSE-2002 (2002). *Normativa de construcción sismorresistente*. BOE Nº 244. Madrid.

J. C. Vielma, A. H. Barbat y S Oller. *Curvas de fragilidad y matrices de probabilidad de daño de edificios de concreto armado con ductilidad limitada*. Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura. 7 (2-3). 2007, 273-286.

J. C. Vielma, A. H. Barbat y S Oller. *Evaluación de la respuesta no lineal de edificios de hormigón armado con ductilidad limitada*. Hormigón y Acero, 248, 2008. ■



zuncho Revista trimestral

Si todavía no recibe nuestra revista y quiere recibirla gratuitamente o que la reciba otra persona, por favor háganos llegar los datos adjuntos por fax (91 562 45 60) o por correo electrónico (buzon@calsider.com).

Nombre: _____

Empresa: _____

Cargo: _____

Dirección postal: _____

E-mail: _____ Tel.: _____ Fax: _____

De acuerdo con la Ley 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD), los datos personales suministrados por el Usuario serán incorporados a un Fichero automatizado. En cumplimiento de lo establecido en la LOPD, el Usuario podrá ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición. Para ello puede contactar con nosotros en el teléfono 91 561 87 21 o enviándonos un correo electrónico a buzon@calsider.com.

PUBLICACIONES

EL TRATAMIENTO DE LAS IMPERFECCIONES EN LOS PREFABRICADOS ESTRUCTURALES

El Boletín nº 41 de fib, recientemente publicado bajo el título *"Treatment of imperfections in precast structural elements"*, aborda la descripción de los defectos que pueden presentarse en los elementos prefabricados estructurales, indicando en cada uno de ellos las posibles causas que lo han producido, las medidas que deben adoptarse para prevenir que no se produzcan, el efecto e importancia que puede llegar a tener y la forma de reparación de los mismos.

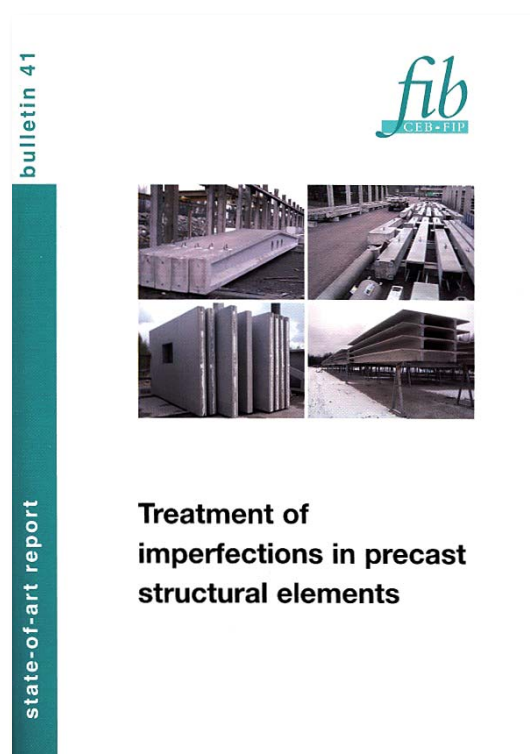
Se trata de un documento eminentemente práctico que da solución a los problemas que pueden presentarse en aquellos elementos prefabricados en los que no se hayan alcanzado los niveles de calidad inicialmente previstos. En esta situación no se trata tan sólo de aceptar o rechazar un elemento, para lo cual hay que tener una sólida base de conocimientos, sino de averiguar cuáles han sido las causas que lo han originado para tratar de resolverlas y evitar que puedan volver a repetirse.

Esta publicación contempla elementos tales como pilares, vigas, jácenas, viguetas, losas alveolares, prelosas, muros, etc. dejando fuera de su alcance los elementos prefabricados para depósitos y balsas.

Entre los defectos que se contemplan están los de tipo dimensional, los estéticos –como poros, defectos superficiales, variaciones de coloración, etc.– y las fisuras tanto de retracción, como plás-

ticas o las de tipo mecánico producidas bien durante la fabricación de las piezas, bien durante su almacenamiento o durante su colocación.

Los interesados en adquirir esta publicación pueden hacerlo a través de la página web de fib (<http://www.fib-international.org/publications/order/>). ■



NUEVO NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN PARA SIDERÚRGICA BALBOA

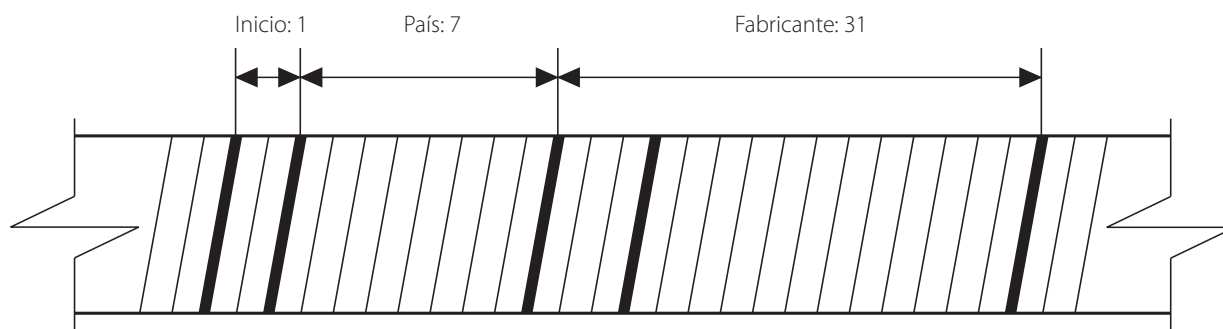
AENOR ha asignado un nuevo número de identificación para los productos fabricados por Siderúrgica Balboa, en concordancia con la nueva normativa europea en materia de aceros para hormigón.

La nueva normativa europea en materia de aceros para hormigón, la UNE-EN 10080, que será adoptada en su totalidad por el futuro texto reglamentario de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE, establece la obligación de identificar sobre los aceros para hormigón, de forma clara e indeleble, tanto al país de origen como al fabricante de los mismos. El sistema de identificación es un sistema numérico que comienza por un símbolo que indica el inicio del marcado (corrugas o grafilas regruesadas o ausencia de las mismas, marcas de laminación, etc.) seguido de dos cifras separadas entre sí. La primera identifica al país de origen, que en el caso de España y Portugal seguirá siendo como hasta ahora el número 7, y la segunda identifica al fabricante, pudiéndose utilizar uno o dos dígitos comprendidos entre 1 y 99, con excepción de los múltiplos de 10.



Esta última excepción invalidaba el número de identificación empleado hasta ahora por esta empresa del Grupo Alfonso Gallardo, que era el 20, razón por la que AENOR le ha asignado un nuevo código, el 31, que conforme a los criterios fijados en UNE 36811:1998 IN, se representa según se indica en la figura adjunta.

Durante un corto periodo de tiempo, correspondiente a los productos existentes en almacenes, ambos códigos coincidirán en el mercado y ambos estarán cumpliendo con la normativa vigente y, por supuesto, seguirán estando bajo la responsabilidad de este fabricante. ■



➔ Nuevo código asignado a Siderúrgica Balboa. Representación conforme a UNE 36811:1998 IN.



NOTICIAS

INNOVADORA GEOMETRÍA DE CORRUGADO

El Grupo CELSA ha desarrollado una nueva geometría de corrugado para sus productos suministrados en forma de rollo que mejora la calidad de la ferralla.

Bajo la denominación CELSAMAX el Grupo CELSA ha lanzado una nueva generación de rollos corrugados en los que aúna una novedosa geometría que permite obtener un comportamiento óptimo en los procesos industrializados de elaboración de ferralla y una forma de fabricación que elimina la presencia de torsión y permite suministrar un producto compacto y con mejores coeficientes de llenado.

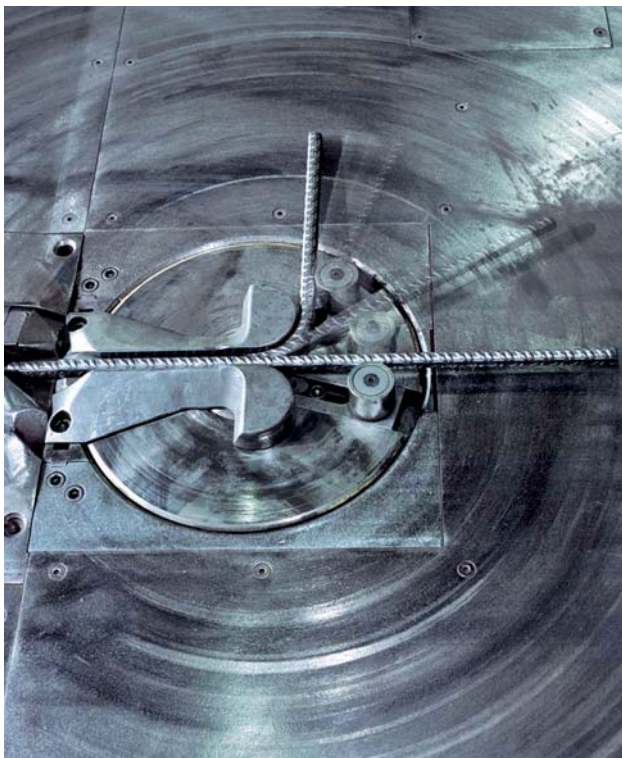
La nueva geometría se basa en la optimización del diseño de las corrugas para permitir el procesado del rollo sin que se altere la altura de corruga. La sección transversal corresponde a la de un

círculo perfecto con entalladuras de forma que se mantienen cuatro corrugas longitudinales. Al no sobresalir ninguna corruga transversal del círculo perimetral definido por estas cuatro corrugas longitudinales, y gracias al diseño plano de la coronación de las corrugas trasversales, se consigue minimizar la alteración de la altura de corruga.

CELSAMAX se ve también reforzado con los beneficios de la tecnología Spooler que CELSA dispone en sus plantas de Castellbisbal y Bilbao: rollos encarrutados en caliente, libres de torsión, más compactos y pesados, con mejores dimensiones y coeficiente de llenado, que satisfacen los máximos niveles de calidad.

Con todo ello, se consigue más facilidad de enderezado y ejecución de las formas, más productividad y una ferralla de mayor calidad.

Aquellos interesados en obtener una información más completa y detallada pueden consultar la página web www.celsamax.com. ■



B 400 SD



B 500 SD

ARCER

Armaduras para Hormigón

En ARCER la **Investigación** e **Innovación Tecnológica** son nuestra razón de ser. Por ello, hemos desarrollado una nueva generación de barras corrugadas para hormigón con unas mayores **Prestaciones**, asumiendo el **Compromiso** de mantener este elevado nivel de **Calidad** y de seguir aportando al usuario final el mejor de los aceros.

La tranquilidad que aporta el líder



Orense 58, 10º D; 28020 MADRID
Tel.: 91 556 76 98; Fax: 91 556 75 89
www.arcer.es
E-mail: buzon@arcer.es

AENOR



Producto
Certificado

FERRA PLUS

... mucho más que ferralla certificada



Empresas en posesión de la marca

Armacentro, S.A.

Armalla, S.L.

Cesáreo Munera, S.L.

Elaboración y Montajes de Armaduras, S.A.

Elaborados Férricos, S.A. – Bonavista

Elaborados Férricos, S.A. – L' Arboc

Ferralla Gastón, S.A.

Ferrallados Core S.A.

Ferrallas Albacete, S.A.

Ferrallas Haro, S.L.

Ferrallas JJP Maestrat, S.L.

Ferrallats Armangué, S.A.

Ferrallats Can Prunera, S.L.

Ferrobérica, S.L.

Ferrofet Catalana, S.L.

Ferros La Pobla, S.A.

FORMAC, S.A.

Hierros Ayora, S.L.

Hierros del Noroeste, S.L.

Hierros del Pirineo, S.A.

Hierros Godoy, S.A.

Hierros Huesca, S.A.

Hierros Lubesa, S.L.

Hierros Santa Cruz Santiago, S.L.

Hierros Turia, S.A.

Hierros Uriarte, S.L.

Hierros y Aceros de Mallorca, S.A.

Hierros y Montajes, S.A.

Hijos de Lorenzo Sancho, S.A.

Jesús Alonso Rodríguez, S.L.

Manufacturados Férricos, S.A.

Pentacero Hierros, S.L.

Preformados Ferrogrup, S.A.

S. Zaldúa y Cía, S.L.

Sinase Ferralla y Transformados, S.L.

Teinco, S.L.

Transformados y Ferralla Moral, S. L.

Xavier Bisbal, S.L.