

# zuncho

Nº 18 • DICIEMBRE 2008



**ESPECIAL**  
**INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN  
ESTRUCTURAL EHE-08 (Parte I)**

# AENOR

NUEVA NORMA

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

La Norma UNE-EN ISO 9001:2008 le permite implantar un sistema de gestión de la calidad orientado a mejorar continuamente la eficacia de su empresa y a satisfacer las expectativas de sus clientes.

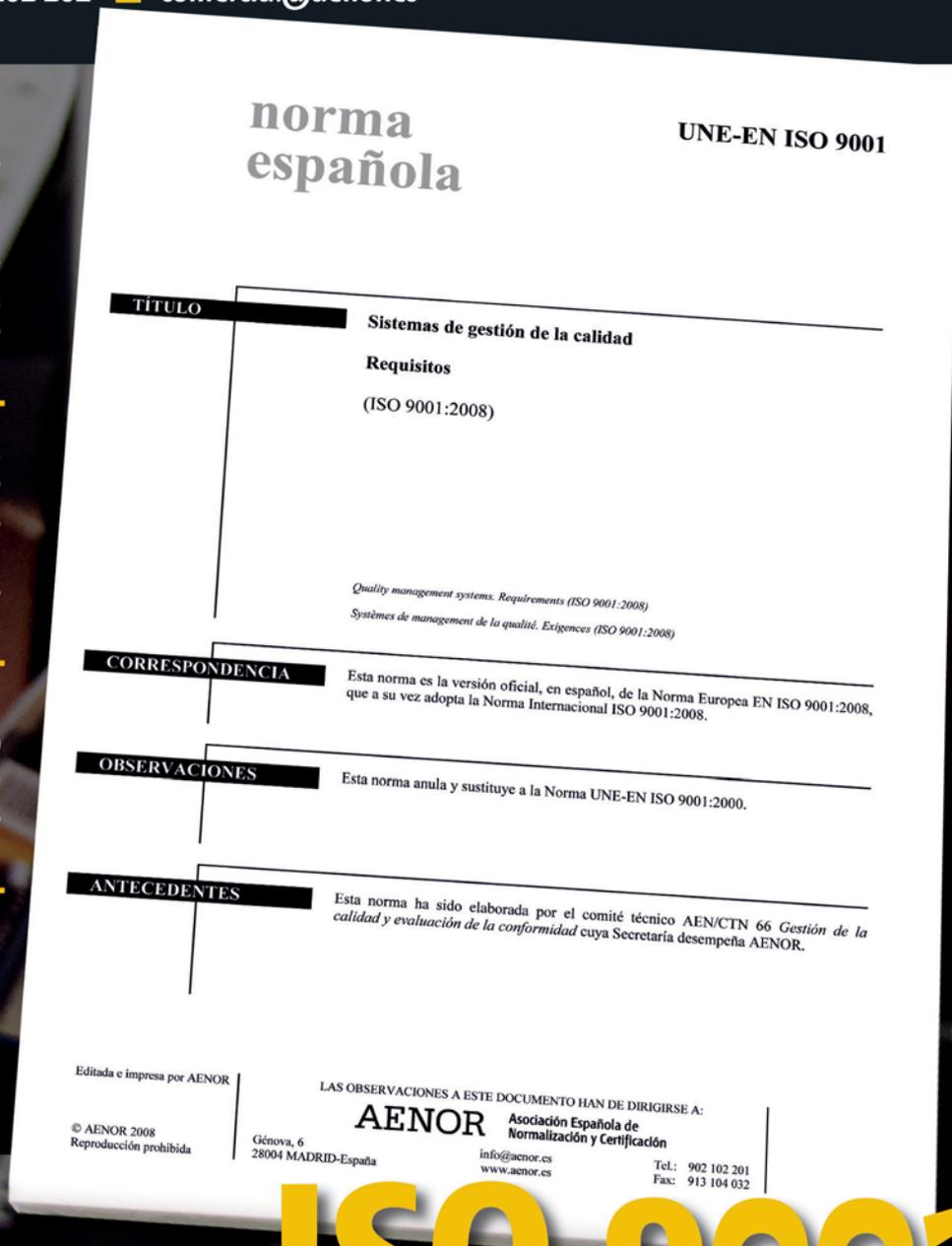
La nueva edición de la norma es el fruto de la experiencia de su aplicación y de los cambios producidos en la sociedad, en el entorno empresarial y en las herramientas de gestión.

Mantiene los requisitos desarrollados en la versión del año 2000 pero introduce una serie de modificaciones que la hacen más clara y comprensible.

Contenido:

- Sistemas de gestión de la calidad
- Responsabilidad de la dirección
- Gestión de los recursos
- Realización del producto
- Medición, análisis y mejora
- Cambios entre ISO 9001:2000 e ISO 9001:2008

2008 • 31,93 €



# ISO 9001

La herramienta internacional para la mejora continua

¡NUEVA VERSIÓN YA DISPONIBLE!



AENOR  
certifica  
sistemas de  
gestión de  
la calidad

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

# 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

#### COORDINADORA EDITORIAL

Raquel Martín-Maestro Arranz

#### 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 EDITORIAL

- Por José Manuel Gállego Estévez.

## 4 REPORTAJES

### La Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08

- Planteamiento General.
- Bases de Proyecto.
- Materiales.
- Verificación del requisito de seguridad estructural.  
El método de los Estados Límite.
- Elementos estructurales.

## 52 NOTICIAS

- Cinco ferrallas obtienen el certificado de AENOR N
- La IISI cambia su nombre por World Steel Association.
- Las asociaciones de la construcción abogan por la paridad en el reparto de ayudas para salir de la crisis.
- La licitación pública cae un 17,8% hasta octubre.
- ISO publica la nueva versión de la norma de gestión de la calidad 9001.
- UNESID celebra su 40º aniversario con una Jornada sobre el Acero.





## EDITORIAL

# Editorial



**JOSÉ MANUEL GÁLLIGO ESTÉVEZ**  
Subdirector General Adjunto de I+D+i  
Subsecretaría, Ministerio de Fomento

un auténtico hito, tanto por fundir en un solo documento la normativa de hormigón en masa, armado y pretensado, como por haber situado la calidad y la durabilidad del hormigón en el nivel central que la sociedad española demandaba.

Por su parte, la nueva EHE-08, dada la relevancia de las modificaciones y de los nuevos contenidos que aporta, está llamada a constituir un nuevo hito en la técnica española del hormigón. Por ello, la revista ZUNCHO ha considerado necesario dedicar dos números completos y consecutivos (éste, y el primer número de 2009) para publicar un amplio conjunto de artículos que presenten, comenten y detallen los diferentes contenidos de la Instrucción.

La nueva Instrucción EHE-08, fruto del esfuerzo y la colaboración de numerosos técnicos e instituciones, tanto del ámbito público como del privado, tiene como principales logros la adopción aún más explícita de un enfoque prestacional; la incorporación de todo un abanico de nuevos hormigones (hormigones ligeros, de fibras, autocompactantes, de áridos reciclados, no estructurales) así como la revisión general del articulado para extender sus prescripciones a los hormigones de alta resistencia, hasta 100 N/mm<sup>2</sup>; la ampliación de los contenidos relativos a la prefabricación (habiendo incluido en el texto el de la anteriormente separada Instrucción de forjados EFHE); la profundización en el

**E**l 1 de diciembre de 2008 entró en vigor la **Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08**, que constituirá la referencia doctrinal y normativa de la técnica española del hormigón en los próximos años. Sustituye, tras una dilatada revisión y actualización, a la anterior Instrucción EHE, que ha estado vigente durante 10 años y cuya aparición supuso

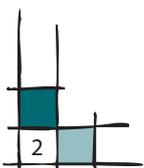
tratamiento de la durabilidad, definiendo objetivos de vida útil y procedimientos para su estimación; la introducción de prescripciones para el mantenimiento de estructuras y el establecimiento de criterios de contribución a la sostenibilidad, lo que constituye un paso más en la consecución de una madurez progresiva de la técnica española del hormigón.

Pero, con ser muy significativos todos estos cambios, tal vez el vector principal de la revisión de la EHE no ha sido tanto lo anterior, como la necesidad y la voluntad de adaptación al nuevo marco normativo, de dimensión europea, constituido por la implantación sistemática del mercado CE de los productos de construcción, como consecuencia de la aplicación de la Directiva 89/106/CE, para la libre circulación de dichos productos en el ámbito comunitario.

Esto ha conducido a una modificación muy amplia del Título dedicado a Control en la Instrucción, aumentando los contenidos del control de proyecto y control de ejecución y circunscribiendo el de materiales al hormigón, las armaduras pasivas y los prefabricados, dado que estos son los productos que normalmente llegan a las obras.

La redistribución del esfuerzo conjunto de control que esto supone, requiere el concurso de todos los actores presentes en la escena del hormigón, entre ellos los fabricantes y suministradores de los distintos productos, cuyos niveles de calidad, prestaciones y garantía para los usuarios son fundamentales para el éxito de las nuevas prescripciones.

Es de esperar y desear, por tanto, que los sectores más activos en la senda de la garantía de calidad y la certificación, como son por ejemplo los de la fabricación



**Instrucción de Hormigón Estructural**

del cemento y del acero, persistan en sus esfuerzos en esta materia, y que aquellos otros sectores, como el de fabricación de áridos o el de las empresas de ferralla, al que se dirige específicamente ZUNCHO, cuya especial estructura, tradición o nivel de tecnificación los ha mantenido más atrás en este camino, prosigan con decisión en la vía de la certificación en un primer estadio y, más allá de ese primer objetivo, aborden con entusiasmo la consecución de niveles diferenciados de mayor calidad, prestaciones y fiabilidad, que hagan, en el caso de la ferralla, que la iniciativa FerraPlus llegue a ser una auténtica referencia de prestigio en el ámbito nacional y europeo.

En el campo específico del acero para armaduras pasivas, la nueva Instrucción incluye algunas novedades importantes. Por un lado, se incorporan plenamente en el articulado los aceros soldables con condiciones especiales de ductilidad, materiales que constituyen

un buen ejemplo de convergencia de las necesidades técnicas de la reglamentación y del desarrollo tecnológico de los fabricantes de productos. Por otro lado, se reconoce la creciente fabricación de armaduras, con diámetro cada vez mayor, en forma de rollo, producto al que se exigen mayores niveles de ductilidad que a las barras rectas, al objeto de tener en cuenta posibles pérdidas producidas por el enderezado.

Finalmente, se da carta de naturaleza a la ferralla, al contemplar, junto a las tradicionales mallas y armaduras básicas electrosoldadas en celosía, denominadas armaduras normalizadas, la ferralla armada, resultado de los procesos de enderezado, corte, doblado, soldadura y armado, según los casos. Como consecuencia, se definen con detalle los requisitos a cumplir por las instalaciones de ferralla y las comprobaciones de idoneidad de las mismas, los controles de producción y los criterios de trazabilidad, tanto de los productos de acero como de los procesos de ferralla, todo lo cual es fundamental en orden a garantizar la calidad exigida a la ferralla, pero supone un reto importante para este sector. ■



### LA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08

# PLANTEAMIENTO GENERAL

**Antonio R. Marí Bernat** - Catedrático de la Universitat Politècnica de Catalunya. Ponente general de la nueva Instrucción EHE.  
**Fernando Rodríguez García** - Secretario de la Comisión Permanente del Hormigón. Ministerio de Fomento.

La Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, aprobada por el Consejo de Ministros en julio de 2008, que entrará en vigor el 1 de diciembre de este mismo año, constituye una revisión de la vigente Instrucción EHE, con el objetivo de actualizar el contenido en aspectos científico técnicos, adaptarse a la legislación vigente en España (LOE, Código Técnico de la Edificación) y a la Europea (Eurocódigo de Estructuras de Hormigón, EC2) y responder a las demandas sociales en aspectos relacionados con la seguridad, la calidad y la sostenibilidad, entre otros.

Las líneas básicas que han inspirado el proceso de actualización reglamentaria han sido las siguientes:

- Enfoque prestacional, alineándose con la tendencia establecida por el Código Técnico de la Edificación.
- Incorporación del marcado CE para productos de construcción, como consecuencia de la aplicación de la Directiva 89/106/CEE, para la libre circulación de productos en el ámbito comunitario.
- Adopción del formato de seguridad del Eurocódigo EN 1992-1-1 "Estructuras de hormigón".
- Ampliación del ámbito de aplicación de la Instrucción a los hormigones de alta resistencia, hasta 100 N/mm<sup>2</sup>.
- Incorporación a la Instrucción de nuevos hormigones: hormigones con áridos reciclados, hormigones ligeros, hormigones de fibras, hormigones autocompactantes y hormigones no estructurales.
- Optimización del esfuerzo de control, incidiendo en las comprobaciones del proyecto y de la ejecución.
- Adopción de criterios de contribución a la sostenibilidad.

- Introducción de criterios para la estimación de la vida útil de las estructuras.
- Incorporación de los forjados contemplados hasta ahora en el Instrucción EFHE-02.
- Incorporación de artículos dedicados expresamente a tratar los aspectos específicos fundamentales de elementos prefabricados y de puentes.
- Adaptación general al estado actual del conocimiento sobre estructuras de hormigón.
- Redacción clara y concisa, limitando el articulado a textos normativos, principios generales y a la particularización a los casos más frecuentes e importantes.

#### LA INNOVACIÓN EN LA TÉCNICA REGLEMENTARIA

Frente a la crítica tradicional del efecto limitador que puede suponer la reglamentación a la hora de abordar soluciones innovadoras desde el punto de vista técnico, el proyecto de la nueva Instrucción establece, desde su primer capítulo, su vocación prestacional, estableciendo qué requisitos básicos deben cumplir las estructuras y cuantificando sus exigencias, de manera que sea posible cualquier solución o procedimiento siempre que garantice el nivel de prestaciones requerido.

En dicho sentido, la mayor parte del articulado de la nueva Instrucción EHE-08 no es sino un procedimiento que la Comisión Permanente del Hormigón considera como el más conveniente o adecuado, para conseguir

# Especial EHE-08

## Instrucción de Hormigón Estructural

### ANTONIO MARÍ BERNAT

Catedrático del Departamento de Ingeniería de la Construcción de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (UPC) ha sido el Coordinador General de los Grupos de Trabajo de la Comisión Permanente del Hormigón responsables de la redacción de la nueva Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.



Marí tiene una amplia experiencia investigadora en temas relacionados con estructuras de hormigón, especialmente en el desarrollo de modelos de análisis para la simulación de su comportamiento y la evaluación de su seguridad y funcionalidad. Autor de dos libros sobre hormigón estructural y numerosos artículos científicos y técnicos en revistas internacionales, es miembro de la Comisión Permanente del Hormigón del Ministerio de Fomento en la que ha participado activamente desde el año 1994 en la elaboración de diversas instrucciones.

En el ámbito profesional ha colaborado asesorando a las administraciones y a las empresas privadas del sector de la construcción en el diseño y construcción de estructuras singulares, así como en estudios de las causas de problemas patológicos de las estructuras.

### FERNANDO RODRÍGUEZ GARCÍA

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, es coordinador del Área General de Normativa y Reglamentación Técnica de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento y Secretario de la Comisión Permanente del Hormigón. Compagina esta actividad profesional con la de profesor asociado en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de Madrid.



Rodríguez cuenta con una amplia experiencia como investigador en el ámbito del hormigón, desarrollando numerosos proyectos tanto en el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), como en la Universidad Politécnica de Madrid, entre los que destacan los relativos a la vida útil de las estructuras.

El autor ha participado en la elaboración de gran parte de la normativa sobre materiales de construcción desde sus cargos de Secretario de la Comisión Permanente del Hormigón (EHE-08 y EFHE-02), Secretario de la Comisión Interministerial Permanente de Estructuras de Acero (Instrucción EAE), y Secretario de la Comisión Permanente del Cemento, puesto que ocupó hasta 2004 (Instrucción RC-03). Actualmente es miembro del Comité de Coordinación del Código Técnico de la Edificación y de numerosos comités de normalización y certificación relacionados con el hormigón estructural.

También ha escrito un buen número de libros, artículos y publicaciones técnicas, tanto nacionales como internacionales, sobre el hormigón estructural.



## REPORTAJES

el mencionado nivel, lo que no implica que no puedan emplearse otros métodos alternativos.

De esta manera, se procura la necesaria coherencia reglamentaria con otras reglamentaciones vigentes, entre las que cabe destacar el Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, con el que, además, se ha pretendido mantener un paralelismo en su redacción, que facilite la comprensión de los requisitos y sus exigencias básicas.

Se perfecciona también así el planteamiento que venía siendo ya tradicional en el texto del artículo 1º de las últimas Instrucciones de hormigón, en el que se establecía que el Autor del Proyecto y la Dirección de Obra *"pueden, bajo su personal responsabilidad y previa justificación de que no se reducen los niveles de prestaciones, emplear sistemas de cálculo, disposiciones constructivas, etc., diferentes"*.

Por otra parte, se ha considerado la figura de los nuevos agentes creados por la Ley de Ordenación de la Edificación, entre los que cabe destacar la nueva figura de las Entidades de Control de Calidad.

Los requisitos que deben satisfacer las estructuras de hormigón son:

- **Seguridad y funcionalidad estructural:** Reducir a límites aceptables el riesgo de que la estructura tenga un comportamiento mecánico inadecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto, considerando la totalidad de su vida útil.

- **Seguridad en caso de incendio:** Reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de la estructura sufran daños derivados de un incendio de origen accidental.

- **Higiene, salud y protección del medio ambiente:** Reducir a límites aceptables el riesgo de que se provoquen impactos inadecuados sobre el medio ambiente como consecuencia de la ejecución de las obras.

Para la consecución de los anteriores requisitos, deberán cumplirse una serie de exigencias, cuantificadas en parámetros determinados. Así, para satisfacer el requisito de seguridad se exige un nivel mínimo de fiabilidad en resistencia y estabilidad, a través del índice de fiabilidad, que debe ser igual o superior a 3,8. La Instrucción hace constar no obstante que cumpliendo los Estados Límite Últimos y los criterios de ejecución y control establecidos en la propia EHE se satisface este requisito.

Un aspecto importante introducido por la Instrucción es la vida útil nominal y su relación directa con la estrategia de durabilidad. La vida útil, que deberá ser fijada por la Propiedad previamente al inicio de proyecto, no podrá ser inferior a lo indicado en las correspondientes reglamentaciones específicas o, en su defecto, a los valores recogidos en la Tabla 1.

📄 **Tabla 1.- Vida útil nominal para distintos tipos de estructura.**

Tipos de estructura	Vida útil nominal
Estructuras de carácter temporal	Entre 3 y 10 años
Elementos reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías)	Entre 10 y 25 años
Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas	Entre 15 y 50 años
Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media	50 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial	100 años
Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta	100 años

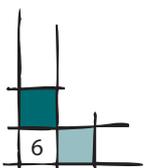




Figura 1.- Ejecución de una losa con hormigón autocompactante.

## LA RESPUESTA A NUEVAS DEMANDAS SOCIALES

Desde su primera versión, aparecida en 1968, la Instrucción de hormigón ha venido constituyendo una referencia técnica indiscutible, incluso en el contexto internacional.

El método del momento tope (1968), el planteamiento estadístico de un control de calidad para el hormigón (1973), la aplicación del método de bielas y tirantes para regiones con discontinuidad o la introducción de criterios de durabilidad (1998) pueden ser buenos ejemplos de cómo las diferentes Instrucciones han ido incorporando los conocimientos técnicos consolidados en cada momento.

Actualmente, y siguiendo con la vocación histórica de situarse en la punta tecnológica, la Comisión Permanente del Hormigón ha estimado necesario incorporar

otros enfoques, probablemente novedosos para el planteamiento tradicional del proyecto y la ejecución de las estructuras de hormigón, pero que atienden nuevas demandas de la Sociedad: las que requieren de nuestras obras un planteamiento sostenible capaz de compatibilizar el desarrollo económico consustancial con la actividad constructora, con otros aspectos, como la consideración de factores sociales y la minimización de los impactos medioambientales.

## LA CONVERGENCIA CON EL MARCO EUROPEO

La EHE-08 es la primera Instrucción de hormigón que se aprueba con la Directiva 89/106/CEE de productos de construcción en fase de aplicación plena, con una gran cantidad de productos que ya disponen del marcado CE o, en su caso, están en vías de tenerlo. Esta circunstancia tiene una importante influencia también en el texto de la nueva Instrucción, en donde, de acuerdo con los compromisos de España como estado miembro de la Unión Europea y conforme con los planteamientos de la propia Comisión Europea, se considera que la posesión del citado



## REPORTAJES



⇒ **Figura 2.-** Acero para armaduras pasivas suministrado en rollo.

marcado CE es suficiente para comprobar la conformidad del producto que lo posea, siempre que su documentación permita verificar que las categorías o valores garantizados por el marcado CE son conformes, según cada caso, con las especificaciones establecidas en la propia Instrucción.

Por otra parte, el programa de Eurocódigos ha venido experimentando un sustancial avance durante los últimos años. En particular, desde diciembre de 2004 se dispone de la norma EN 1992-1-1 "Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings", constituyendo una referencia básica para los trabajos de revisión que se han abordado y que han estado enfocados en todo momento hacia la convergencia técnica con el programa de Eurocódigos.

Entre los aspectos más significativos relacionados con dicha convergencia, cabe destacar la modificación del formato de seguridad de la Instrucción EHE. Así, se adoptan coeficientes de ponderación de acciones con valores únicos, a semejanza del planteamiento efectuado por los Eurocódigos, y se permite, sin embargo, la reducción en algunos casos de los coeficientes parciales de ponderación de los materiales siempre que se presenten una serie de condiciones de garantía de calidad que admita emplearlos sin merma de los niveles de seguridad establecidos. En este sentido, cabe destacar la posibilidad de optimizar el empleo de recursos en estos casos, con la consiguiente ventaja desde el punto de vista económico y medioambiental, de manera que la calidad se constituye por derecho propio como herramienta básica para la contribución a la sostenibilidad.

**NUEVOS PRODUCTOS Y NUEVOS PROCESOS**

La Instrucción EHE planteó en 1998 la incorporación de los hormigones de alta resistencia (HAR) al ámbito reglamentario, si bien se formuló con carácter de reco-



Figura 3.- Forjado unidireccional con armadura básica electrosoldada en celosía, construido in situ.

mendaciones, al objeto de fomentar el avance tecnológico y animar a su empleo por parte de los técnicos.

Transcurrida prácticamente una década desde entonces, los HAR se han incorporado con normalidad a muchas de las obras que se construyen en España, habiéndose avanzado en el conocimiento de sus propiedades mecánicas, especialmente en aquellos aspectos que condicionan su comportamiento diferido en el tiempo. Se ha considerado conveniente, por lo tanto, incorporar dichos hormigones al articulado de la Instrucción EHE-08. Por ello, se ha ampliado su ámbito de aplicación para los hormigones con resistencias características especificadas de hasta  $100 \text{ N/mm}^2$ .

Por otra parte, la experiencia positiva que se ha tenido con los HAR aconseja seguir el mismo procedimiento en la nueva Instrucción con otros tipos de hormigón que podrían considerarse innovadores; bien porque son resultado de los avances tecnológicos de los últimos años, como puede ser el caso de los hormigones autocompactantes, o porque siendo técnicas conocidas con anterioridad no se habían integrado hasta

el momento en el ámbito de la Instrucción, como puede ser el caso de los hormigones con áridos ligeros o los hormigones con fibras.

Mención especial merecen los hormigones reciclados, para los que la nueva Instrucción establece los criterios para su empleo, mediante la incorporación de árido grueso procedente de demoliciones de hormigón en proporciones que pueden ser de hasta un 20% en el caso de hormigones estructurales, pero que pueden incrementarse hasta un 100% en el caso de hormigones no estructurales (hormigones de limpieza, relleno de zanjas, etc.).

Pero las novedades de la Instrucción EHE-08 no se refieren sólo a los hormigones, sino que también se ha considerado por primera vez la casuística derivada de la aparición en el mercado de nuevos sistemas de suministro del acero corrugado en forma de rollo que, por sus ventajas logísticas y de optimización de despuntes, están llamados a jugar un papel fundamental en el futuro para la elaboración de las armaduras para hormigón armado.

Por otra parte, tras la inclusión de los aceros corrugados con características especiales de ductilidad SD en uno de los anejos de la Instrucción EHE, se contempla este tipo de aceros con



## REPORTAJES

total carta de naturaleza en el articulado correspondiente a materiales, planteando la exigencia de su empleo en el caso de estructuras sometidas al sismo o cuando el autor del proyecto requiera para sus cálculos de unas deformaciones superiores a las convencionales.

Por otro lado, la aplicación de la Instrucción EHE no permitía el empleo de determinados tipos de árido que siendo frecuentes en algunas zonas de España, como es el caso de las ubicadas en el "arco mediterráneo", podrían ser utilizados en determinadas circunstancias para hormigones convencionales, de acuerdo con algunos estudios llevados recientemente a cabo en algunas Comunidades Autónomas. Por ello, la Instrucción EHE-08 contempla la posibilidad de empleo de áridos con contenidos de finos superiores a los actualmente admitidos, siempre que se cumpla una limitación global para la totalidad de los finos aportados por los diversos componentes del hormigón (áridos, cemento o agua reciclada en las centrales). En la misma línea,

se permite el empleo de áridos con coeficientes de Los Ángeles superiores a 40, siempre que se cumplan determinadas condiciones prestacionales del hormigón con él fabricados, lo que pretende dar respuesta asimismo a la problemática planteada en otras zonas como son, en este caso, Galicia y Canarias.

Pero no sólo los productos innovadores son objeto preferente de esta revisión. La nueva Instrucción EHE-08 está orientada de forma concluyente hacia aquellos productos que llegan realmente a la obra, estableciendo también mecanismos para que, en el resto de los casos, se traslade a la Dirección Facultativa la trazabilidad de los productos empleados. En este sentido, los procesos como la prefabricación y la ferralla cobran una especial atención por parte de la Instrucción que, de forma paralela al tratamiento que ha venido siendo tradicional para la fabricación



⇒ **Figura 4.-** Dovelas de hormigón de alta resistencia con fibras para revestimiento de túneles.

del hormigón, incorpora especificaciones que deben cumplir los referidos procesos. Así, se establecen los criterios a seguir, por ejemplo, en cada uno de los posibles procesos desarrollados en las instalaciones de ferralla para la elaboración de las armaduras pasivas, como son el enderezado, el corte, el doblado o la soldadura.

Una tipología estructural que queda incorporada explícitamente es la consistente en forjados unidireccionales construidos *in situ* con armaduras básicas electrosoldadas en celosía. Este tipo estructural estaba contemplado en la Instrucción EFHE, pero constituido por un elemento prefabricado (la armadura básica en celosía más una zapatilla inferior de hormigón), sobre el que se disponía un mallazo superior y se vertía el hormigón *in situ*. La obligatoriedad de colocar un encofrado de fondo, por razones de seguridad laboral, hace prácticamente innecesaria la existencia de la zapatilla de hormigón, ejecutándose en la actualidad este forjado totalmente *in situ*, a pesar de no satisfacer algunos de los requisitos que exigía la anterior Instrucción EHE, porque no fue redactada pensando en contemplar este tipo estructural.

Cabe destacar también la especial atención para la incorporación del proceso de prefabricación al texto de la nueva EHE-08. En dicho sentido, se incorpora el contenido de la Instrucción de forjados de manera que las especificaciones de la EHE-08 permitan su aplicación a las tipologías de forjados anteriormente incluidas en el ámbito de la EFHE-02. Por otra parte, se han tenido en cuenta las peculiaridades específicas del propio proceso de prefabricación, incluyéndose disposiciones específicas para el caso de uniones o disposiciones constructivas particulares de prefabricación.

Por fin, se incorpora un artículo dedicado a tableros de puentes de hormigón, con el objetivo de incidir en los aspectos más importantes de su proyecto, como pueden ser las zonas de discontinuidad (apoyos a media madera, zonas de anclajes, juntas, etc).

## UNA APROXIMACIÓN AL ESTADO DEL CONOCIMIENTO EN CÁLCULO Y PROYECTO

Una de las razones fundamentales para la revisión de una normativa, y especialmente cuando se trata de una Instrucción que va más allá de unas recomendaciones, es la actualización de formulaciones y métodos de cálculo, proyecto, ejecución, control, evaluación o mantenimiento, de acuerdo con el estado actual del conocimiento. No se trata de introducir los últimos avances recientemente desarrollados o publicados, sino de recoger aquéllos que, además, vienen avalados por un sólido bagaje teórico, por un contraste experimental, o sancionados por la práctica.

En este sentido, la nueva Instrucción EHE-08 puede no parecer tan “rompedora” como lo fue su antecesora, sin embargo son muchos los aspectos de carácter técnico que han sido mejorados, bien conceptualmente, bien en sus aspectos de aplicación práctica. En esta revisión se han cubierto numerosas lagunas o aspectos no suficientemente bien resueltos que, inevitablemente, siempre existen en un texto tan amplio y complejo, respondiendo así a las reivindicaciones de los técnicos que deben aplicarlo día a día.

Sería imposible explicitar en este artículo todos los cambios, mejoras e innovaciones que han sido introducidos. Nos limitaremos por ello a citar unos cuantos, por su importancia, aparte de los que ya se mencionan en otros apartados de este texto. Estos son:

- **La extensión del campo de aplicación a los hormigones de alta resistencia** ha obligado a contemplar los efectos estructurales a que pueden dar lugar las diferencias de comportamiento entre estos hormigones y los hormigones convencionales. Así, se han reformulado las expresiones que relacionan las diversas características del hormigón ( $f_c$ ,  $E_c$ ,  $f_{ct}$ , fluencia, retracción, etc.), se han adaptado expresiones para la resistencia a cortante, habida cuenta de que la fractura del HAR es más limpia y moviliza menos fricción entre caras de fisuras, se han desarrollado nuevos métodos de cálculo de flechas diferidas, se han adaptado los diagramas de cálculo en rotura y los dominios de deformación, se ha modificado el diagrama tensión-deformación a utilizar para el cálculo no lineal y se han reformulado las expresiones de las cuantías



## REPORTAJES

mecánicas mínimas en función de la resistencia a tracción, de quien en realidad dependen, que evoluciona menos que proporcionalmente con la resistencia a compresión.

- **La inclusión de los forjados unidireccionales** ha obligado a revisar a fondo el cálculo a cortante y a estructurarlo de forma que sea válido para forjados y otros elementos (eliminando así la incoherencia existente entre la EFHE y la EHE). El tratamiento planteado es, pues, general para piezas simples y compuestas, prefabricadas o construidas *in situ*, armadas y/o pretensadas, con zonas fisuradas o no por flexión, de hormigones convencionales o de alta resistencia. Se ha tratado de resolver el problema del cortante en piezas sin armadura transversal, con bajas cuantías de armadura longitudinal, proporcionando un valor de  $V_{u2}$  mínimo. Se han mejorado algunos aspectos, tales como la influencia del axil en la resistencia a cortante  $V_{u1}$ , la influencia de la cuantía longitudinal cuando hay pretensado  $\rho=(A_s+A_p)/b \cdot d$ , el valor a adoptar del brazo mecánico cuando hay axil o en secciones circulares, la separación de armaduras en sentido longitudinal o transversal, y se ha abierto un camino de gran interés para la consideración del diseño integrado de secciones bajo solicitaciones combinadas, teniendo en cuenta la influencia de la presencia de otros esfuerzos, como flexión, torsor y axil en la capacidad resistente a cortante-tracción  $V_{u2}$ , a través del ángulo de inclinación de las bielas, en la línea de lo ya iniciado por la normativa canadiense.



⇒ **Figura 8.-** Ensayos de resistencia a cortante de un forjado unidireccional constituido por vigueta pretensada y hormigón *in situ*.

- **La utilización de aceros de alta ductilidad**, permite considerar mayores redistribuciones de esfuerzos en estructuras hiperestáticas, lo cual se tiene en cuenta expresando el grado de redistribución como una función lineal de la profundidad de la fibra neutra en rotura,  $x/d$ , en la sección crítica. Complementando este planteamiento, se propone en el Anejo 7 "*Cálculo simplificado de secciones en Estado Límite de Agotamiento frente a solicitaciones normales*", una metodología muy sencilla para dimensionar la armadura de secciones rectangulares para resistir una solicitación de flexocompresión con un nivel de ductilidad mínimo (es decir un valor de  $x/d$  prefijado).
- **El efecto del confinamiento del hormigón**, esencial para el diseño sísmico o para evaluar la resistencia de soportes o bielas de compresión zunchados, se trata de una manera acorde con las formulaciones del Eurocódigo sismorresistente, que tiene en cuenta no sólo la cuantía volumétrica de armadura transversal, sino también su eficacia (forma de los estribos), su separación longitudinal e incluso el tipo de hormigón.
- El Anejo 10 "*Requisitos especiales recomendados para estructuras sometidas a acciones sísmicas*", amplía y mejora al anterior introduciendo algunos conceptos básicos sobre diseño sismorresistente. Asimismo, plantea los principios fundamentales del diseño por capacidad (el adoptado en los países más avanzados en este tema) y propone disposiciones de armado para elementos usuales en zonas sísmicas no contemplados en la anterior Instrucción, como las pantallas acopladas y otros.
- Se han modificado algunas formulas correspondientes a **comprobaciones en Estados Límite Últimos** (torsión, punzonamiento, rasante en juntas entre hormigones, etc.) y Estados Límite de Servicio (fisuración y deformabilidad), tratando de resolver





## REPORTAJES

*pretensados de hormigón autocompactante*" (Universidad Politécnica de Cataluña).

- "*Criterios de proyecto de hormigones de alta resistencia*" (Universidad Politécnica de Cataluña, ACHE).
- "*Resistencia a cortante de forjados unidireccionales constituidos por viguetas prefabricadas pretensadas y hormigón vertido in situ*" (IETCC-CSIC).
- "*Estudio sobre el cortante en forjados con celosía básica ejecutados in situ*" (Universidad Politécnica de Cataluña, CELSA).
- "*Estudio para la caracterización del acero suministrado en rollo*" (Ministerio de Fomento, AIDICO, CEDEX, ANIFER, UPC).
- "*Estudio sobre las condiciones de durabilidad de hormigones empleados en prefabricación*" (ANDECE, IETCC-CSIC, INTEMAC).
- "*Desarrollo de aplicaciones específicas de software para la evaluación de los nuevos criterios de contribución de la estructura a la sostenibilidad*" (LABEIN, Universidad Politécnica de Cataluña).
- "*Estudio para el desarrollo de nuevos criterios de aceptación en el hormigón*" (IECA, Universidad Politécnica de Cartagena).
- "*Adaptación del ensayo de doble punzonamiento para hormigones reforzados con fibras metálicas*" (Ensayo Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña).

## LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA NUEVA INSTRUCCIÓN

La Instrucción contempla la incorporación de las nuevas tecnologías a la práctica habitual de las actividades relacionadas con el proyecto, la ejecución y el control de las estructuras de hormigón. Para ello, habilita la posibilidad de empleo de documentación en formato electrónico y procedimientos de firma electrónica, fomentando el acceso a informaciones por Internet y recomendando el empleo de formatos de intercambio de datos, como los desarrollados por la Generalitat Valenciana y AIDICO en el proyecto FIDE para el ámbito de la edificación.

## LA NECESIDAD DE OPTIMIZAR EL ESFUERZO DE CONTROL

Los datos disponibles hasta el momento en España sobre los orígenes de las patologías que aparecen en las estructuras de hormigón son muy escasos. La encuesta más conocida en este aspecto sobre el origen de las patologías en España en el ámbito de las estructuras de hormigón fue elaborada hace ya bastante

tiempo por GEHO (Grupo Español del Hormigón, en la actualidad Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural) y revelaba que mientras que el 48% de las mismas tenían su origen en el proyecto o el 28% lo tenían en la fase de ejecución, sólo el 14% procedían de los materiales. Es muy probable que estas cifras hayan podido modificarse de alguna manera pero, casi con toda seguridad, el menor porcentaje seguirá siendo atribuible a orígenes en los materiales de construcción.

Por otra parte, el control se ha venido centrando tradicionalmente en los materiales, con especial énfasis en los ensayos de probetas de hormigón.

Algunos datos actualmente disponibles ponen de manifiesto que, por ejemplo, en la Comunidad Valenciana se fabricaron más de un millón de probetas durante el año 2006. La extrapolación de dichas cifras a todo el territorio español, daría un total en el entorno de los seis millones y medio de probetas de hormigón al año. El ensayo de dichas probetas conlleva el consumo de más de 900 toneladas de azufre al año, con una generación de residuos contaminados con este elemento del orden de ochenta mil toneladas, procedentes de los restos de las probetas.

Las cifras anteriores, claramente desorbitadas, ponen de relieve la necesidad de optimizar el "esfuerzo" de control, reenfoicándolo hacia los aspectos que pudieran ser más relevantes para evitar futuras patologías durante la vida de servicio. Pero ello debe efectuarse manteniendo, como no puede ser de otra manera, las condiciones de seguridad para el usuario de las estructuras. Para eso, los distintivos de calidad se han venido consolidando en los últimos años como una herramienta que permite desarrollar una estrategia suficientemente garante de la consecución de tales objetivos.

Por otra parte, desde diversos ámbitos se ha puesto un énfasis importante en la necesidad de reenfoicar el control de manera que las responsabilidades que conlleva para la Dirección Facultativa se refieran exclusivamente

a los productos que realmente se reciben en la obra y no sobre otros materiales o productos componentes que se insumen en instalaciones industriales ajenas a la misma, (centrales de hormigón preparado, talleres de ferralla o instalaciones de prefabricación ajenas a la obra, etc.). Es por ello que, evidentemente sin olvidar al resto de los productos, la nueva Instrucción se enfoca básicamente hacia el control del hormigón, las armaduras pasivas y los elementos prefabricados, entendiendo que son sólo éstos los que llegan normalmente a una obra de características convencionales, sin olvidar la necesidad de garantizar ante la Dirección Facultativa la trazabilidad de los diferentes productos empleados.

### LOS DISTINTIVOS DE CALIDAD COMO HERRAMIENTA DE VALOR AÑADIDO Y GARANTÍA PARA EL USUARIO

La Instrucción ha venido consolidando, desde que entró en vigor el año 1998, la figura de los distintivos de calidad para diferentes productos incluidos en su ámbito.

Además, partiendo de su consideración como iniciativas empresariales para dotarse de esquemas voluntarios de garantía de calidad certificados por una tercera parte independiente, surge paralelamente la necesidad de discriminación entre los distintivos de calidad que realmente aportan un valor añadido para el usuario respecto de aquéllos que son meras operaciones comerciales. Para ello, a los efectos de la nueva Instrucción EHE-08, se mantiene la figura del reconocimiento oficial por parte de las Administraciones Públicas con competencias en el ámbito de la construcción.

En esta línea, la nueva Instrucción contempla una serie de consideraciones especiales para aquellos productos que estén en posesión de un distintivo de calidad reconocido. Entre dichas consideraciones, cabe destacar que, en algunos casos, permite:

- La eliminación de ensayos en recepción, como en el caso de las armaduras elaboradas.

- La aplicación de criterios de identificación, como en el caso del hormigón.
- La aplicación de coeficientes de ponderación reducidos para los materiales, como en el caso del acero o en el del hormigón empleado en elementos prefabricados.
- La aplicación de mayores tensiones de tesado.
- La aplicación de longitudes menores de transferencia del pretensado.



⇒ **Figura 10.-** Pila de puente afectada de patología.



## REPORTAJES

Por otra parte, la experiencia acumulada durante el período de vigencia de la anterior Instrucción ha aconsejado el establecimiento de unos criterios mínimos para el reconocimiento oficial de los distintivos de calidad, de manera que pueda dotarse al sistema de absoluta transparencia y garantía para los usuarios. En esta línea, la nueva Instrucción incluye un anejo en el que se establecen las exigencias mínimas que deberán contemplarse por cualquier Administración competente para efectuar el referido reconocimiento.

### LA CONTRIBUCIÓN A LA SOSTENIBILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Durante los últimos años, los diferentes agentes sociales han venido manifestando una creciente sensibilidad por los aspectos ligados a la protección del medio ambiente y a la consecución de un desarrollo sostenible. En este aspecto, lejos de considerar la construcción como una actividad inocua, la opinión pública tiende a percibirla como uno de los principales factores que influyen en el medio natural.

En el contexto anterior cabe hacer alguna reflexión sobre la posible contribución a la sostenibilidad de las actividades de proyecto y ejecución de estructuras de hormigón. En tal sentido, no cabe sino recoger el reto que plantea la Sociedad, liderando un proceso de mentalización de los agentes involucrados y estableciendo criterios y metodologías que contribuyan eficazmente a lograr estructuras que colaboren mejor con la sostenibilidad. Por lo tanto, es necesario centrar la actividad del proyecto y construcción de las estructuras en un nuevo marco que considere de forma integral los aspectos económicos, sociales y ambientales.

La dimensión económica de la actividad ligada a las estructuras de hormigón puede valorarse a partir del siguiente dato: durante el año 2005 la facturación de los sectores industriales relacionados sólo con los materiales y productos incluidos en la Instrucción EHE ascendió a unos 16.400 millones de euros, lo que supone alrededor del 2% del PIB. La contribución de los sectores del cemento, del hormigón preparado y el siderúrgico a esta cifra puede valorarse en el 19,2%; 32,2% y 11,3%, respectivamente. Hay que tener en cuenta además, que en los datos anteriores no está incluida la propia actividad constructora.

En ese sentido, parece evidente la eficacia de la actividad constructora como instrumento para la atención de demandas sociales (vivienda, sanidad, educación, etc.), así como elemento de ordenación y vertebración del territorio. Además, la construcción presenta potencialidades como "sumidero ambiental", de manera que, a medida que avanza el conocimiento técnico actual, se permite aumentar el empleo de productos directamente reciclados o elaborados a partir de subproductos industriales, con el consiguiente efecto favorable como actividad incentivadora del reciclado y sensible a la preocupación por el consumo masivo de recursos naturales.

En este marco se sitúan las nuevas iniciativas de la Comisión Permanente del Hormigón, que se plasman en el texto de la nueva Instrucción EHE-08 mediante diferentes estrategias, entre las que cabe destacar el ya mencionado empleo de hormigones reciclados, el fomento de subproductos industriales y la posibilidad de reciclado del agua en las centrales de hormigón.

Por otro lado, conscientes de la falta de tradición para considerar estos aspectos por parte de los agentes involucrados en el proyecto y la ejecución, se ha estimado conveniente la definición de índices cuantitativos que permitan el diseño de estrategias de proyecto y el desarrollo de procesos de ejecución eficaces, desde el punto de vista de la contribución a la sostenibilidad. En este sentido, cabe destacar el esfuerzo que se ha hecho para desarrollar un "Índice de Contribución de la Estructura a la Sostenibilidad (ICES)", definido a partir de otro índice, el de sensibilidad medioambiental (ISMA). En ambos casos, se trata de parámetros cuantitativos susceptibles de ser calculados por procedimientos sencillos, a partir de las condiciones previstas en el proyecto y desarrolladas durante la fase de ejecución de las obras. Dado lo novedoso del sistema se ha optado por darle un carácter voluntario, de-

biendo aplicarse únicamente cuando así lo decida la Propiedad.

### Mantenimiento de estructuras

El único título nuevo de la EHE-08 es el Título 9 "Mantenimiento", que constituye un intento loable por contribuir a la extensión de la vida útil de las estructuras y considerar, por tanto, todo el ciclo de vida de las mismas.

Se entiende por mantenimiento de una estructura el conjunto de actividades necesarias para que el nivel de prestaciones para el que ha sido proyectada, con arreglo a los criterios de la Instrucción, no disminuya durante su vida útil de proyecto por debajo de un cierto umbral.

En ese sentido, la Instrucción establece que a partir de la entrada en servicio de la estructura, la Propiedad deberá programar y efectuar las actividades de mantenimiento, de forma coherente con los criterios adoptados en el proyecto.

Se plantea una estrategia de mantenimiento, que contempla los siguientes puntos.

- Archivo documental completo de la estructura.
- Inspecciones rutinarias.
- Inspecciones principales.
- Inspecciones especiales y pruebas de carga.

Es responsabilidad de la Propiedad organizar las tareas de mantenimiento en torno a los ejes de actuación señalados con el fin de disponer, en todo momento, de una información cercana en el tiempo con relación al nivel de prestaciones de la estructura.

En el proyecto de todo tipo de estructuras, en el marco de esta Instrucción, será obligatorio incluir un Plan de Inspección y Mantenimiento que defina las actuaciones a desarrollar durante toda la vida útil.

El Plan de Inspección y Mantenimiento deberá contener la definición precisa de, al menos, los siguientes puntos:

- Descripción de la estructura y de las clases de exposición de sus elementos.
- Vida útil considerada.
- Puntos críticos de la estructura, precisados de especial atención a efectos de inspección y mantenimiento.
- Periodicidad de las inspecciones.
- Medios auxiliares para el acceso a las distintas zonas de la estructura, en su caso.
- Técnicas y criterios de inspección recomendados.
- Identificación y descripción, con el nivel adecuado de detalle, de la técnica de mantenimiento recomendada, donde se prevea dicha necesidad.

### CONSIDERACIONES FINALES

La nueva Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, enmarcada en el futuro Código Estructural, se ha planteado de forma coherente con el Código Técnico de la Edificación y alineado con el Eurocódigo EC2.

Su génesis ha sido muy participativa, con especialistas de todos los sectores de la construcción (materiales, prefabricados, proyecto, construcción, consultoría, investigación, control, usuarios, etc.). Se han recogido numerosas observaciones, una parte considerable de las cuales han sido incorporadas en el texto definitivo.

Asume los avances más recientes en el estado del conocimiento de las estructuras de hormigón, y mantiene o permite aumentar el nivel de seguridad estructural con reducción del uso de recursos.

Amplía su campo de aplicación a numerosos tipos de hormigones, nuevos elementos estructurales (prefabricación, puentes) e incorpora a la Instrucción de Forjados EFHE, eliminando incoherencias.

Por último, la Instrucción EHE-08 trata de responder a las demandas sociales, al unir la construcción al desarrollo sostenible, impulsar la calidad, reconocer la realidad del sector empresarial y profesional e impulsar la innovación y la investigación del sector. ■



## REPORTAJES

# LA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08

## BASES DE PROYECTO

**Antonio R. Marí Bernat** - Catedrático de la Universitat Politècnica de Catalunya. Ponente general de la Instrucción EHE-08.

**E**n este artículo se trata lo relativo a Estados Límite, seguridad, acciones y lo referente a las propiedades de proyecto de los materiales y la comprobación de bielas, tirantes y nudos, ciñéndose a aquellos aspectos que han cambiado, sin incluir fórmulas que ya están en la Instrucción EHE, a no ser que sean necesarias para la comprensión del texto, evitando detallar en exceso aspectos que serán desarrollados en apartados específicos posteriores.

### ESTADOS LÍMITE

En relación a los Estados Límite, la nueva Instrucción añade el Estado Límite de Durabilidad, que es el producido por las acciones físicas y químicas, diferentes a las cargas y acciones del análisis estructural, que pueden degradar las características del hormigón o de las armaduras hasta límites inaceptables.

La comprobación del Estado Límite de durabilidad consiste en verificar que  $t_L > t_d$ .

- $t_L$  Valor estimado de la vida útil
- $t_d$  Valor de cálculo de la vida útil =  $\gamma_L \cdot t_g$
- $t_g$  Vida útil de proyecto
- $\gamma_L$  Coeficiente de seguridad para la vida útil  $\gamma_L = 1,10$

La novedad de este planteamiento es que se pasa de un concepto de durabilidad genérico a uno concreto ligado a la vida útil definida por la Propiedad. Por ello, en el Capítulo 7 los parámetros utilizados en la estrategia de durabilidad, tales como recubrimiento mínimo, relación máxima agua/cemento o contenido mínimo de cemento, varían en función de la vida útil.

Para cuantificar estos valores ha sido necesario adoptar unos modelos de deterioro de los materiales, lo cual, en el estado actual del conoci-

miento sólo es posible en algunos casos, como la velocidad de carbonatación, los procesos de corrosión y la contribución de los morteros de revestimiento a la durabilidad.

Estos modelos se explicitan en el Anejo 9 "*Consideraciones adicionales sobre durabilidad*", y sirven, además, para abordar casos con vida útil distintos de los considerados por defecto.

## "Se añade un nuevo Estado Límite de Durabilidad"

### Tratamiento de la seguridad

Es importante mencionar que se ha adaptado el tratamiento de la seguridad al que se hace en el Eurocódigo EC2. Los cambios más significativos introducidos son los siguientes:

- Se reducen los coeficientes de mayoración de acciones  $\gamma_{ig}=1,35$  en lugar de 1,50 y  $\gamma_{iq}=1,50$  en lugar de 1,60 para acciones desfavorables, independientemente del nivel de control de la ejecución.
- Para situaciones transitorias (por ejemplo durante construcción o bien durante transporte o manipulación de piezas prefabricadas), el coeficiente de mayoración de acciones permanentes y variables, cuando éstas son desfavorables, es de 1,20.
- Pueden reducirse los coeficientes de minoración de resistencias, hasta 1,10 en el acero y 1,35 en hormigón, si se satisfacen una serie de requisitos relativos a la producción, manipulación y puesta en obra de estos materiales y a la existencia de distintivos de calidad.

# Especial EHE-08

## Instrucción de Hormigón Estructural

Todo esto, podría llevar a concluir, en un análisis superficial, que la Instrucción EHE-08 lleva implícita una reducción de la seguridad de las estructuras. Sin embargo, ello no es así, pues mantiene e incluso incrementa el nivel de seguridad, reduciendo el coste global de la estructura, por las razones que a continuación se indican.

Es conocido que la seguridad no sólo depende de los coeficientes parciales, sino también, y posiblemente en mayor medida, del grado de rigor y adecuación con que se realiza todo el proceso estructural (proyecto, materiales, ejecución, control, operación y mantenimiento). En este sentido, impulsar el control de proyecto y de la ejecución, la inspección y el mantenimiento, garantizando la durabilidad a lo largo de la vida útil, son aspectos que pueden reducir la incertidumbre en el conocimiento de las variables aleatorias que afectan a la sollicitación y a la respuesta. La nueva Instrucción apuesta por un mejor proyecto y ejecución, basándose en un control más eficaz y en la existencia de distintivos de calidad, como medidas para reducir la incertidumbre. El resultado esperable es mejorar la calidad, reducir la probabilidad de fallo y, por tanto, aumentar la seguridad, con un esfuerzo económico menor que el uso de coeficientes de seguridad injustificadamente grandes, pero mejor orientado.

### "El tratamiento de seguridad se adapta al Eurocódigo EC2"

En cuanto a los Estados Límite de Servicio, para situaciones transitorias en estructuras con control intenso pretensadas con armadura postesa, se permite adoptar como coeficiente parcial de seguridad de la acción del pretensado  $\gamma_p = 0,95$ , si el efecto es favorable, y  $\gamma_p = 1,05$  si su efecto es desfavorable.

Estos mismos coeficientes pueden utilizarse para situaciones permanentes en el caso de elementos con armaduras postesas con trazado recto ejecutados en una instalación de prefabricación, propia de la obra o ajena a

la misma, con un control intenso de la geometría del trazado y de la fuerza de tesado, siempre que la correspondiente reglamentación específica aplicable de acciones no establezca otros criterios. Ello es debido a que la incertidumbre en el valor de la fuerza de pretensado y su posición está en estos casos muy acotada y puede dársele un tratamiento similar al de las armaduras pretesas.

En cuanto a los coeficientes de minoración de los materiales, como antes se ha citado, se pueden reducir si se cumplen los siguientes aspectos:

Se podrá reducir el coeficiente parcial de seguridad del acero hasta 1,10 cuando se cumplan, al menos, dos de las siguientes condiciones:

- Que la ejecución de la estructura se controle con nivel intenso, y que las tolerancias de colocación de la armadura sean conformes con las definidas explícitamente en el proyecto.
- Que las armaduras pasivas o activas, según el caso, estén en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, o que formen parte de un elemento prefabricado que ostente un distintivo de calidad oficialmente reconocido con nivel de garantía conforme el apartado 5 del Anejo 11.
- Que el acero para las armaduras pasivas esté en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

Se podrá reducir el coeficiente parcial de seguridad del hormigón hasta 1,40 en el caso general y hasta 1,35 en el caso de elementos



Figura 1.- Soldadura en la elaboración de armaduras pasivas.



## REPORTAJES

prefabricados, cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- Que la ejecución de la estructura se controle con nivel intenso, y que las desviaciones en la geometría de la sección transversal respecto a las nominales del proyecto sean conformes con las definidas explícitamente en el proyecto.
- Que el hormigón esté en disposición de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, con nivel de garantía conforme con el apartado 5 del Anejo 11 de la Instrucción, o que formen parte de un elemento prefabricado que ostente un distintivo de calidad oficialmente reconocido conforme con el citado apartado.

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En este tema ha habido modificaciones formales considerables. Por una parte se han adaptado algunas formulaciones para que sean válidas para hormigones de hasta 100 N/mm<sup>2</sup>, como es el caso del diagrama tensión-deformación para el análisis no lineal de estructuras aporricadas planas (artículo 21). Por otra, se han eliminado métodos de cálculo, como los pórticos virtuales, no porque no se consideren relevantes, sino por su carácter informativo más que normativo. También se ha tratado de sintetizar y de evitar repeticiones.

Algunos de los aspectos más relevantes son los siguientes:

### Limitaciones de la fuerza de pretensado.

En general, la fuerza de tesado  $P_0$  ha de proporcionar sobre las armaduras activas una tensión  $\sigma_{p0}$  no mayor, en cualquier punto, que el menor de los siguientes valores: 70% de la tensión de rotura  $f_{pmax}$  o el 85% del límite elástico  $f_{pk}$ . De forma temporal, estos valores pueden aumentarse al 80% de  $f_{pmax}$  y 90% de  $f_{pk}$  respectivamente, siempre que, al anclar las armaduras en el hormigón, se produzca una reducción conveniente de la tensión para que se cumpla la limitación del párrafo anterior.

En el caso de elementos pretensados con armadura pretesa o de elementos postesados en el que tanto el acero para armaduras activas como el aplicador del pretensado, o en su caso el prefabricador, presenten un nivel de garantía adicional conforme al artí-

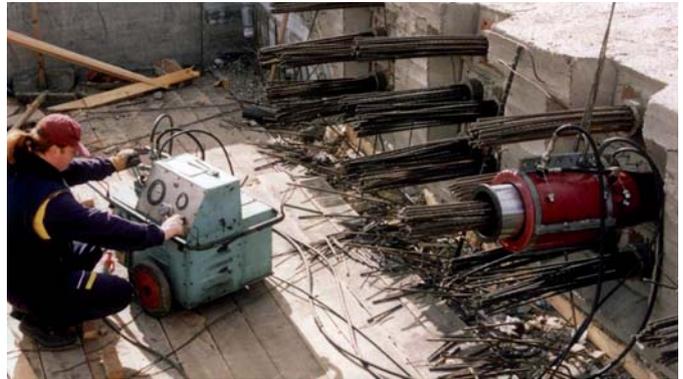


Figura 2.- Operación de tesado de las armaduras activas.

culo 81 de la Instrucción, se acepta un incremento de la tensión hasta el menor de los siguientes valores:

- 75% de  $f_{pmax}$  y 90% de  $f_{pk}$  en situaciones permanentes.
- 85% de  $f_{pmax}$  y 95% de  $f_{pk}$  en situaciones temporales.

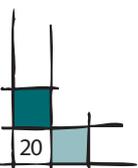
### Análisis no lineal de pórticos

Cuando se utiliza un análisis lineal con redistribución limitada, el nivel de redistribución de esfuerzos ( $r$ , en tanto por ciento) se relaciona con el tipo de acero (hasta el 30% para acero SD, de alta ductilidad, o hasta el 20% para acero S, de ductilidad normal) y se hace explícita una relación lineal con el grado de ductilidad de la sección, expresado a través de la profundidad relativa de la fibra neutra en rotura,  $x/d$ .

Simplificadamente, para vigas y placas unidireccionales continuas y para dinteles de estructuras sensiblemente intraslacionales, se puede admitir el siguiente valor de la redistribución de esfuerzos en la sección crítica considerada:

$$r = 56 - 125 \frac{x}{d}$$

**"Las formulaciones se han adaptado para que sean válidas para hormigones de hasta 100 N/mm<sup>2</sup>"**



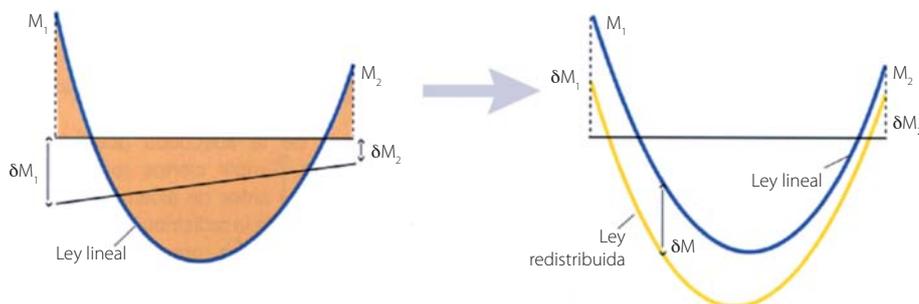


Figura 3.- Redistribuciones de esfuerzos en pórticos de hormigón armado.

Se especifica, además, que para una estructura sometida a diversas hipótesis de carga deben redistribuirse esfuerzos en cada una de ellas y obtener posteriormente la envolvente.

A fin de facilitar el proyecto de estructuras dúctiles, en el Anejo 7 de la Instrucción se proporcionan expresiones para el dimensionamiento de secciones en Estado Límite Último de Agotamiento frente a sollicitaciones normales, para un valor de  $x/d$  prefijado.

En esencia, consiste en definir un momento frontera, concepto idéntico al momento límite pero asociado a la profundidad  $x/d$  prefijada, en lugar de asociarlo a la profundidad límite de valor  $x = x_{lim}$  (que para hormigones de menos de  $50 \text{ N/mm}^2$  es aproximadamente  $0,625 d$ ). El resultado es que es necesaria armadura de compresión para valores menores que el momento límite, lo cual aumenta la ductilidad al ayudar las armaduras de compresión al hormigón a resistir las compresiones.

En la redistribución de esfuerzos de forjados unidireccionales es posible considerar como leyes envolventes de momentos flectores las que resulten de igualar, en valor absoluto, los momentos en los apoyos y en el vano, tal como se establecía en la Instrucción EFHE. Este procedimiento, avalado por la experiencia, no requiere el planteamiento de alternancias de la sobrecarga.

**PROPIEDADES DE PROYECTO DE LOS MATERIALES**

Este capítulo ha sufrido considerables modificaciones fruto, fundamentalmente, de la extensión del campo de

aplicación de la Instrucción hasta hormigones de  $100 \text{ N/mm}^2$  de resistencia a compresión. Los cambios más sustanciales han sido los referentes a:

• **Relación entre las resistencias a tracción y a compresión**

$$f_{ct,m} = 0,30 f_{ck}^{2/3} \text{ para } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ct,m} = 0,58 f_{ck}^{1/2} \text{ para } f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$$

• **Tipificación de los hormigones**

Se adopta la siguiente serie, en función de la resistencia a compresión:

- 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100

• **Resistencia de cálculo del hormigón**

Se considera como resistencia de cálculo del hormigón en compresión el valor:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

Donde  $\alpha_{cc}$  es un factor que tiene en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión debido a cargas de larga duración. En la Instrucción se adopta, con carácter general, el valor  $\alpha_{cc} = 1$ . No obstante, el Autor del Proyecto valorará la adopción de valores para  $\alpha_{cc}$  que sean menores que la unidad ( $0,85 \leq \alpha_{cc} \leq 1$ ) en función de la relación entre las cargas permanentes y las totales o en función de las características de la estructura. El coeficiente de minoración del hormigón se muestra explícito en la definición de la resistencia de cálculo, dado que puede variar con los criterios de control que se establecen en la Instrucción.



## REPORTAJES

Se considerará como resistencia de cálculo a tracción del hormigón, el valor:

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$$

Donde  $\alpha_{ct}$  es el factor de cansancio en tracción.

### • Diagrama tensión-deformación de cálculo del hormigón

Para el cálculo de secciones sometidas a sollicitaciones normales, en los Estados Límite Últimos se adopta bien el diagrama parábola-rectángulo, bien el diagrama rectangular.

El diagrama parábola-rectángulo, para hormigones de resistencia menor que 50 N/mm<sup>2</sup>, no varía respecto del actualmente utilizado. Para hormigones de resistencia superior, varía la forma de la parábola a través del exponente 'n', de forma que es más lineal hasta valores más altos de niveles de tensión  $\sigma_c/f_c$ . También varían las deformaciones de pico  $\epsilon_0$  y última  $\epsilon_u$  en función de la resistencia del hormigón. Se trata así de ajustarse al comportamiento experimental observado en consonancia con el Eurocódigo EC2.

Una aportación de gran interés de la nueva Instrucción EHE-08 es la definición de un diagrama rectangular simplificado para el cálculo de secciones en rotura. Este diagrama está formado por un rectángulo de profundidad  $\lambda(x) \cdot h$ , e intensidad  $\eta(x) \cdot f_{cd}$  que dependen de la profundidad del eje neutro x (ver Figura 5), y de la resistencia del hormigón. Sus valores son:

Este diagrama rectangular es válido hasta hormigones de alta resistencia, y no sólo para flexión simple sino también para flexocompresión, de forma que puede abordarse el cálculo de soportes o programarse muy fácilmente diagramas de interacción.

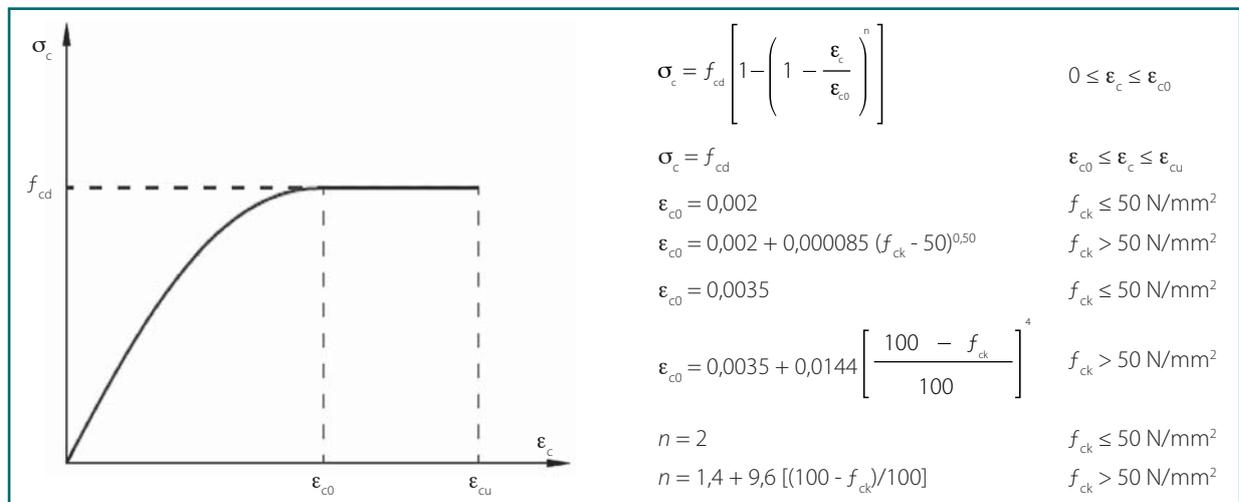
### • Módulo de deformación del hormigón

Como módulo de deformación longitudinal secante  $E_{cm}$  a 28 días se mantiene el de la Instrucción EHE-98 en lugar de adoptar el del Eurocódigo EC2, tras constatar que se ajustaba mejor a los resultados experimentales, según un estudio realizado por el CEDEX, con numerosos ensayos en todo el mundo.

Para cargas instantáneas o rápidamente variables se propone, para el módulo de deformación longitudinal inicial del hormigón (pendiente de la tangente en el origen) a la edad de 28 días, la expresión que consta en la Figura 6, donde se observa que la relación entre el módulo secante y el tangente, a partir de 50 N/mm<sup>2</sup> se reduce, debido al carácter más lineal de la curva tensión-deformación de los hormigones de alta resistencia.

### • Evolución de las propiedades del hormigón con el tiempo.

La Instrucción proporciona expresiones que permiten evaluar la resistencia a compresión, la resistencia



⇒ **Figura 4.-** Diagrama parábola-rectángulo de cálculo en rotura del hormigón.

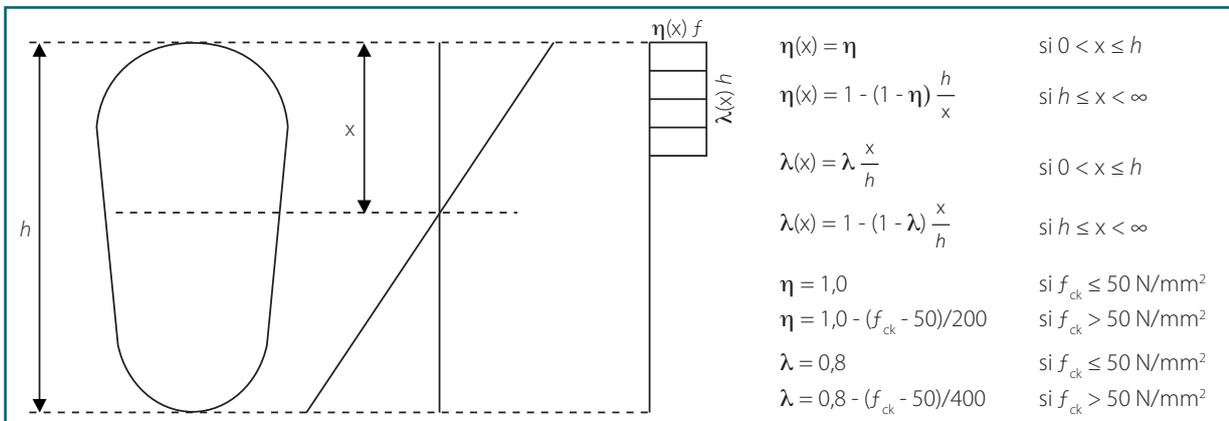


Figura 5.- Diagrama rectangular de cálculo en rotura.

a tracción y el módulo de deformación con el paso del tiempo, lo cual puede ser muy útil para el cálculo de instantes de descimbrado o de la edad del hormigón necesaria para transferir el pretensado.

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) f_{cm};$$

$$f_{ct,m}(t) = \beta_{ct}(t)^\alpha f_{ct,m};$$

$$E_{cm}(t) = \left( \frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0,3} E_{cm};$$

$$\beta_{cc} = \exp \left\{ s \left( 1 - \left( \frac{28}{t} \right)^{1/2} \right) \right\};$$

$$\alpha = 2/3 \text{ si } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2 \text{ y}$$

$$\alpha = 1/2 \text{ si } f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$$

s es un factor que depende del tipo de cemento y vale:

s=0,20 para cementos de alta resistencia con endurecimiento rápido (clases resistentes 42,5R; 52,5N y 52,5R).

s=0,25 para cementos de resistencia normal con endurecimiento normal (clases resistentes 32,5R y 42,5N).

s=0,38 para cementos con endurecimiento lento (clase resistente 32,5N).

**Fluencia y retracción**

Las deformaciones diferidas del hormigón, fluencia y retracción, han cambiado para contemplar hormigones de resistencias superiores a los 50 N/mm<sup>2</sup>. En este sentido, se ha adoptado en su totalidad la formulación del Eurocódigo EC2, cuyas expresiones no incluiremos aquí por brevedad. Esta formulación reconoce la existencia de dos componentes en ambas deformaciones diferidas: la componente autógena y la componente de seca-

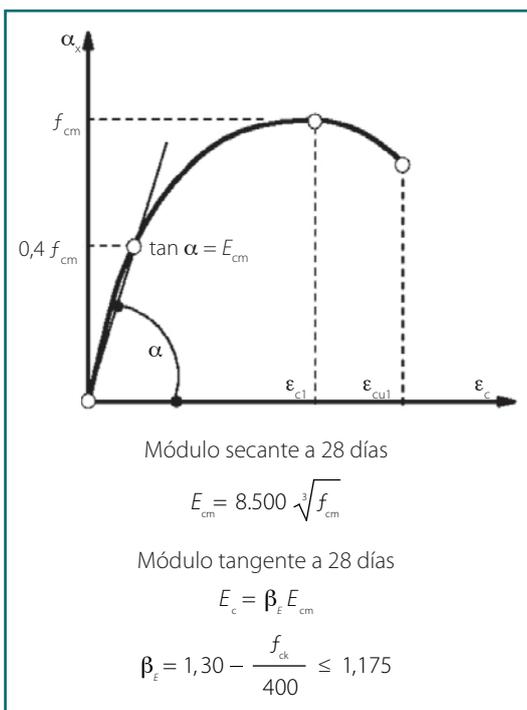


Figura 6.- Módulo de deformación longitudinal del hormigón.

**"El cálculo de secciones en rotura se efectúa con un diagrama rectangular simplificado"**



## REPORTAJES

do. La primera es la que se produciría en una probeta sellada, esto es, sin intercambio hidráulico con el medio ambiente, y la segunda se obtiene experimentalmente por diferencia entre la total y la autógena. La necesidad de distinguir entre estas dos componentes estriba en la diferencia de cuantía entre una y otra entre hormigones de baja-media y alta resistencia.

La única diferencia de la formulación de la EHE-08 con el Eurocódigo EC2, está en el módulo de elasticidad utilizado para la definición de la deformación de fluencia,

$$\epsilon_{co}(t, t_0) = \sigma(t_0) \left( \frac{1}{E_{ct}} + \frac{\varphi(t, t_0)}{E_{c28}} \right)$$

donde  $t_0$  y  $t$  se expresan en días. El primer sumando del paréntesis, que representa la deformación instantánea para una tensión unidad, se calcula con el módulo de deformación longitudinal secante del hormigón en el instante  $t_0$  de aplicación de la carga, definido en la EHE-08, mientras que el segundo sumando se calcula utilizando el módulo de deformación longitudinal instantáneo del hormigón, tangente en el origen, a los 28 días de edad. Esto se hace así porque la función de fluencia del Eurocódigo EC2 está calibrada utilizando el módulo de deformación secante definido en él, que es mayor que el de la EHE-08 y se parece más al tangente que al secante de esta Instrucción.

### Resistencia del hormigón confinado

El artículo 40.3.4 "Bielas de hormigón confinado" aborda el beneficioso efecto que el confinamiento mediante armadura transversal produce sobre la resistencia y la ductilidad del hormigón, lo cual es fundamental para un correcto comportamiento en zonas sísmicas o cuando se desea evitar roturas frágiles y garantizar un cierto nivel de redistribución de esfuerzos.

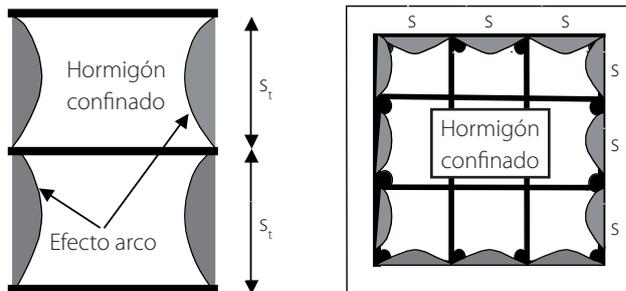


Figura 7.- Confinamiento del hormigón.

La formulación de la nueva EHE-08 mantiene formalmente la formulación existente, pero la mejora en cuanto se ajusta más a los resultados experimentales, se alinea con el Eurocódigo 8 de diseño sismorresistente, responde al fenómeno físico que se produce y tiene en cuenta también la resistencia del hormigón.

Los factores que gobiernan el aumento de resistencia del hormigón por efecto del confinamiento transversal son los siguientes:

- La cuantía y resistencia de la armadura transversal, cuyo aumento incrementa el efecto de zunchado.
- La forma y disposición de la armadura transversal (efecto arco transversal).
- La separación entre cercos (efecto arco longitudinal).
- La resistencia del hormigón. A menor resistencia del hormigón, mayor efecto de confinamiento.
- Otros factores, de menor entidad, que no son tenidos en cuenta, para limitar la complejidad de la formulación.

Con todo ello, la resistencia de la biela confinada puede formularse mediante la expresión

$$f_{cc} = f_{1cd} (1 + 1,5 \alpha \omega_w)$$

Donde  $\omega_w$  es la cuantía mecánica volumétrica de armadura de confinamiento y el factor  $\alpha = \alpha_c \alpha_s \alpha_e$  tiene en cuenta la separación entre cercos, el tipo hormigón y la disposición de la armadura de confinamiento. En la Instrucción se explicitan los valores de estos parámetros para las secciones y disposiciones de armadura transversal más usuales.

### CONSIDERACIONES FINALES

Los cambios formulados en las bases de proyecto son importantes y responden a una filosofía global de la nueva Instrucción EHE-08, orientada a mejorar la calidad, la seguridad y a evitar incrementos de coste injustificados a través de criterios de proyecto más rigurosos y acordes con la línea marcada por el Eurocódigo EC2. ■



# Calsider informa

Orense, 58 - 10° C - 28020 Madrid - Tel: 915 618 721- Fax: 915 624 560  
e-mail: buzon@calsider.com - www.calsider.com

PUBLICACIONES

## CALIDAD SIDERÚRGICA

CALIDAD SIDERÚRGICA es miembro corporativo de AENOR y desempeña las Secretarías de los siguientes Comités Técnicos:

## NORMALIZACIÓN

- AEN/CTN-36 Siderurgia
- AEN/CTN-76 Estructuras metálicas permanentes
- AEN/CTN-I40/SC3 Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero

## CERTIFICACIÓN

- AEN/CTN-017 Productos de acero para hormigón
- AEN/CTN-036 Tubos y perfiles huecos de acero
- AEN/CTN-046 Perfiles, barras y chapas de acero laminado en caliente para aplicaciones estructurales



 **Calidad Siderúrgica**  
[www.calsider.com](http://www.calsider.com)





## REPORTAJES

# LA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08

## MATERIALES

**Jaime Fernández Gómez** - Director del Laboratorio Central del Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC).

**C**on la publicación del RD 1247/2008, de 18 de julio, se aprobó la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Esta Instrucción supone una revisión de la anterior Instrucción EHE, publicada en diciembre de 1998 y que, por lo tanto, se ha aplicado en España durante los últimos 10 años.

Entre otras muchas razones las necesidades del cambio provenían de:

- Adaptarse a la nueva normativa europea, y en especial a las normas armonizadas.
- Exigencia del marcado CE de los productos en posesión del mismo.
- Incentivar la innovación de nuevos materiales.
- Fomentar el uso de los materiales reciclados, con objeto de aumentar los índices de sostenibilidad.

Alguna de estas líneas básicas afecta a los materiales, y en especial todas aquéllas que se refieren a la innovación y a la utilización de productos reciclados. Vamos a ver, pasando por cada uno de los materiales, cómo la nueva EHE-08 afecta a los materiales componentes del hormigón, al propio hormigón y a los aceros para armaduras, tanto activas como pasivas. Se analizarán los cambios

y novedades con respecto a la anterior Instrucción, aunque en algunos casos la nueva EHE simplemente reconoce situaciones que ya se habían producido.

### LOS MATERIALES COMPONENTES

En el caso de los materiales componentes se ha intentado adaptar la normativa europea en todas las situaciones posibles, salvo alguna excepción que se comentará más adelante, en la cual se ha utilizado la experiencia de las anteriores instrucciones.

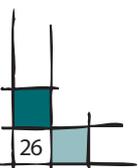
#### Cemento

La Tabla 1 recoge los tipos de cemento utilizables, siendo también aplicable para la recepción de los mismos la Instrucción para la Recepción de Cementos RC-08.

Las principales novedades que contiene la tabla de cementos utilizables están en el hormigón pretensado, en el cual por primera vez se permite el empleo de cementos CEM II/A con adición de cenizas volantes y/o puzolanas, lo cual anteriormente estaba especialmente prohibido, y en el hormigón en masa, para el que se permite el empleo de cementos compuestos con alto contenido de adiciones (CEM V/B).

➔ **Tabla 1.- Tipos de cemento utilizables.**

Tipo de hormigón	Tipo de cemento
Hormigón en masa	Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C Cementos para usos especiales ESP VI-1
Hormigón armado	Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C y CEM V/B
Hormigón pretensado	Cementos comunes de los tipos CEM I y CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M (V,P)



**JAIME FERNÁNDEZ GÓMEZ**

Director del Laboratorio Central del Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC), es Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales. Compagina su actividad profesional con la de Catedrático de Edificación y Prefabricación en el Departamento de Ingeniería Civil: Construcción de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid.



Fernández es un prolífico investigador, habiendo desarrollado cuarenta y cinco trabajos de investigación, de los cuales diecisiete han tenido financiación externa, y cinco de ellos han sido subvencionados por la Unión Europea. Es, además, autor o coautor de once libros, veintisiete artículos en revistas y ha impartido setenta y una ponencias en congresos nacionales e internacionales.

Forma parte de prestigiosas instituciones, como el Consejo de ACHE, la Comisión Permanente del Hormigón, las Comisiones de Certificación de AENOR de Cementos y Aceros, la Comisión de Prefabricación de la Fédération Internationale du Béton (fib) y del American Concrete Institute (ACI).

Algunos cementos no permitidos en el caso del hormigón en masa y del hormigón armado—aquéllos que llevan como adición W, T o Q— son cementos fabricados con adiciones de esquistos calcinados, puzolanas calcinadas o cenizas volantes calcáreas, cuya producción nunca se ha realizado en España y cuya experiencia de uso es prácticamente nula.

Por tanto, la única novedad digna de señalar es permitir la utilización de cementos con adiciones puzolánicas en el hormigón pretensado y cementos CEM V/B en hormigón en masa.

**Agua de amasado**

En el agua utilizada tanto para el amasado como para el curado del hormigón, se han mantenido básicamente todas las especificaciones de la anterior norma EHE, no siguiéndose la normativa europea. La experiencia española en el caso de las aguas era suficientemente buena como para mantener las prescripciones que existían hasta este momento. La

única novedad importante es permitir utilizar agua reciclada procedente del lavado de cubas de la propia central de hormigonado para el amasado del hormigón, siempre y cuando cumplan las condiciones generales referidas a todo tipo de agua. Además, la densidad del agua total incorporada al hormigón no debe superar el valor de 1,1 g/cm<sup>3</sup>, y la densidad del agua añadida como agua reciclada el valor de 1,3 g/cm<sup>3</sup>.

Es necesario asimismo calcular el contenido de finos incorporados por el agua reciclada, dado que el contenido total de finos en el hormigón está limitado a 175 kg/m<sup>3</sup>, en los casos normales, y a 185 kg/m<sup>3</sup> en el caso de empleo de agua reciclada.

***“Se permite la utilización de cementos con adiciones puzolánicas en el hormigón pretensado y cementos CEM V/B en hormigón en masa”***



## REPORTAJES

### Áridos

Se admite el empleo de áridos naturales, escoria de alto horno, áridos ligeros y áridos reciclados. En el caso de estos dos últimos, los Anejos 15 y 16 dan recomendaciones para la utilización de hormigones reciclados y para la utilización de hormigón ligero, los cuales contemplan en su fabricación el empleo de este tipo de áridos.

Se plantea la exigencia del marcado CE para los áridos, con la designación que corresponde según la norma UNE-EN 12620, en la cual los áridos deben designarse como d/D-IL-N, donde:

- d/D fracción granulométrica comprendida entre un tamaño mínimo d y un tamaño máximo D
- IL forma de presentación, siendo R rodado, T triturado y M mezcla
- N letra que indica la naturaleza del árido (C calizo, S síliceo, G granito, etc.). Este dato es opcional y no obligatorio.

Algunas especificaciones de la antigua EHE se han adaptado (como, por ejemplo, el equivalente de arena o el contenido de sulfuros) o suprimido (como, por ejemplo, el porcentaje de las partículas blandas y de terrones de arcilla o la friabilidad). También se han modificado los rangos admisibles del contenido de finos para estar de acuerdo con las clases especificadas en el marcado CE.

Existen tres series de tamices para poder designar los tamaños de los áridos. Una de ellas es la llamada serie básica, otra la serie básica ampliada con unos tamices de la serie 1, y otra la serie básica ampliada con unos tamices de la serie 2. Debe de utilizarse una de las series, pero no pueden mezclarse los tamices de las series 1 y 2.

Basado en la experiencia previa de empleo, y siempre que haya estudios experimentales específicos que lo avalen, puede utilizarse árido grueso cuyo desgaste de Los Ángeles se encuentre entre 40 y 50, siempre que la resistencia característica especificada del hormigón no sea superior a 30 N/mm<sup>2</sup>. Esta era una reivindicación de algunas zonas de España, en las cuales algunos áridos de tipo frágil tenían valores del desgaste de Los Ángeles elevado, y sin embargo su experiencia de uso era muy buena.

También se contemplan dos clases de reactividad árido álcali: la reactividad álcali - sílice o álcali - silicato y la reactividad álcali - carbonato, cada una de ellas con sus ensayos específicos. En el caso de que en el ensayo se deduzca que el material es potencialmente reactivo, se podrá utilizar el árido siempre que sea conforme respecto al ensayo sobre prismas de hormigón que contempla la norma UNE 146509 EX, que es un ensayo de expansión durante un año realizado ya sobre probetas de hormigón. Esto supone un avance respecto a las anteriores versiones de la EHE, que no tenían una salida normativa para aquellos áridos calificados como potencialmente reactivos, debiendo utilizarse o no según la experiencia existente y la opinión de la Dirección Facultativa.

## ***"Define un nuevo ensayo de expansión en prismas de hormigón para evaluar la reactividad alcalina de los áridos potencialmente reactivos"***

### Aditivos

En el marco de la Instrucción EHE se consideran fundamentalmente los cinco tipos de aditivos que se recogen en la Tabla 2. Estos tipos de aditivos deben de cumplir las prescripciones de la norma UNE EN 934-2. En todos los documentos de origen figurará la designación del aditivo de acuerdo con lo indicado en la mencionada norma, así como el certificado del fabricante garantizando que el producto satisface los requisitos prescritos. También es exigible el marcado CE correspondiente.

Hay dos detalles importantes en la Instrucción que es necesario tener en cuenta con respecto del empleo de los aditivos, y que afectan a la forma de su empleo.

Salvo indicación previa en contra de la Dirección Facultativa, el suministrador del hormigón podrá emplear cual-

➔ **Tabla 2.- Tipos de aditivos.**

Tipo de aditivo	Función principal
Reductores de agua / Plastificantes	Disminuir el contenido de agua de un hormigón para una misma trabajabilidad o aumentar la trabajabilidad sin modificar el contenido de agua.
Reductores de agua de alta actividad / Superplastificantes	Disminuir significativamente el contenido de agua de un hormigón sin modificar la trabajabilidad o aumentar significativamente la trabajabilidad sin modificar el contenido de agua.
Modificadores de fraguado / Aceleradores, retardadores	Modificar el tiempo de fraguado de un hormigón.
Inclusores de aire	Producir en el hormigón un volumen controlado de finas burbujas de aire, uniformemente repartidas, para mejorar su comportamiento frente a las heladas.
Multifuncionales	Modificar más de una de las funciones principales definidas con anterioridad.

quiera de los aditivos incluidos en la Tabla 2, aunque debe de informar de ello a la propia Dirección Facultativa.

Sin embargo, la utilización de aditivos no contemplados en la tabla, o la utilización de aditivos en la propia obra, requiere la autorización previa de la Dirección Facultativa y el conocimiento del suministrador del hormigón. Esto trata de resolver el problema de la readitivación o de la adición de aditivos en obra y no en planta, que siempre requiere un cuidado especial.

### Adiciones

Sólo se contemplan como adiciones el humo de sílice y las cenizas de volantes, tal y como se venía haciendo en la Instrucción EHE. Para utilizar adiciones es necesario utilizar un cemento CEM I. Ambos productos deben de estar en posesión del marcado CE correspondiente.

La novedad más importante es permitir utilizar adiciones con el hormigón pretensado, limitadas a un 20% de ceniza volante en peso de cemento o a un 10% de humo de sílice, en ambos casos en peso de cemento.

Para los elementos no pretensados de estructuras de edificación, ambos valores se corresponden con el 35% y el 10%, y en hormigón de alta resistencia se puede

emplear hasta un 10% de humo de sílice o hasta un 20% de combinación de ambas adiciones.

## **"Se permite el empleo de adiciones en el hormigón pretensado"**

### EL HORMIGÓN

La aportación más destacada en cuanto al hormigón es el haber incorporado el hormigón de alta resistencia en el articulado, contemplando hormigones hasta de 100 N/mm<sup>2</sup> de resistencia característica. Muchas fórmulas del articulado se han adaptado de tal forma que tienen algún coeficiente o son ligeramente distintas para los hormigones de resistencia elevada, pero se mantiene una unidad formal en todo lo que afecta al cálculo y propiedades del hormigón.

En cuanto a la contemplación de productos innovadores, existen anejos que tratan sobre recomendaciones para el empleo de hormigón con fibras, hormigones no reciclados, hormigones ligeros, hormigón autocompactante y hormigón no estructural.

Con relación a las propiedades del hormigón no existen grandes variaciones, aunque ha habido algunos ligeros retoques en algunas de las propiedades y fórmulas para definir sus características. La novedad más relevante en cuanto a las propiedades del hormigón fresco es admitir la consistencia líquida siempre que se consiga con superfluidificantes y, por lo tanto, haciendo legales

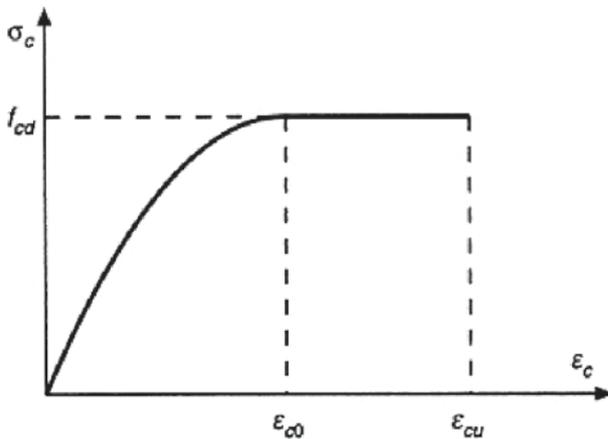


## REPORTAJES

algunos de los hormigones que se estaban utilizando en la práctica, principalmente en pilotes y pantallas.

Respecto a las propiedades mecánicas del hormigón se mantiene el diagrama parábola-rectángulo para la curva tensión-deformación del hormigón, aunque el valor de la resistencia de cálculo  $f_{cd}$  resulta igual a  $\alpha_{cc} \cdot (f_{ck}/\gamma_c)$ , donde  $\alpha_{cc}$  es un coeficiente que puede variar entre 0,85 y 1,00. Este cambio se ha adoptado para seguir las recomendaciones del Eurocódigo 2 tendentes a eliminar el factor de cansancio de 0,85, que tradicionalmente se había venido utilizando como limitador de la resistencia de los hormigones. También las deformaciones donde comienza la fluencia del hormigón,  $\epsilon_{co}$  y la deformación última,  $\epsilon_{cu}$ , tienen valores que dependen de la resistencia del hormigón, existiendo una separación en los 50 N/mm<sup>2</sup> de resistencia, aunque para los hormigones de resistencia menor o igual a 50 N/mm<sup>2</sup> se siguen manteniendo los valores tradicionales de 0,002 y 0,0035. En la Figura 1 puede verse el diagrama tensión-deformación de cálculo.

Consecuentemente también el diagrama de pivotes cambia para adaptarse a estos cambios de la curva tensión-deformación.



⇒ **Figura 1.-** Diagrama de cálculo parábola-rectángulo

### ACEROS PARA ARMADURAS PASIVAS

Se siguen definiendo como los productos de acero que pueden emplearse en la elaboración de armaduras pasivas las

- Barras rectas o rollos de acero corrugado soldable
- Alambres de acero corrugado o grafilado soldable
- Alambres lisos de acero soldable

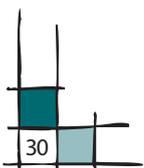
Estos últimos sólo pueden emplearse como elementos de conexión de las armaduras básicas electrosoldadas en celosía.

**"Se modifica el factor de cansancio de 0,85 aplicable a la máxima tensión en el diagrama tensión-deformación"**

En la Tabla 3 se recogen las propiedades de estos productos. Como principal novedad se hace una distinción en la exigencia del alargamiento total bajo carga máxima  $\epsilon_{m\acute{a}x}$  en el caso de los aceros corrugados, existiendo una mayor exigencia en el caso de aceros suministrados en rollo para tener en cuenta la posible pérdida de alargamiento durante la manipulación del material para conformar las armaduras.

Los aceros soldables con características especiales de ductilidad (B 400 SD y B 500 SD) deben cumplir, asimismo, los requisitos de la Tabla 4 con respecto al ensayo de fatiga según UNE EN ISO 15630-1 y la exigencia del ensayo de carga cíclica según la norma UNE 36065:2000 EX.

En cuanto a las condiciones de adherencia de la barra se sigue manteniendo el sistema tradicional de la EHE, de homologar la geometría del corrugado por el método del Anejo C de la UNE EN 10080 mediante el ensayo de la viga (véase Figura 2), verificando que la geometría cumple con unas tensiones mínimas de adherencia, y por lo tanto fijándola como límite. Este sistema tradicional permite también utilizar las longitudes de anclaje y solape tradicionales, que para los diámetros inferiores o iguales a 25 mm son inferiores a las que especifica la normativa europea. Para los aceros suministrados en rollo se exige una altura de corruga superior a 0,1 mm en el caso de diámetros superiores a 20 mm o superior a 0,05 mm en el resto de los casos.



**Tabla 3.-** Tipos de acero corrugado.

Tipo de acero		Alambre	Acero soldable		Acero soldable con características especiales de ductilidad	
Designación		B 500 T	B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Límite elástico, $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )		500	≥ 400	≥ 500	≥ 400	≥ 500
Carga unitaria de rotura, $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )		550	≥ 440	≥ 550	≥ 480	≥ 575
Alargamiento de rotura, $\epsilon_{u,5}$ (%)		8	≥ 14	≥ 12	≥ 20	≥ 16
Alargamiento total bajo carga máxima, $\epsilon_{máx}$ (%)	Acero suministrado en barra	-	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 7,5	≥ 7,5
	Acero suministrado en rollo	-	≥ 7,5	≥ 7,5	≥ 10,0	≥ 10,0
Relación $f_s / f_y$		1,03	≥ 1,05	≥ 1,05	$1,20 \leq f_s / f_y \leq 1,35$	$1,15 \leq f_s / f_y \leq 1,35$
Relación $f_y$ real / $f_y$ nominal		-	-	-	≤ 1,20	≤ 1,25

**Tabla 4.-** Especificación del ensayo de fatiga.

Características	B 400 SD	B 500 SD
Número de ciclos que debe soportar la probeta sin romperse	≥ 2 millones	
Tensión máxima, $\sigma_{máx} = 0,6 f_{y \text{ nominal}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	300
Amplitud, $2\sigma_a = \sigma_{máx} - \sigma_{mín}$ (N/mm <sup>2</sup> )	150	
Frecuencia, $f$ (Hz)	$1 \leq f \leq 200$	
Longitud libre entre mordazas, (mm)	≥ 14d (*) ≥ 140 mm	

(\*) d = diámetro nominal de barra, en mm

En cualquier caso, existe la posibilidad de utilizar el Eurocódigo en éste y otros aspectos, y por lo tanto emplear las longitudes de anclaje y solape del Eurocódigo cumpliendo simplemente una exigencia respecto al área proyectada de corrugas o grafilas, que se recoge en la Tabla 5. Este es un parámetro que mide la proyección del área de corrugas en un plano perpendicular al eje de la barra por unidad de longitud. Cuanto mayor es, más grande es el área transversal de superficie de corrugas que se opone al deslizamiento de la barra. También en este caso la exigencia es mayor para las armaduras suministradas en rollo, para tener en cuenta los efectos de elaboración de las armaduras.


**Figura 2.-** Ensayo de Beam-test.



## REPORTAJES

⇒ **Tabla 5.-** Área proyectada de corrugas o de grafilas.

Díámetro (mm)	≤ 6	8	10	12-16	20-40
$f_R$ o $f_p$ (mm), en el caso de barras	≥ 0,039	≥ 0,045	≥ 0,052	≥ 0,056	≥ 0,056
$f_R$ o $f_p$ (mm), en el caso de rollos	≥ 0,045	≥ 0,051	≥ 0,058	≥ 0,062	≥ 0,064

### ARMADURAS PASIVAS

Las armaduras pasivas se definen como el resultado de montar en el correspondiente molde o encofrado el conjunto de armaduras normalizadas, armaduras elaboradas o ferrallas armadas, que convenientemente solapadas y con los recubrimientos adecuados, tienen una función estructural. Hay dos tipos de armaduras contempladas en esta Instrucción:

- Armaduras normalizadas, compuestas por las mallas electrosoldadas y las armaduras básicas en celosía, las cuales tienen su norma propia de fabricación.
- Armaduras según Proyecto, elaboradas a partir de los planos preparados a tal efecto y que se deben de fabricar siguiendo las especificaciones del Artículo 69 "Procesos de elaboración, armado y montaje de las armaduras pasivas".

En la Tabla 6 se recogen las designaciones y características de las armaduras a utilizar, las cuales deben de llevar esa identificación en los suministros a obra. En los casos que corresponde, y como puede verse, se especifica un valor del alargamiento total bajo carga máxima que debe de cumplir ya la armadura elaborada.

Las armaduras quedan definidas por una designación que indica si se trata de mallas electrosoldadas, armaduras básicas en

celosía o armaduras según proyecto, e identifica el tipo de acero en ellas utilizado, para poder garantizar la trazabilidad en el caso de que en algunas unidades de armadura se hayan empleado aceros procedentes de distintos fabricantes, pero que en cualquier caso tienen que pertenecer a la misma categoría y calidad.

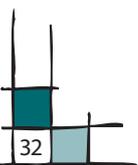
**"Las armaduras pasivas reciben un nuevo tratamiento. Por primera vez se designan en función de sus características"**

### ACEROS PARA ARMADURAS ACTIVAS

No existe prácticamente ningún cambio significativo en cuanto a los aceros para armaduras activas y a las propias armaduras activas en sí. Quizás el más destacado afecta a los elementos de los sistemas de anclaje, para los cuales se ha especificado un coeficiente de eficacia único e igual a 0,95 para todos los casos, sin existir la diferenciación anterior entre armaduras pretensadas y postesadas y una serie de especificaciones para las zonas de anclaje y los elementos de anclaje. ■

⇒ **Tabla 6.-** Tipos de acero y armaduras normalizadas a emplear para las armaduras pasivas.

Tipo de armadura	Armadura con acero de baja ductilidad	Armadura con acero soldable de ductilidad normal		Armadura con acero soldable y características especiales de ductilidad	
Designación	AP 500 T	AP 400 S	AP 500 S	AP 400 SD	AP 500 SD
Alargamiento total bajo carga máxima, $\epsilon_{max}$ (%)	-	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 7,5	≥ 7,5
Tipo de acero	-	B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Tipo de malla electrosoldada	ME 500 T	ME 400 S	ME 500 S	ME 400 SD	ME 500 SD
Tipo de armadura básicas electrosoldada en celosía	AB 500T	AB 400 S	AB 500 S	AB 400 SD	AB 500 SD





METIRE UT SCIAS

# INTEMAC

**INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES**

Una organización independiente de **control de calidad y asistencia técnica en la Construcción**, tanto en Edificación como en Obras Públicas, incluidos sus equipos e instalaciones anejas.



I

• CONTROL DE CALIDAD DE PROYECTOS

N

• CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES Y ELEMENTOS

T

• CONTROL DE CALIDAD DE EJECUCIÓN

E

• CONTROL PARA EL SEGURO DE DAÑOS (O.C.T.)

M

• PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN

A

• LABORATORIOS OFICIALMENTE ACREDITADOS

C

• CURSOS DE ESPECIALIZACIÓN

[www.intemac.es](http://www.intemac.es)



## REPORTAJES

# LA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08

# VERIFICACIÓN DEL REQUISITO DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL. EL MÉTODO DE LOS ESTADOS LÍMITE

**Luís Vega Catalán** - Jefe de la Unidad de Calidad en la Edificación. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Vocal en la Comisión Permanente del Hormigón.

**E**n la línea, ya consolidada en versiones anteriores y aceptada internacionalmente, la nueva Instrucción sigue adoptando como procedimiento para la verificación del requisito básico de seguridad estructural el conocido método de los Estados Límite, definidos como aquellas situaciones para las cuales, de ser superadas, puede considerarse que la estructura no cumple alguna de las funciones para las que ha sido proyectada. A los dos conjuntos de Estados Límite Últimos y de Servicio —correlacionados respectivamente con las exigencias de resistencia y estabilidad y de aptitud al servicio— definidos anteriormente, se suma, en la nueva versión, el Estado Límite de Durabilidad.

Sin entrar en profundidad en este nuevo Estado Límite es necesario resaltar que su inclusión posibilita la verificación de forma explícita de las exigencias de durabilidad, mediante un procedimiento de carácter semiprobabilista, determinando el tiempo necesario para que el agente agresivo produzca un ataque o degradación significativa, en base a los modelos de durabilidad correspondientes a los diferentes procesos de degradación, aportados en el Anejo 9.

De esta forma, se adopta para la verificación de la durabilidad de la estructura un procedimiento análogo al empleado para el resto de los Estados Límite, como alternativa al cum-

plimiento estricto de los criterios establecidos en el artículo 37.2.

En el marco del método de los Estados Límite, el cumplimiento de las exigencias estructurales se sigue realizando mediante la utilización del formato de los coeficientes parciales, considerando los valores de cálculo de las variables tanto para la determinación del efecto de las acciones, como de la respuesta estructural.

Conviene recordar que la consideración de los diferentes Estados Límite debe realizarse para las diferentes situaciones de proyecto, debiendo tenerse en cuenta todas aquellas situaciones que se producen durante la ejecución de la estructura. Esto es especialmente relevante si tenemos en cuenta que la nueva Instrucción incluye de forma expresa las estructuras prefabricadas de hormigón, y en particular los forjados de edificación (incluidos en la anterior EFHE), estructuras evolutivas, en las cuales estas situaciones, de carácter transitorio, pueden resultar especialmente relevantes cuando se realiza la verificación de los Estados Límite (especialmente los de Servicio: fisuración o deformaciones).

**LUÍS VEGA CATALÁN**

Arquitecto por la Universidad Politécnica de Madrid. Su actividad profesional se ha centrado en el campo de las estructuras, particularmente en hormigón estructural, con especial dedicación a la prefabricación y comportamiento frente al fuego.



El autor combina su labor como Jefe de la Unidad de Calidad en la Construcción del IETcc, con la de profesor asociado del Departamento de Estructuras de la Edificación de la E.T.S. de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. Vega es, además, profesor del Máster en Ingeniería de Seguridad contra Incendios de la Universidad Alfonso X el Sabio y del Máster de Calidad en la Construcción, Control y Dirección Técnica en la Edificación (MC2), organizado por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.

Vocal de la Comisión Permanente del Hormigón por el Ministerio de Ciencia e Innovación y miembro de la ponencia encargada de la redacción de la Instrucción EHE-08, forma parte a su vez de las Comisiones 2 y 4 de la Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE).

El autor ha sido adjunto a la Dirección y coordinador de las Unidades creadas en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja para el asesoramiento técnico al Ministerio de Vivienda para el desarrollo del Código Técnico de la Edificación. Ha participado en la elaboración de la normativa europea como coordinador del Grupo GT-5 de "Resistencia al fuego de estructuras de hormigón" del subcomité español SC-2, Eurocódigo 2, del que es también miembro, y como experto de contacto español en el *project team* del Eurocódigo 2, parte 1-2 "Resistencia al fuego de estructuras de hormigón".

**CÁLCULOS RELATIVOS A LOS ESTADOS LÍMITE****Estados Límite Últimos**

Si bien los criterios y modelos establecidos en la Instrucción anterior en relación con la verificación de los Estados Límite Últimos estaban claramente consolidados, y por tanto las posibilidades de grandes cambios conceptuales era muy limitada, la nueva versión de la Instrucción introduce una serie de modificaciones que deben ser destacadas y que se enuncian a continuación.

- La ampliación del ámbito de aplicación de la Instrucción en lo referente a hormigones, con la

inclusión de los HAP (hormigones de altas prestaciones) con resistencias características de hasta 100 N/mm<sup>2</sup>, ha obligado a reconsiderar un buen número de expresiones, ya que el comportamiento mecánico de los mismos difiere sensiblemente del de los hormigones convencionales. Esto ha derivado en muchas ocasiones al desdoblamiento de las expresiones, diferenciando los hormigones convencionales, para los cuales las modificaciones son escasas, frente a los HAP.

- El tratamiento de los Estados Límite de Agotamiento por tensiones tangenciales, tanto cortante como rasante, ha experimentado un notable avance respecto de la versión ante-



## REPORTAJES

rior. En el primero de ambos, el Estado Límite de Agotamiento por cortante, la situación de partida era especialmente compleja, ya que como es bien sabido el tratamiento dado por las Instrucciones EHE y EFHE a esta cuestión era sobre todo en forjados con elementos resistentes pretensados sin armadura de corte.

En el segundo, el Estado Límite de Agotamiento por rasante, se ha introducido una formulación más acorde con el comportamiento físico real en las uniones solicitadas a rasante. La nueva formulación supone un alejamiento respecto del Eurocódigo estructural de hormigón (UNE EN 1992-1).

- La inclusión de aspectos específicos de forjados, como el cortante en junta en forjados de losas alveolares o el punzonamiento en dichos forjados sin losa superior hormigonada en obra, que anteriormente estaban ubicados en la Instrucción EFHE.

No obstante, al margen de lo indicado anteriormente, debe matizarse que si bien las modificaciones de gran envergadura han sido limitadas, se han introducido un elevado número de cambios, de mayor o menor envergadura, cuyo objetivo es, fundamentalmente, aclarar, corregir o actualizar, según los casos, los contenidos de la anterior Instrucción y, en definitiva, facilitar la labor del proyectista.

A continuación se comentan aquellos aspectos, que a juicio de la ponencia, son más relevantes. No constituye, pues, una relación exhaustiva, sino una pequeño listado de algunos aspectos puntuales que pueden servir de muestra. Algunos Estados Límite, como el de estabilidad, siquiera serán mencionados, ya que no presentan novedades.

### Estado Límite de Agotamiento frente a solicitaciones normales

En lo relativo al diagrama de pivotes, donde se definen los diferentes dominios de deformación de la sección, los puntos de pivote del hormigón, los correspondientes a la deformación de rotura por flexión del hormigón  $\epsilon_{cu}$  y la deformación de rotura por compresión del hormigón  $\epsilon_{c0}$ , no tienen ya un valor fijo como en la anterior Instrucción (3,5‰ y 2‰, respectivamente)

**"Los cambios introducidos tratan de aclarar, corregir o actualizar los contenidos de la anterior Instrucción y facilitar la labor del proyectista"**

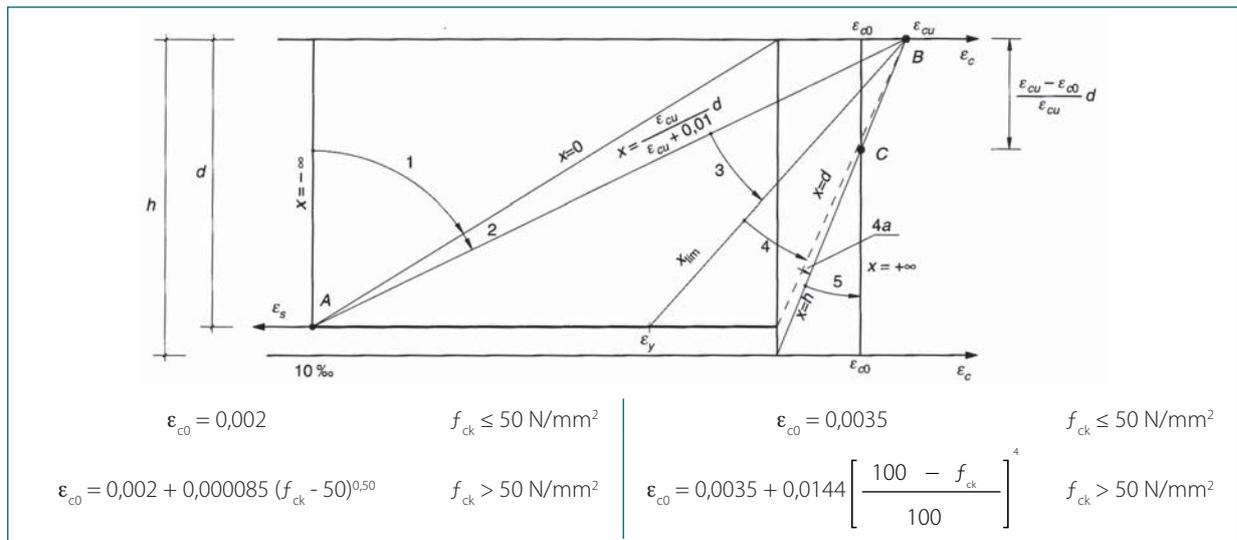


Figura 1.- Diagrama de pivotes.



Figura 2.

sino que, lógicamente, dependen de la resistencia a compresión del hormigón considerado, manteniéndose los valores anteriores para hormigones con  $f_{ck}$  menor o igual a  $50 \text{ N/mm}^2$ , debiendo modificarse para hormigones de resistencia superior de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 8.

Sobre los pilares de hormigón de alta resistencia ( $f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$ ) sometidos a compresión centrada, los estudios experimentales realizados han puesto de manifiesto las notables diferencias de comportamiento resistente respecto de la que se obtendría teóricamente a partir de los diagramas de interacción para hormigones convencionales (diferencia más acusada cuanto mayor es la resistencia del hormigón), así como la habitual pérdida de recubrimiento para deformaciones menores a la deformación última del hormigón. Una vez salta el

recubrimiento, si el hormigón está confinado, se activan las tensiones de confinamiento lo que se tiene en cuenta en la formulación específica introducida en los comentarios del artículo 42.2.2., según la cual como axil último resistido puede tomarse el mayor de dos valores, de los cuales la segunda expresión contempla solo el área neta del núcleo de hormigón confinado por los cercos, mientras la primera se refiere al área total de la sección.

## "Se reducen y ajustan las cuantías de armado en muros"

En cuanto a la cuantía mecánica mínima —que como es sabido se establece para evitar la rotura frágil del elemento cuando se produce la transferencia brusca de tensiones al acero una vez que el hormigón se fisura— la formulación pasa a establecerse en función de la resistencia media a flexotracción del hormigón (o a tracción, según corresponda), y no de la resistencia a compresión,



## REPORTAJES

como se expresaba anteriormente. Este cambio era especialmente necesario, además de por coherencia con el fenómeno físico, porque en los HAP la relación entre la resistencia a tracción y la resistencia a compresión es sensiblemente inferior a la de los hormigones convencionales. Además, la expresión de la resistencia media a flexotracción del hormigón tiene en cuenta el efecto tamaño.

### "Los mayores cambios se producen en el Estado Límite de Agotamiento frente a cortante"

En relación a las cuantías geométricas mínimas se han incorporado los forjados unidireccionales, incluidos anteriormente en la Instrucción EFHE, sin operarse cambios con respecto a aquella Instrucción.

En el caso de muros se han introducido dos novedades significativas. Por un lado, en muros de más de 5 m de altura, se permite una reducción de la cuantía de armadura horizontal consignada en la tabla hasta un 2% a partir de los 2,5 m de altura del fuste. Por otro, en el caso de muros con espesores superiores a 50 cm se considerará que el área efectiva es como máximo de 50 cm distribuidos en ambas caras, ignorando la parte central. Ambas modificaciones, permitirán ajustar mejor las cuantías en muros de grandes dimensiones.

#### Estado Límite de Inestabilidad

En el apartado relativo al Estado Límite Último de Inestabilidad, debe consignarse la modificación de la condición para poder

considerar una estructura aporticada como claramente intraslacional, adaptándola a la formulación del Eurocódigo. La expresión incluida en la nueva Instrucción tiene en cuenta si se ha producido o no la fisuración de los arriostramientos en Estado Límite Último, mediante un coeficiente  $k_1$ , cuyo valor se reduce a la mitad en el primero de ambos casos respecto del segundo. En la Figura 3 se muestra la incidencia de este cambio, respecto de la anterior Instrucción.

También experimenta una modificación importante el valor de esbeltez límite fijado a partir del cual, en soportes aislados, pueden despreciarse los efectos de segundo orden. Dicha esbeltez límite inferior, que esta asociada a una pérdida de capacidad portante del soporte del 10% respecto de un soporte no esbelto, no tiene ya un valor fijo de 35, sino que se aproxima mediante una expresión que depende del axil adimensional y de las excentricidades de primer orden en los extremos del pilar, así como de un coeficiente dependiente de la disposición de las armaduras. Para pequeñas excentricidades y/o axil reducido los valores que se obtienen son inferiores a 35, lo que permitirá en muchos casos habituales de edificación prescindir en el cálculo de los efectos de segundo orden.

Asimismo, en los comentarios, se incluye una expresión que permite un mayor ajuste, "siempre que se conozca la cuantía mecánica de la armadura y la disposición de la misma en la sección del soporte, caso habitual en soportes de edificación".

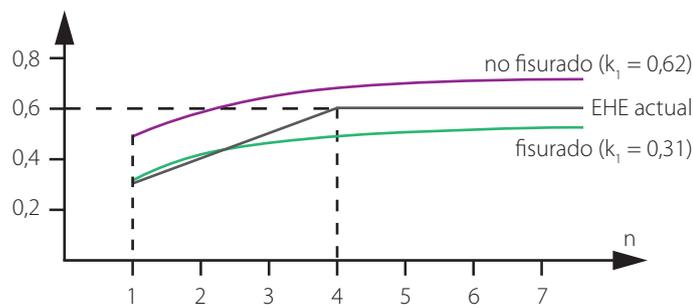


Figura 3.- Comparación de los criterios de intraslacionalidad de las Instrucciones EHE y EHE-08.

### Estado Límite de Agotamiento frente a cortante

Como se ha indicado anteriormente, la mayor parte de los cambios se han concentrado en este apartado, así como en el de rasante. Era necesario encontrar la forma de enmarcar dentro de una formulación única y general los diferentes elementos estructurales (vigas, pilares y forjados; piezas simples y compuestas; piezas armadas y pretensadas) y las diferentes situaciones que pueden darse (regiones con y sin fisuración por flexión). Además, se han corregido errores o inexactitudes, se han actualizado los métodos y se ha adaptado la formulación a los hormigones de altas prestaciones. A continuación daremos un barrido general por los diferentes casos.

#### Agotamiento por compresión oblicua del alma

Se recuerda que el Estado Límite de Agotamiento por esfuerzo cortante se puede alcanzar, ya sea por agotarse la resistencia a compresión del alma, o por agotarse su resistencia a tracción.

En cuanto al cortante de agotamiento por compresión en el alma, la expresión que permite su cálculo se ha adaptado a los HAP modificando la capacidad resistente de las bielas en función de la resistencia a compresión del hormigón.

También se ha modificado el coeficiente K, cuya formulación depende del esfuerzo axial actuante o, siendo más precisos, de la tensión efectiva del hormigón, que se determina teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras comprimidas. Anteriormente la formulación era única aunque función de la tensión axial efectiva en la sección.

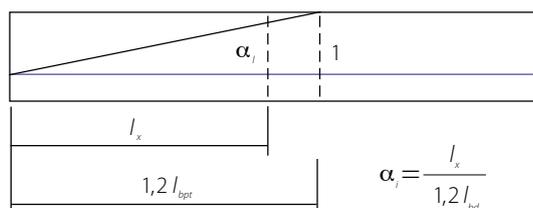


Figura 4.- Variación del coeficiente  $\alpha_i$  para tendones pretensados.

#### Agotamiento por tracción en el alma

En este apartado diferenciaremos, lógicamente, entre los distintos casos que pueden darse, secciones con y sin armadura de corte y en estas últimas regiones fisurada y no fisuradas.

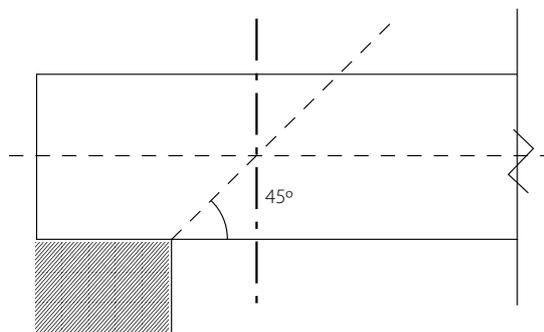


Figura 5.- Sección de comprobación del agotamiento por tracción del alma.

#### • Piezas sin armadura de cortante en regiones no fisuradas ( $M_d \leq M_{R5,d}$ )

En estos casos la capacidad a cortante se rige por la expresión siguiente basada en el círculo de Mohr, ya que no se ha producido fisuración en la sección. Dicha formulación ya estaba incluida en la Instrucción EFHE para losas alveolares pretensadas en regiones no fisuradas, pero, obviamente, se ha generalizado para piezas sin armadura de corte en regiones no fisuradas. No obstante, se ha introducido una modificación importante, que si bien podría considerarse incluida implícitamente en la formulación anterior, su no inclusión explícita estaba siendo mal interpretada. Dicha modificación es la inclusión del coeficiente  $\alpha_i$ , que tiene en cuenta la fuerza de pretensado que se ha desarrollado por transferencia en la sección de estudio.

Otro aspecto relevante es cuál debe ser la sección donde realizar esta comprobación, que no es, como en el caso de piezas fisuradas, a un canto útil de la sección de apoyo, sino en una sección situada a una distancia del borde del apoyo que se corresponde con la intersección del eje longitudinal que pasa por el centro de gravedad de la sección con una línea a 45° que parte del borde del apoyo.

Es muy importante observar que se trata de una comprobación tensional, por lo que es necesario realizar



## REPORTAJES

correctamente el análisis de las diferentes fases en estructuras evolutivas (como los forjados de losas) para determinar si la sección se ha fisurado en alguna de dichas fases, lo que reduciría considerablemente su capacidad a flexión.

En el caso particular de los forjados unidireccionales compuestos por vigueta prefabricada pretensada y hormigón *in situ* formando el resto del nervio y la cabeza de compresión, aunque la vigueta sí está comprimida por el pretensado, el alma no lo está, o en todo caso la compresión es muy reducida y se transmite en el tiempo por fluencia. Por ello, como cortante último resistido se considerará el mayor de los obtenidos mediante la formulación introducida anteriormente, considerando la vigueta pretensada sola, o aplicando la comprobación a cortante correspondiente a secciones fisuradas, aunque con los criterios que para este tipo de forjados allí se establecen.

### • Piezas sin armadura de cortante en regiones fisuradas a flexión ( $M_d > M_{ns,d}$ )

En cuanto al agotamiento por tracción en el alma en regiones fisuradas a flexión, la formulación es similar a la existente pero con algunas pequeñas modificaciones. El factor 0,12 de la anterior Instrucción se sustituye por el cociente  $0,18/\gamma_c$ , que explicita el coeficiente parcial de seguridad del hormigón, contemplándose así el hecho de los diferentes  $\gamma_c$  que pueden utilizarse en función del control. El cortante efectivo en el hormigón, incluido en la formulación, tiene en consideración la posibilidad de control indirecto del hormigón.

Asimismo, e igual que en el caso anterior, se indica que debe tenerse en cuenta la tensión de pretensado que realmente exista en la sección de comprobación.

Se ha corregido el valor de la cuantía geométrica de la armadura principal de tracción, eliminando el factor que ponderaba incorrectamente el área de la armadura activa (cociente entre límites elásticos de armadura pasiva y activa).

Además, análogamente a lo hecho en el Eurocódigo y para corregir la incoherencia de la Instrucción anterior que, contrariamente a lo constatado experimentalmente, no asignaba un valor mínimo de resistencia a cortante para piezas no armadas, se adopta un valor mínimo de resistencia a cortante que es independiente de la cuantía de armadura.

En el caso de forjados con vigueta pretensada prefabricada, el cortante de agotamiento por tracción en el alma será el menor de los valores obtenidos considerando por una parte el ancho mínimo del nervio pretensado y por otra el menor ancho del hormigón vertido en obra por encima de la vigueta. Para ambas comprobaciones se indican explícitamente los valores de  $f_{ck}$ ,  $\sigma'_{cd}$  y  $\rho_1$ .

### • Piezas con armadura de cortante

Las modificaciones introducidas (cortante efectivo, coeficiente  $\alpha_1$  o el coeficiente  $\gamma_c$ ) han sido ya comentadas al referirnos a las piezas sin armadura de corte en regiones fisuradas.

Y en lo relativo al cálculo del ángulo de referencia de inclinación de las fisuras se mantiene el método simplificado de la Instrucción EHE anterior y se introduce un método general basado en la teoría modificada del campo de compresiones.

En cuanto a las disposiciones relativas a las armaduras transversales se permiten separaciones longitudinales mayores, lo que implica una reducción considerable de armadura de corte. Se introduce también, pensando fundamentalmente en las vigas planas tan habituales en edificación, una distancia máxima para la separación transversal entre ramas de armaduras, concretamente un canto útil o 500 mm (el menor de ambos). Por último, se adapta la expresión de la cuantía mínima, que ahora se hace depender de la resistencia a tracción del hormigón.



Rasante entre alas y alma de una viga

En el caso de rasante entre alas y alma combinado con flexión transversal, se modifica el criterio anterior estableciéndose que se calcularán las armaduras necesarias por ambos conceptos y se dispondrá la suma de ambas, pudiéndose reducir la armadura de rasante teniendo en cuenta la compresión debida a la flexión transversal. De forma simplificada, podrá disponerse la armadura de tracción debida a la flexión transversal complementada por la armadura suficiente para cubrir la necesaria por esfuerzo rasante.

**Estado Límite de Agotamiento por torsión en elementos lineales**

En cuanto al E.L.U. de Agotamiento por torsión, se adoptan los mismos valores de  $K$  y  $f_{1cd}$  que los considerados, y ya comentados, para el cálculo del cortante de agotamiento por compresión en el alma. En cuanto a la disposición de armaduras, se sigue el mismo criterio que el adoptado en cortante, permitiéndose separaciones longitudinales mayores lo que implica una reducción considerable de armadura de corte.

**Estado Límite de Agotamiento frente a punzonamiento**

La superficie o área crítica se define a una distancia igual a  $2d$  desde el perímetro del área cargada o del soporte, siendo  $d$  el canto útil de la losa, calculado como la semisuma de los cantos útiles correspondientes a las armaduras en dos direcciones ortogonales. El área crítica se calcula como producto del perímetro crítico  $u_1$  por el canto útil  $d$ . La determinación del perímetro crítico  $u_1$  se realiza según las figuras incluidas en el articulado (ver Figura 6).

En la tensión máxima resistente se incorpora la contribución de la tensión axial media en la superficie de comprobación y se establecen limitaciones, tanto para la cuantía geométrica de la armadura principal de tracción de la losa, que queda limitada al 2%, como el factor  $\xi$  que queda limitado a 2.

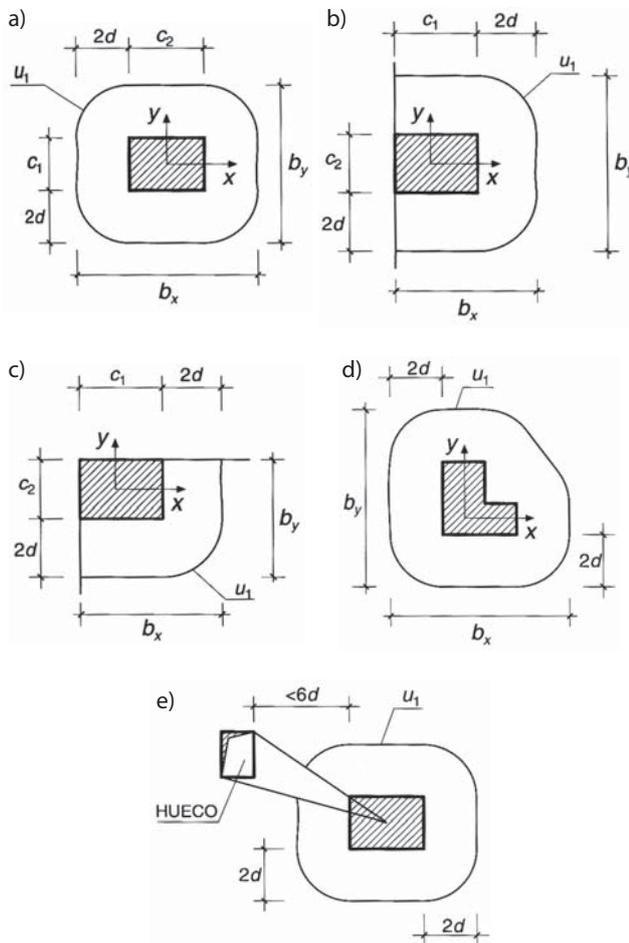


Figura 6.- Perímetro crítico: a) soportes interiores, b) soportes de borde, c) soportes de esquina, d) otros soportes, e) existencia de aberturas, huecos o aligeramientos en las proximidades del soporte.

**Estado Límite de Agotamiento por esfuerzo rasante en juntas entre hormigones**

La anterior Instrucción, con criterio análogo al Eurocódigo, establecía una expresión aditiva donde se sumaban las contribuciones de diferentes mecanismos de respuesta a esfuerzo rasante que realmente no se pueden producir físicamente, al menos con su valor máximo, como son la resistencia por adhesión, la resistencia de las llaves de cortante y la resistencia por cortante-fricción, estas dos últimas en piezas con armadura transversal a la junta. La nueva Instrucción discrimina para piezas con armadura transversal, en función del valor de la tensión rasante que solicita la junta, los mecanismos actuantes, graduando su capacidad resistente en función de dicho nivel de tensión.



## REPORTAJES

En secciones con armadura transversal la formulación varía en función del nivel de tensión rasante de cálculo actuante en la junta.

Para tensión rasante de cálculo

$$\tau_{r,cd} \leq 2,5 \beta \left( 1,30 - 0,30 \frac{f_{ck}}{25} \right) f_{ctd}$$

la tensión rasante de agotamiento contempla los mecanismos de llaves de corte y corte-fricción, mientras que para valores superiores de tensión rasante de cálculo, la expresión solo contempla el mecanismo de corte-fricción. Obviamente, los valores  $\beta$  y  $\mu$ , varían en función del tipo de superficie y del nivel de tensión.

### ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

En lo relativo a los Estados Límite de Servicio, los cambios de mayor importancia se producen en el apartado de deformaciones, debido fundamentalmente a la inclusión de los contenidos de la Instrucción EFHE dentro de la nueva Instrucción EHE-08.

Como se hizo en los E.L.U., en este apartado se indican aquellos cambios que se consideran más relevantes. Por supuesto, este barrido no es completo y debe entenderse como una aproximación inicial.

***"Los cambios más significativos en E.L.S. se producen en el apartado de las deformaciones como consecuencia de la inclusión de los contenidos de EFHE"***

#### Estado Límite de fisuración

En lo relativo al cálculo del ancho de fisura, podrían destacarse la aclaración relativa a los elementos hormigonados contra el terreno en los que, según se indica en el articulado, podrá adoptarse como valor de recubrimiento para el cálculo, el valor nominal del recubrimiento correspondiente a su clase de exposición, en lugar del real que, por consideraciones constructivas, en muchos casos suele ser mayor.

En lo relativo a la limitación del ancho de fisura conviene, asimismo, recordar que de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.1.1.2, la limitación del ancho de fisura a 0,1 mm en los ambientes por ataque químico "Q", sólo se aplica para aquellos casos que afecten a la corrosión de armaduras, no al hormigón.

Por último, en lo relativo a la limitación de fisuración por esfuerzo cortante o torsión, debe indicarse que se han eliminado las separaciones máximas entre estribos establecidas en la anterior Instrucción, por considerarse esta limitación implícita en las de los artículos 44 y 45 (E.L.U. frente a cortante y torsión, respectivamente). De hecho, esta consideración ya figuraba en los comentarios de la anterior Instrucción, donde se afirmaba que si se cumplían las indicaciones del articulado relativas a ambos Estados Límite, el control de fisuración en servicio estaba asegurado sin comprobaciones adicionales.

Los aspectos específicos relativos a la comprobación de la fisuración en forjados unidireccionales compuestos por elementos prefabricados y hormigón vertido en obra se recogen en el Anejo 8. Como es sabido, para estos forjados deben considerarse en el cálculo de tensiones las distintas fases que experimentan estos elementos estructurales, tanto en las cargas actuantes como en las condiciones de apoyo y secciones resistentes, lo que obliga a realizar un análisis por fases. No obstante, y a falta de otros criterios, puede seguirse, simplificada, el procedimiento que se incluye en el punto 3 del citado anejo.

#### Estado Límite de deformación

##### Cantos mínimos

Se incluye una tabla de cantos mínimos para vigas y losas de edificación que exige de la comprobación explícita de deformación, análoga a la de la anterior Instrucción, en la cual se han modificado ligeramente algunos de los valores de esbeltez límite. Se introduce un criterio para poder utilizar la tabla en el caso de vigas o losas aligeradas en T, en las que la relación entre la an-



chura del ala y del alma sea superior a 3, que consiste en multiplicar por 0,8 las esbelteces  $L/d$  de la tabla. En los comentarios se proporciona una expresión matemática para obtenerla en un caso general.

También se incluye, para forjados de viguetas y bovedillas con  $L < 7$  m y para forjados de losas alveolares pretensadas de  $L < 12$  m y sobrecargas no mayores que  $4 \text{ kN/m}^2$  la tabla de esbelteces límite incluida en la Instrucción EFHE, para no tener que comprobar la flecha.

#### Cálculo de la flecha

Para el cálculo de flechas instantáneas en elementos fisurados de sección constante, y a falta de métodos más rigurosos, se podrá usar, en cada etapa de la construcción, el método simplificado, ya incluido en Instrucciones anteriores, basado en la conocida fórmula de Branson.

Dicha fórmula permite calcular la inercia fisurada en una sección sometida a un determinado momento. No obstante, como obviamente el momento varía a lo largo de la pieza también varía el nivel de fisuración de las diferentes secciones. En rigor, pues, se debería ponderar el peso de cada sección para obtener un valor de inercia aplicable a la pieza, que es lo que hace la nueva Instrucción (recuperando el criterio de las anteriores EH y EP) estableciendo una sección de referencia promediada para vigas continuas (la antigua Instrucción con-



Figura 7.- (Foto cortesía de AIDEPLA)

sideraba para estas vigas como sección de referencia la central, igual que para vigas biapoyadas).

En cuanto al cálculo de la flecha diferida, si bien se mantiene el método simplificado de la anterior Instrucción, para hormigones de altas prestaciones se recomienda otro (incluido en comentarios), también sencillo, que tiene explícitos los valores de la fluencia y de la retracción.

Igual que en el caso anterior, los aspectos específicos relativos al cálculo simplificado de flechas instantáneas en piezas pretensadas o construidas por fases se encuentran en el Anejo 8, donde se recoge la misma expresión (fórmula de Branson), pero con algunos matices que tienen en cuenta el hecho de que la sección puede estar pretensada o el efecto de las diferentes fases de construcción inherentes a este tipo de elementos constructivos.

Por último, citar que en los comentarios se indica que en puentes de luces importantes, en los que las deformaciones instantáneas y diferidas pueden afectar la apariencia o funcionalidad, se definirá una contraflecha tal que las diferencias entre la rasante teórica y las estimadas a corto y a largo plazo queden dentro de unos márgenes reducidos. Si se utilizan elementos prefabricados en los que el estado tensional inicial puede conducir a fuertes flechas ascendentes, deben estimarse las contraflechas para cuantificar las diferencias del espesor de losa entre la sección apoyo y la sección de vano en el momento de hormigonado de la misma.

#### **Estado Límite de vibraciones**

Lo más relevante es la inclusión en comentarios de un criterio que permite suponer que en puentes y pasarelas no se producen condiciones de incomodidad para peatones y ciclistas debido a vibraciones. Concretamente esto es así si la aceleración vertical de cualquier parte del tablero no excede de  $0,5 \cdot (f_0)^2$ , siendo  $f_0$  la frecuencia de primer modo de flexión vertical del tablero. La información se completa con condiciones relativas a la flecha estática que permiten soslayar el cálculo de la aceleración máxima para pasarelas peatonales y puentes con zonas transitables. ■



## REPORTAJES

# LA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08

# ELEMENTOS ESTRUCTURALES

**Eva Oller Ibars** - Dra. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Cataluña.

**E**n esta nueva Instrucción del Hormigón Estructural, se ha mantenido el mismo tratamiento para los elementos estructurales que en versiones anteriores. Aunque los elementos estructurales se encuentran reflejados en toda la Instrucción de forma general, históricamente se les ha dedicado siempre un capítulo entero donde se tratan los aspectos específicos de los más habituales. Este capítulo se sigue conservando en esta nueva versión con objeto de proporcionar al usuario una guía que facilite la aplicación de la EHE a la hora de proyectar.

Para ello, el capítulo mantiene su función básica de redireccionar hacia el resto de la Instrucción, indicando para cada elemento cuáles son los aspectos a considerar para el proyecto y dimensionamiento, y cuáles son los artículos a utilizar. Por ejemplo, para un elemento viga se indican cuáles son las comprobaciones a realizar siguiendo el método de los Estados Límite y en qué artículos se encuentran reflejadas dichas comprobaciones.

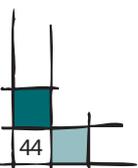
Además, en este capítulo se particularizan aspectos propios de los distintos elementos estructurales, tales como aspectos esenciales a considerar en su proyecto, modelos de bielas y tirantes, disposiciones de armaduras, conexiones y otro tipo de detalles.

Pese a seguir con la misma filosofía de las anteriores Instrucciones, en la EHE-08 el tratamiento de los elementos estructurales tiene un ámbito de aplicación más amplio y abarca un mayor número de tipos estructurales en relación a la anterior Instrucción EHE-98. Además se han realizado mejoras y correcciones y se ha puesto al día de acuerdo con el estado actual del conocimiento.

En cuanto a las novedades relativas a los elementos estructurales se han incorporado las estructuras construidas con elementos prefabricados, en particular los forjados unidireccionales con elementos prefabricados, es decir, los forjados de viguetas prefabricadas y los forjados de losas alveolares. Hasta el momento, estos forjados se regían por la *"Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados (EFHE)"*. La incorporación de estos forjados se ha llevado a cabo dando un tratamiento único en temas de cálculo (redistribución de esfuerzos, Estados Límite Último y de Servicio). En general, se ha procurado unificar las formulaciones con el resto de elementos excepto para ciertos casos particulares, tal y como se indica en el articulado.

***"El tratamiento de los elementos estructurales es más amplio y abarca mayor número de ellos"***

Hasta ahora, los forjados unidireccionales hormigonados *in situ* con armadura básica en celosía se encontraban fuera de la normativa, puesto que no cumplían las condiciones para regirse por la Instrucción EFHE. Este tipo de forjados se han incorporado en esta nueva versión de la Instrucción.



# Especial EHE-08

## Instrucción de Hormigón Estructural

### EVA OLLER IBARS

Doctora en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Cataluña, combina su labor profesional como ingeniero de proyectos en la empresa TEC-CUATRO, S.A. Ingenieros Consultores, con la de profesora asociada en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (UPC).



Desde enero de 2004 ha colaborado con el Coordinador de los Grupos de Trabajo de la Comisión Permanente del Hormigón, Antonio R. Marí Bernat, en la redacción de la nueva Instrucción del Hormigón Estructural EHE-08. Actualmente es miembro de la Ponencia de la nueva Instrucción EHE-08.

Por último, se incluyen los elementos estructurales para puentes, ausentes en versiones anteriores de la Instrucción.

En cuanto a la definición y comprensión de detalles, la nueva Instrucción EHE-08 continúa la línea de su versión anterior. Los detalles de los elementos estructurales resultan en muchos casos esenciales para el buen comportamiento de la estructura, pudiendo ocasionar problemas si no están bien resueltos. La EHE-98 colaboró a su mejor comprensión mediante la introducción de modelos para obtener el armado utilizando el método de bielas y tirantes, que se incluía por primera vez de forma explícita. Esta nueva Instrucción mantiene en el articulado prácticamente todos los modelos de bielas y tirantes recogidos en la anterior versión, puesto que se consideran de gran utilidad.

### ELEMENTOS PREFABRICADOS

#### Consideraciones generales

La incorporación de la prefabricación en la nueva Instrucción EHE viene motivada por el auge que ha experimentado esta técnica en los últimos años. La prefabricación supone una industrialización del sector de la construcción. Este proceso de industrialización ha venido motivado por el crecimiento que ha tenido este sector, y en especial la edificación, en los últimos años.

Como consecuencia, se han desarrollado, recientemente, nuevos conceptos, procesos y productos que han permitido que el prefabricado sea más competitivo frente a otras soluciones tradicionales, en un mercado cada vez más globalizado. Pese que a nivel de proyecto resulta más frecuente el proyecto de estructuras *in situ* que el proyecto con elementos prefabricados (salvo casos muy habituales en la práctica como son los forjados de viguetas o de losas alveolares) esta tendencia ha ido cambiando en los últimos años. Por estos motivos, en la nueva Instrucción EHE se pretende introducir la realidad de la prefabricación.

En general, el elemento prefabricado presenta mejores prestaciones técnicas, económicas y estéticas. La producción sistemática en taller permite un control mayor de la dosificación, los materiales, la geometría, la fuerza de pretensado y la ejecución, que se traduce en un producto de mayor calidad. A nivel de ejecución, las ventajas son numerosas puesto que permiten reducir plazos, costes y riesgos laborales, además de minimizar los imprevistos. Se consigue disminuir la interacción con el entorno y cierta independencia de las condiciones climáticas adversas. Sin embargo, en contraste con estas numerosas ventajas, las estructuras con elementos prefabricados tienen como dificultad la consecución del monolitismo, que *a priori* es más difícil de lograr que en estructuras hormigonadas *in situ*. Las estructuras formadas por elementos prefabricados están constituidas por una serie de piezas independientes que se tienen que unir en obra. Estas uniones se deben proyectar de forma adecuada para conseguir el monolitismo y la continuidad estructural.



## REPORTAJES

La nueva Instrucción pretende tener en cuenta los puntos críticos del proyecto con elementos prefabricados sin olvidar que resulta imposible recoger toda la casuística y todos los detalles relacionados con este tipo de elementos. La Instrucción EHE-08 no pretende ser una norma de producto si no recoger todos los aspectos más importantes relacionados con esta técnica.

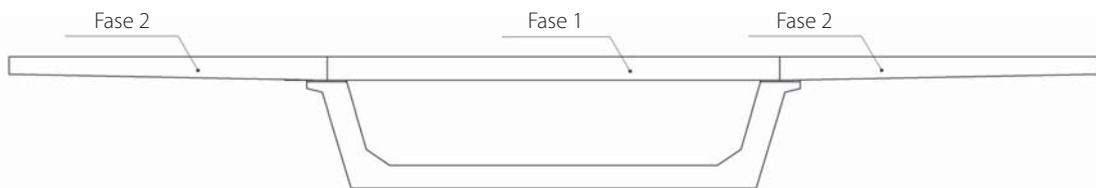
En el análisis estructural de estructuras constituidas por elementos prefabricados en general se deben considerar varios aspectos. En primer lugar, hay que tener en cuenta las diferentes fases constructivas. Este tipo de estructuras tienen un carácter evolutivo a lo largo del proceso constructivo. Por un lado, se puede producir una evolución de la sección transversal, pasando de una configuración simple (elemento prefabricado) a una configuración compuesta formada por la pieza simple y una losa de compresión *in situ* hormigonada *a posteriori* (ver Figura 1). Por otro lado, el esquema longitudinal también puede evolucionar a lo largo del proceso de construcción. A modo de ejemplo, una viga prefabricada de un tablero de un puente puede pasar de una configuración biapoyada durante el acopio de la pieza o durante su izado, a una configuración continua cuando esa viga se conecta a dos vigas adyacentes (ver Figura 2). La evolución del esquema longitudinal está también ligada a una posible modificación del sistema de apoyos, en caso que se empleen apeos provisionales. Durante las diferentes fases consideradas en el proceso constructivo se puede producir una modificación de las acciones en cada etapa de construcción. Además, se debe tener presente que las propiedades del hormigón evolucionan con el tiempo.

Este carácter evolutivo implica la consideración, en el análisis de esfuerzos y en las comprobaciones de los estados límite, de las situaciones transitorias, entendiéndose por tales el desmoldeo de los elementos prefabricados, su manipulación y transporte hasta el acopio y su acopio, además del transporte hasta la obra, colocación y conexión al resto de elementos.

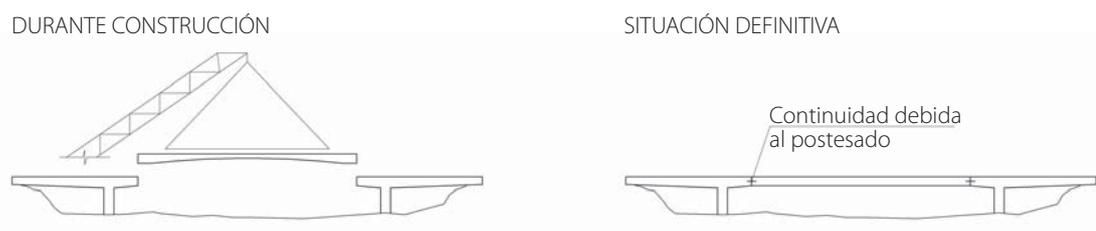
## “Se incorporan las estructuras constituidas por elementos prefabricados”

La tecnología de las uniones de elementos prefabricados se basa en el desarrollo de detalles que resultan claves para conseguir una correcta transmisión de los esfuerzos entre unas piezas a otras. Se deben proyectar detalles de uniones y nudos que garanticen además del monolitismo comentado anteriormente, la ductilidad y la estabilidad del apoyo de los elementos.

Para garantizar un buen comportamiento resistente de la estructura, los materiales de conexión deben resistir las acciones de proyecto y deben ser capaces de acomodarse a los movimientos y deformaciones previstos.



⇒ **Figura 1.-** Evolución de la sección transversal de un tablero constituido por una viga artesa prefabricada.



⇒ **Figura 2.-** Evolución de la sección longitudinal de un puente formado por vigas prefabricadas.

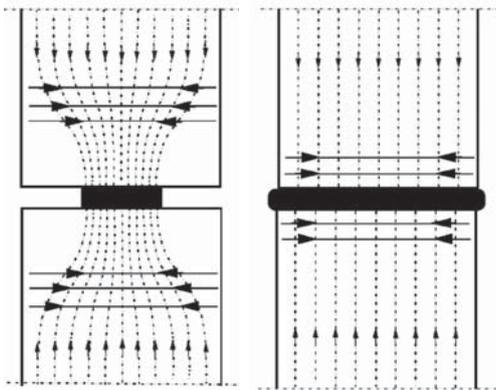


Figura 3.- Efectos de cargas concentradas y expansión de materiales blandos en conexiones a compresión.

En relación al tipo de conexiones y, en concreto, a las conexiones más habituales que son las sujetas a esfuerzos de compresión, la Instrucción recomienda disponer de materiales de apoyo tales como mortero, hormigón o polímeros entre las caras de elementos en contacto. Excepcionalmente permite ejecutar apoyos a hueso, únicamente cuando se garantiza la calidad de las superficies en contacto y las tensiones medias sean inferiores al 30% de la resistencia a compresión de cálculo. En este tipo de conexiones se deben tener en cuenta los efectos de las cargas concentradas y de la expansión de los materiales blandos que producen tracciones para las que se debe disponer de armado (ver Figura 3).

Para el apoyo de piezas prefabricadas se debe asegurar un correcto funcionamiento de los aparatos de apoyo con un armado adecuado de los elementos adyacentes, limitando las presiones de apoyo y adoptando las medidas necesarias para permitir o restringir los movimientos de acuerdo con el proyecto. En la Instrucción EHE-08 se han adoptado las longitudes de apoyo del Eurocódigo 2 para elementos conectados entre sí y elementos aislados.

Otro aspecto importante en la prefabricación es la conexión de los pilares prefabricados con la cimentación, en la que el cáliz juega un papel esencial. Los cálices deben ser capaces de transferir los esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores del pilar a la cimentación. Además, el cáliz debe ser suficientemente grande como para

permitir la ejecución de un hormigón compacto alrededor del pilar. Los cálices se pueden clasificar en función de si tienen o no llaves en superficie (ver Figura 4). Los cálices con llaves en superficie actúan monolíticamente con el pilar. Si las llaves son capaces de resistir las tensiones tangenciales entre el pilar y la cimentación, la comprobación a punzonamiento se realiza de igual manera que si el pilar y la cimentación fueran monolíticos. En cálices con superficies lisas, se supone que el axil y los momentos se transmiten a la cimentación mediante un sistema de fuerzas y las correspondientes fuerzas de rozamiento. Para lograr una adecuada transmisión de esfuerzos en este tipo de uniones, se exige que el empotramiento del pilar dentro del cáliz sea mayor que 1,2 veces el canto del pilar.

En cuanto a la ejecución de estructuras con elementos prefabricados, hay cuatro puntos clave que son el transporte, la descarga y manipulación, el acopio en obra, el montaje y las uniones de elementos prefabricados. En relación al transporte, además de las exigencias derivadas de la reglamentación vigente en esta materia, se deben emplear medios de descarga adecuados a las dimensiones y peso de los elementos. Además, se debe cuidar la alineación y la verticalidad para que no se produzcan tensiones inadmisibles. En relación al acopio se ha de procurar que se efectúe en zonas suficientemente grandes como para permitir la gestión adecuada y una adecuada trazabilidad.

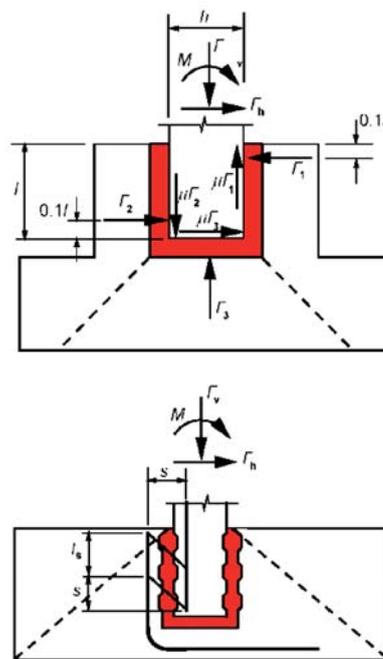


Figura 4.- Cáliz con llaves en superficie y con superficies lisas.



## REPORTAJES

### Forjados unidireccionales con viguetas o losas alveolares

Como se ha comentado anteriormente, la incorporación de los forjados unidireccionales con viguetas o losas alveolares prefabricadas supone la inclusión de la Instrucción EFHE en la EHE-08. Esta introducción se ha realizado con una voluntad integradora, de tal modo que en el apartado de forjados unidireccionales con elementos prefabricados únicamente se han incluido aspectos específicos de carácter reglamentario relativos a condiciones geométricas, a la armadura de reparto, a la disposición de armaduras, enlaces y apoyos.

Se establecen unas condiciones geométricas para la sección transversal del forjado que ya se encontraban reflejadas en la Instrucción EFHE. Siguiendo los principios de la EFHE, en general se debe disponer una losa superior hormigonada en obra que debe cumplir unas condiciones de espesor mínimo. Sólo en el caso de losas alveolares pretensadas se puede prescindir de la losa superior hormigonada en obra siempre que se cumplan adecuadamente los estados límite últimos y de servicio. El articulado indica cómo debe ser la geometría del perfil de la pieza de entrevigado para que se cumplan ciertas condiciones relativas al espesor mínimo de la losa hormigonada *in situ*. Además, para el caso de forjados de viguetas sin armaduras transversales de conexión, la Instrucción EHE-08 establece el paso mínimo de la cara superior de la vigueta al perfil de entrevigado (30 mm). Para forjados de losas alveolares pretensadas se indican valores del espesor mínimo de las almas, ala superior y ala inferior en losas alveolares y la forma de la junta longitudinal para permitir de forma adecuada el paso del hormigón de relleno.

Para la fase constructiva, en caso de disponer sopandas, la Instrucción mantiene la misma separación máxima establecida por la EFHE. Para el caso particular de forjados de viguetas pretensadas y losas alveolares pretensadas, se incide en que se deben limitar las tensiones en la sección de las sopandas y del centro de los vanos, bajo la acción de las cargas de ejecución de cálculo y bajo el efecto del pretensado después de la transferencia.

En relación a los enlaces y apoyos, en forjados de viguetas y losas alveolares pretensadas, el articulado no puede entrar en el detalle de toda la casuística existente. Sin embargo, sí que pretende establecer unas reglas generales para evitar la aparición de pato-



Figura 5.- Situación transitoria durante la colocación.

logías relacionadas con una definición inadecuada de estos detalles. En el caso de forjados de viguetas el Anejo 12, relativo a los aspectos constructivos y de cálculo específicos de forjados unidireccionales con elementos prefabricados, recoge esquemas de apoyos frecuentes indicando las longitudes de entrega de elementos y longitudes de solapo de armaduras salientes, de forma que garantice el correcto funcionamiento del enlace. Para forjados de losas alveolares, el mismo anejo incluye detalles de apoyo indicando la entrega mínima nominal de las losas en función del tipo de apoyo y sus condiciones para el funcionamiento adecuado del enlace.

## "La Instrucción EFHE-02 ha quedado incluida dentro de la EHE-08"

Además, en este anejo se definen los distintos tipos de forjados y los elementos que los constituyen y se tratan temas propios de los forjados unidireccionales, como la redistribución de esfuerzos, el reparto de cargas transversales, casos especiales de carga y sustentación, apoyos, conexiones, coacciones no deseadas, que ya estaban recogidos con anterioridad en la EFHE.

Por último, la Instrucción incluye los forjados contruidos con elementos prefabricados constituidos por ele-

mentos distintos de las viguetas o losas alveolares, tales como piezas en sección en  $\pi$ , en artesa o vigas prefabricadas que se deben tratar según los principios indicados para las estructuras prefabricadas en general.

### ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA PUENTES

Pese a que es bien sabido que los elementos estructurales de hormigón para puentes se rigen por la Instrucción del '98, no es hasta la nueva versión EHE-08 donde se les proporciona un espacio específico en el capítulo de elementos estructurales.

El artículo dedicado a los elementos estructurales para puentes se basa en un documento de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento que se elaboró en octubre de 2001 pero que no llegó a salir a la luz. Este documento, "*Prescripciones complementarias a la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) relativas a puentes de carretera*", recogía aquellos aspectos a considerar en la elaboración de proyectos de puentes de carretera de hormigón estructural, en la misma línea que las "*Recomendaciones para el proyecto de puentes mixtos para carreteras*" RPX-95 y las "*Recomendaciones para el proyecto de puentes metálicos para carreteras*" RPM-95.

Los elementos estructurales para puentes que se recogen en el Capítulo XII son: tableros, pilas, estribos, zonas de anclaje y diafragmas en tableros.

El apartado de tableros de la nueva Instrucción engloba los tableros constituidos por vigas prefabricadas, tableros losa, tableros nervados o tableros sección cajón. Puesto que en todos los casos, estamos frente a estructuras evolutivas, se debe garantizar su resistencia y estabilidad en todas las fases intermedias de construcción, así como en el estado definitivo de servicio, teniendo en cuenta la posible redistribución de esfuerzos y tensiones debido a fenómenos de tipo reológico. Para ello, resulta necesario realizar las comprobaciones relativas a los estados límite en las fases constructivas relevantes, que para un tablero de vigas podrían ser, por ejemplo,

## "Los elementos estructurales para puentes encuentran un espacio específico en la nueva Instrucción"

las vigas sometidas a su propio peso; las vigas en el momento de hormigonado de la losa *in situ* o en el momento de colocación de las piezas, si son prefabricadas, y por último, el tablero compuesto sometido a todas las acciones.

Además, para cada tipo de tablero se tratan aspectos específicos como pueden ser detalles para minimizar el número de juntas transversales en calzada para tableros de vigas prefabricadas, o comprobaciones a realizar como el rasante ala-alma en secciones horizontales y verticales de unión de tableros de sección cajón.

En cuanto a las pilas, uno de los aspectos esenciales es la verificación del Estado Límite Último de Inestabilidad, puesto que, en general los efectos de segundo orden de pilas de puentes no suelen ser despreciables (ver Figura 6). Para ello, resulta indispensable conocer la esbeltez mecánica de cada fuste considerando las vinculaciones reales con el tablero, y abordar el cálculo mediante el método más adecuado. Una vez determinada la esbeltez mecánica se debe realizar el reparto de cargas horizontales que actúan en la cabeza de cada pila. Estas cargas están originadas por deformaciones y cargas procedentes del tablero, y se pueden obtener suponiendo un comportamiento lineal de toda la estructura sin considerar los efectos de segundo orden. Este reparto resulta realista en situación de servicio pero no de rotura. En estado límite último, el reparto de cargas horizontales considerando un comportamiento lineal proporciona valores que resultan bastante conservadores para pilas esbeltas, pero que infravaloran las cargas actuantes en pilas cortas. Sin embargo, éstas últimas no suelen tener problemas, puesto que habitualmente se diseñan con las mismas dimensiones que las pilas más esbeltas por razones estéticas, y suelen disponer de armadura mínima. En pilas de gran esbeltez, se obtendrán los esfuerzos debidos a las acciones actuantes y las cargas horizontales que provienen del reparto mediante un análisis no lineal geométrico y mecánico. Con esos esfuerzos se comprueba el agotamiento de cada una de las secciones.



## REPORTAJES



Figura 6.- Pilas de gran esbeltez.

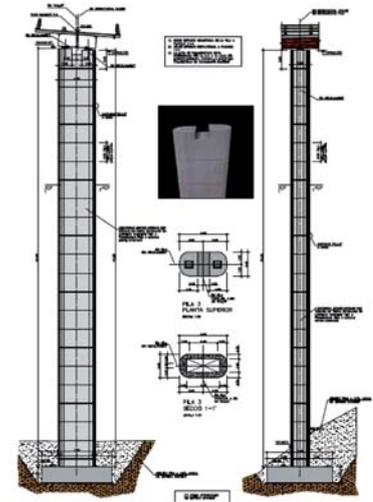
El articulado contempla todas las tipologías de estribos: cerrados, abiertos y sillars cargadero. La misión fundamental de estos estribos es la de resistir las acciones transmitidas por el tablero y sostener los terraplenes de acceso a la estructura. Hay que tener en consideración los condicionantes de durabilidad puesto que se trata de un elemento en contacto con el terreno.

Las zonas de anclaje se deben proyectar como tales, puesto que no difieren con las demás zonas de anclaje de cualquier pieza pretensada.

Los diafragmas son aquellos elementos encargados de transferir las acciones desde las pilas hacia los estribos, por lo que deben garantizar el flujo de fuerzas desde el tablero hacia los apoyos. Al ser regiones D se deben dimensionar con el método de bielas y tirantes, sin olvidar la armadura de carga concentrada en la zona situada sobre los apoyos. Además, en la nueva Instrucción se proporciona el espesor mínimo para los distintos tipos de diafragmas: con apoyo directo de almas en los aparatos de apoyo; con apoyo no directo de las almas en los aparatos de apoyo; y por último, en uniones monolíticas tablero-pila.

### OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Los restantes elementos estructurales siguen teniendo el mismo tratamiento que en la versión anterior de la EHE, si bien se ha mejorado la redacción de algún apartado, como es el caso del artículo de cimentaciones.



El cambio más significativo se encuentra en el artículo de ménsulas cortas (Art. 64) al que se le ha añadido un apartado de apoyos a media madera. Los apoyos de media madera son puntos conflictivos donde se concentran problemas de fisuración y degradación del hormigón por lo que se debe intentar evitar su empleo siempre que sea posible. En el caso de utilizar este tipo de solución, se tendrá en cuenta que es una región tipo D por la discontinuidad geométrica asociada al cambio de sección y por la concentración de la carga del apoyo, y se deberá considerar la necesaria sustitución de apoyos.

### CONCLUSIONES

En esta nueva Instrucción EHE-08 los elementos estructurales se siguen tratando de forma similar a versiones anteriores. Se les dedica un capítulo (Capítulo XII) donde para cada uno de ellos se indican los artículos que deben ser considerados para el proyecto del elemento estructural en cuestión.

Se ha actualizado este capítulo de acuerdo con el estado del conocimiento e intentando mejorar su redacción y contenido. Se han añadido nuevos aspectos como los relativos a elementos prefabricados, incluyendo los forjados unidireccionales de viguetas pretensadas o losas alveolares que se regían hasta ahora por la Instrucción EFHE. Por último, se incluyen los elementos estructurales para puentes, ausentes en versiones anteriores. ■



# PRECER<sup>®</sup>

ACEROS PARA ARMADURAS ACTIVAS

Es una marca de excelencia destinada a destacar aquellos productos de acero para armaduras activas de hormigón pretensado de más alto nivel.

Producto	Tipo acero	Etiquetas
CORDONES	Y 1770 S2	
	Y 1770 S7	
	Y 1860 S3	
	Y 1860 S7	
	Y 1960 S3	
	Y 2060 S3	
ALAMBRES	Y 1570 C	
	Y 1670 C	
	Y 1770 C	
	Y 1860 C	

Empresas en posesión de la licencia de uso de la marca PRECER:



Emesa Trefilería, S.A. (EMESA)

Productos Derivados del Acero, S.A. (PRODERAC)

Sociedade Industrial de Trefilaria, S.A. (SOCITREL)

Trenzas y Cables de Acero PSC, S.L. (TYCSA)



## Calidad Siderúrgica

## CINCO FERRALLAS OBTIENEN EL CERTIFICADO DE AENOR N

Cinco empresas de ferralla han pasado a engrosar la lista de compañías que cuentan con la marca AENOR para este proceso. En reconocimiento a su labor, el pasado 17 de septiembre, en la sede de Calidad Siderúrgica, se les hizo entrega de los certificados que acreditan la obtención de la marca AENOR N.

El acto fue presidido por el director técnico de Certificación de AENOR, D. Andrés Blázquez, que junto al director gerente de Calidad Siderúrgica, D. Ignacio Cortés, otorgaron los certificados a las cinco empresas: AUXCONBUR S.L., representada por D. Jacinto Punte; CALFERMAN S.L.U, representada por Dña. Marta Calleja; EUROARMADURAS S.L., representada por Dña. Savina Cobo y D. Guillermo San Román; HIDRÁULICAS VALMAR S.L., representada por D. Juan Manuel Sanmartin Caldevilla; y HIERROS y FERRALLAS DE FORTUNA, S.L., representada por Dña. María del Mar Murcia y Dña. Francisca López Vidal. La mesa presidencial se completó con D. Luis Lázaro de la dirección de Certificación de AENOR y con el secretario del Comité CTC-017 de Productos de Acero para Hormigón, D. José Grajal.

En términos generales, la obtención de la certificación AENOR para ferralla significa que estas empresas:

- Utilizan materiales para la elaboración de ferralla que cumplen las normas UNE y las especificaciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.
- Que su ferralla ha sido elaborada en una instalación industrial fija que dispone de un sistema de aseguramiento de la calidad según la norma UNE EN ISO 9001:2000.
- Que tanto la ferralla como el sistema de aseguramiento de la calidad están sometidos a la vigilancia y supervisión de AENOR.



## LA IISI CAMBIA SU NOMBRE POR WORLD STEEL ASSOCIATION

 El Instituto Internacional del Acero y el Hierro (IISI, en sus siglas en inglés), ha cambiado su denominación por Asociación Mundial del Acero (World Steel Association) en su última conferencia anual.

Según su director general, Ian Christmas, "nuestro nuevo nombre proporciona una descripción simple de nuestro rol, así como claridad en nuestros objetivos".

Desde su creación, en 1967, el mundo del acero ha cambiado sustancialmente, al igual que esta organización. La Asociación Mundial del Acero representa hoy día ciento-ochenta productores de acero, incluyendo a dieciocho de las veinte mayores compañías de acero del mundo, entre los que figuran seis de los diez mayores productores de China. Sus miembros producen cerca del 85% del acero mundial.



## LAS ASOCIACIONES DE LA CONSTRUCCIÓN ABOGAN POR LA PARIDAD EN EL REPARTO DE AYUDAS PARA SALIR DE LA CRISIS

En el marco de Construtec, los presidentes de las grandes asociaciones de la construcción pusieron sobre la mesa las medidas que consideran necesarias para capear el temporal de crisis en el que el sector está inmerso.

A este encuentro, presidido por el presidente de la Confederación Nacional de la Construcción (CNC), Juan Lazcano, asistieron el presidente de la Confederación

Española de Asociaciones de Fabricantes de Productos de Construcción (CEPCO), Rafael Fernández; el presidente de la Asociación Nacional de Constructores Independientes (ANCI), Jaime Lamo de Espinosa; el presidente de la Asociación Nacional de Empresas Constructoras de Obra Pública (AERCO), Javier Sáez Cosculluela y el hoy presidente de la Asociación de Promotores Constructores de España (APCE), José Manuel Galindo, que en aquel entonces era el presidente de la Asociación de Promotores Inmobiliarios de Madrid (ASPRIMA).

David Taguas, el presidente de la patronal que reúne a las grandes constructoras, SEOPAN, fue el gran ausente. Su falta de asistencia destacó más, si cabe, cuando casi todos los ponentes coincidieron en una propuesta: "repartir de forma equitativa las ayudas y de las concesiones en todo el sector".

Como aseguró Rafael Fernández, "desde CEPCO, hemos transmitido esta postura a las agrandes asociaciones de la construcción, principalmente a SEOPAN, sin embargo, ellos argumentan que el reparto de ayudas está basado en la libre competencia empresarial, y no quieren renunciar a su posición dominante en ese aspecto". Por otra parte, declaró Fernández, "no es un tema fácil, porque ni todas las obras ni las empresas son iguales".

La necesidad de dividir la licitación de obras en tramos más moderados constituyó otro punto de encuentro. Jaime Lamo de Espinosa, explicó que "en 2008, las licitaciones de más de 90 millones de euros, representaron el 53% del total, frente al 8% en 2004". Por ello, propuso que las licitaciones oscilaran entre 30 y 60 millones de euros. Según Javier Sáez Cosculluela, "repartir justamente el pastel es el modo de paliar la crisis. Si la adjudicación es grande, muchas empresas no tendrán posibilidad de presentarse al concurso, y eso que las medianas empresas generan cuatro veces más empleo fijo que las grandes".

Por otra parte, todos coincidieron en la necesidad de poner en marcha de forma efectiva la política de financiación público-privada de las obras. Sólo el presidente de AERCO apuntó un matiz: "no hay que concentrar en esa técnica la solución de la crisis. Hay mucho más por hacer".



## NOTICIAS

Respecto al mercado de la vivienda, José Manuel Galindo apuntó que "hasta que no se venda el stock que hay, en torno a 200.000 viviendas en manos de promotores, no se construirá más". Todo pasa por la escasa capacidad de compra de las familias. El tiempo que se tarde en dar salida al stock, afecta a los planes de negocio. Desde ASPRIMA prevén que "no habrá ingresos hasta 2010, por lo tanto, hasta 2011 no comenzarían a desarrollarse nuevas promociones". Para Galindo la solución parte de fórmulas de refinanciación de deuda a largo plazo.

El presidente de la APCE, aseguró que una de las primeras cosas que haría bajo su mandato, tras las elecciones del 20 de octubre, sería concretar el elevado número de propuestas que se manejan en el sector sobre cómo zanjar la crisis y trabajar "del modo más transparente posible". "Es hora de tomar medidas para que, cuando se reactive el sector, estemos preparados", afirmó Galindo.

### LA LICITACIÓN PÚBLICA CAE UN 17,8% HASTA OCTUBRE

Los últimos datos de licitación pública, ofrecidos por la patronal de la construcción SEOPAN, ponen de manifiesto un fuerte descenso de la inversión en lo que va de año. Así, hasta octubre, la licitación ha caído un 17,8% respecto al mismo periodo del año anterior, situándose en 32.767 millones de euros.

Por administraciones, las comunidades autónomas son las únicas en incrementar su inversión en obra pública. Hasta octubre, han aumentado esta partida hasta 11.265 millones de euros, un 3,9% más. Los ayuntamientos, por su parte, continúan la tendencia austera para nuevas contrataciones ante la crisis. De ahí que, hasta

en los diez primeros meses del año hayan disminuido su inversión el 9,7%, situándola en 8.518 millones de euros.

Los recortes más importantes de licitación los acusa la Administración General del Estado que, de enero a octubre, ha reducido su inversión en obra pública un 33,7% respecto al mismo periodo del año anterior, al alcanzar 12.983 millones de euros, frente a los 19.578 millones que destinó en los diez primeros meses de 2007.

#### La obra civil sufre un grave retroceso de inversión

Por tipología, la licitación en obra civil es la que más recortes ha padecido hasta octubre, con un descenso del 14,9%, que la sitúa en 22.333 millones de euros. Esta cifra destaca frente a los 36.000 millones que alcanzó en el mismo periodo de 2007. La inversión en carreteras es la que ha caído con más fuerza, un -37,9% respecto al mismo periodo del año anterior, si bien de abril a septiembre del año pasado se incluyeron contratos de concesión por valor de 5.300 millones de euros, relativos a la conservación de las Autovías de Primera Generación. Las contrataciones públicas para obras hidráulicas también ha sufrido un fuerte retroceso, con un descenso del 17% (3.000 millones de euros).

La edificación, sin embargo, apenas ha experimentado variación hasta octubre respecto a las licitaciones del mismo periodo de 2007, con un ligero aumento que no alcanza el 1% (9.900 millones de euros).

LICITACIÓN PÚBLICA	Enero - octubre 2008 (miles de euros)	Enero - octubre 2007 (miles de euros)	Variación de porcentaje
Administración Central	12.983.318	19.578.511	-33,7%
Autonómica	11.265.912	10.844.136	3,9%
Local	8.518.354	9.430.419	-9,7%
Edificación	9.900.748	9.819.464	0,8%
Obra Civil	22.333.306	26.256.255	-14,9%
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>32.767.584</b>	<b>39.853.066</b>	<b>-17,8%</b>

## ISO PUBLICA LA NUEVA VERSIÓN DE LA NORMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD 9001

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha publicado la nueva versión de la herramienta de gestión empresarial de la calidad más extendida en el mundo, la ISO 9001, que cuenta con casi un millón de certificados en 175 países.

La nueva norma —que sustituye a la versión del año 2000— no incorpora requisitos adicionales a los existentes y, según el director de Normalización de AENOR, Gonzalo Sotorrió "clarifica y ayuda a una mejor aplicación e implantación de la 9001 en el conjunto de los sectores económicos de todo el mundo".

En esta línea, la nueva ISO 9001 mejora su compatibilidad con la segunda norma internacional de mayor reconocimiento: la de gestión ambiental ISO 14001, con más de 154.500 certificados en el mundo.

Sólo en España se hay en vigor más de 65.000 certificaciones de Sistemas de Gestión de la Calidad basadas en la norma ISO 9001, siendo el segundo país de Europa y el cuarto del mundo por número de certificados.

A pesar del elevado número de certificaciones que deben ser modificadas conforme a la nueva ISO 9001:2008, como ha comunicado la entidad legalmente responsable del desarrollo de las normas técnicas en España, AENOR, la migración para las empresas "será sencilla" y se aplicará en un periodo de transición de dos años. Para ello, esta entidad ha publicado unas fechas de referencia para realizar la migración de la norma que se detallan a continuación:

A partir del 15 de noviembre de 2009 todos los certificados emitidos tendrán que ser conformes a la nueva ISO 9001.

Entre noviembre de 2009 y noviembre de 2010 todas las empresas que renueven sus certificados o



se sometan al seguimiento de auditoría recibirán por parte de AENOR los certificados en base a la nueva versión de la norma.

En noviembre de 2010, la versión 2000 de la norma dejará de tener validez por lo que ningún certificado deberá hacer referencia a la misma. Para conseguir una transición lo más asequible posible, AENOR colaborará con las empresas en la migración a la nueva versión tanto en las auditorías anuales de seguimiento como en las auditorías de renovación.

La nueva versión de la norma en español va a contener el mismo texto en todos los países de habla hispana.

### ISO 9001, un certificado que implica ventajas

La certificación en base a esta norma es la manifestación de conformidad por una entidad independiente de que una organización cumple con los requisitos que marca la norma. Sus ventajas son tres: mejora los procesos y elimina los costes de la 'no calidad'; logra una mayor implicación de los profesionales al conseguir el trabajo bien hecho y de forma sostenible y, además, conlleva una mayor convicción en la transmisión del compromiso con la calidad a todos los públicos de una organización.



## NOTICIAS

### UNESID CELEBRA SU 40º ANIVERSARIO CON UNA JORNADA SOBRE EL ACERO



La Unión de Empresas Siderúrgicas (UNESID) ha conmemorado su 40º aniversario con la organización de una Jornada sobre el Acero. Al evento, inaugurado por los Príncipes de Asturias, asistieron las principales empresas del sector para hablar especialmente de las estrategias que están llevando a cabo para afrontar la crisis.

En ese sentido, fueron significativas las palabras del Príncipe de Asturias al destacar "el afán de superación con que la empresa siderúrgica española ha logrado combinar su dinamismo investigador con una intensa internacionalización".

Por su parte, la Secretaria General de Industria, Teresa Santero, mostró su confianza en la superación de la crisis y enumeró las medidas que ha anunciado el Gobierno para impulsar la economía. También destacó la ventaja que supone para la industria la caída de los precios del petróleo y el actual cambio euro-dólar.

La reducción de costes, los ajustes de producción ante la caída de la demanda y la mejora la eficiencia de los procesos de producción fueron el común denominador de las estrategias que esbozaron los responsables de las empresas ponentes (Megasa, Grupo Condesa, Sidenor y Acerinox).



Por otro lado, el precio de la energía centró las principales quejas, porque "en el ámbito internacional genera fuertes desvíos de la competitividad", explicó el Presidente de UNESID y Director General de Productos Planos de Arcelor-Mittal, Gonzalo Urquijo.

La industria siderúrgica, a través de FORTIA, en la búsqueda de salidas a la actual situación se ha planteado la posibilidad de generar electricidad para contrarrestar los altos costes energéticos. El Presidente de Fortia, Juan Estarellas, manifestó que aunque el momento no es el idóneo por los graves problemas de financiación, "no lo descartamos en un futuro". Este tipo de inversiones ya se realizan en otros países europeos, como Francia o Finlandia, donde la gran industria ha comenzado a construir centrales nucleares para obtener precios de la electricidad cercanos a 30 euros por megavatio/hora. ■



**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: \_\_\_\_\_

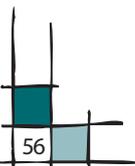
Empresa: \_\_\_\_\_

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.*



# 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](http://www.arcer.es)  
E-mail: [buzon@arcer.es](mailto: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.

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.

Ferrobérica, S.L.

Ferrofet Catalana, S.L.

Ferros La Pobra, S.A.

Forjados Riojanos, S.L.

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 Ferralla de Fortuna, S.L.

Hierros y Montajes, S.A.

Hijos de Lorenzo Sancho, S.A.

Jesús Alonso Rodríguez, S.L.

Lenur Ferrallats, 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.