



**Innovación en la producción de biocombustible**  
**Recrecido estructural con conexiones a posteriori**  
**Madera: tradición y tecnología**  
**Nuevo anclaje Hilti HRD-U8**



Estimado lector,

El desarrollo sostenible como opción de futuro imprime a las energías renovables de un dinamismo acelerado recientemente por nuevas normativas como el Real Decreto 661/2007 de Energías Renovables (25 de mayo de 2007) o la nueva Ley de Hidrocarburos que obligará en el año 2009 a agregar un porcentaje de biocombustible a los carburantes. Y lo que es más importante, existe una concienciación social cada vez más intensa sobre su importancia para

preservar al planeta del cambio climático. Hemos incluido en esta edición un amplio reportaje sobre la planta de biocombustible de Acciona Energía en Caparros (Navarra), única en España en producción de biodiesel a partir de aceites vegetales y en cuya ampliación Hilti ha colaborado aportando un sistema fiable, flexible y rápido para la soportación de instalaciones.

Y también es renovable la madera con una gestión correcta de recursos. Como material de construcción, a partir de la publicación del Código Técnico de la Edificación, dispone de una normativa de cálculo para su uso en elementos estructurales cada vez más utilizados por su facilidad de prefabricación, poco peso y su incuestionable calidez estética. En este campo, la investigación de Hilti se centra en el comportamiento de las estructuras mixtas madera-hormigón, aportando soluciones fiables de conexión de ambos materiales.

Quiero agradecer muy especialmente a los profesores Ramón Argüelles Álvarez y Francisco Arriaga Martitegui de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la UPM su colaboración, que se ha traducido en una amplia entrevista que recogemos en esta edición.

Y como ya es habitual en INGENIA, documentamos un proyecto singular: La Ampliación de la Autovía de Murcia A-30 abordando un tema siempre difícil como es la ampliación de tablero en puentes con una solución técnica innovadora.



**Ángel Cueto**  
 Director de Grandes Clientes y Proyectos  
 Hilti España, S.A.

**Edita:**  
 Hilti Española, S.A.  
 Avda. Fuente de la Mora, 2 Edificio 1  
 28050 Madrid  
 Tel. 902 100 475  
 Fax 900 200 417

**Responsable de contenidos:**  
 Alejandro Álvarez

**Elabora y coordina:**  
 Comunicación  
 Oficina Técnica  
 Grandes Proyectos  
 Desarrollo de Mercados

**Colaboradores:**  
 Marketing

**Diseño y producción:**  
 Pulse Comunicación, S.L.

**Frecuencia de aparición:**  
 Semestral

**Tirada:**  
 11.000 ejemplares  
 Impreso en papel ecológico. Contribuimos a conservar el medio ambiente  
 Buzón de sugerencias:  
 es.ingenia@hilti.com



## Índice

### Aplicaciones técnicas

- 3** Soportes para el crecimiento del biodiesel
- 7** Ampliación de una infraestructura en servicio

### Innovación

- 11** Nuevas consideraciones en el Principio de Compartimentación

### La opinión del Experto

- 13** Equilibrio ecológico y garantía estructural: La madera y el CTE

### Actualidad

- 17** Nuevo anclaje universal Hilti HRD-U8
- 18** A un milímetro de la perfección

### Servicios

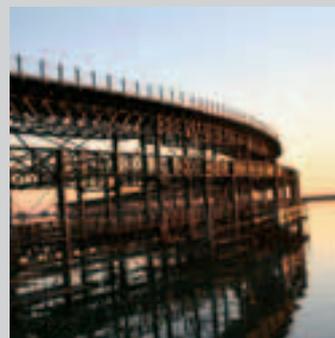
- 19** Seguridad total en sus proyectos



**3** Innovación en la producción de biocombustible



**7** Recrecido estructural con conexiones a posteriori



**13** Madera: tradición y tecnología



**17** Nuevo anclaje Hilti HRD-U8



# Soportes para el crecimiento del biodiesel

**La planta de biodiesel de ACCIONA ENERGÍA en Caparros, entró en funcionamiento en febrero de 2005 y acaba de duplicar su capacidad. Utiliza únicamente aceites vegetales de primer uso procedentes de cultivos oleaginosos, lo que convierte a la instalación en un hito diferenciador y en una de las más avanzadas de Europa.**

Por **Esteban Santirso**, Ingeniero, Desarrollo de Mercados, Hilti Española, S.A.

Agradecimientos: **José Manuel Palacios**, Director de Proyectos EnerTEAM e **Iván Ripa**, Responsable de Acciona Energía en el Proyecto de Ampliación.

**E**spaña ha encontrado en el biodiesel una excelente opción para reducir la dependencia del petróleo, para potenciar determinados sectores de la agricultura y para ajustarse al protocolo de Kyoto. Estas tres razones de peso junto con la

presión europea, para alcanzar en 2010 un consumo de biodiesel respecto del gasóleo convencional del 5,75%, están influyendo en que las plantas de biodiesel aparezcan a lo largo de todo el panorama nacional. Actualmente en nuestro país hay en

producción diez plantas de biodiesel y cuatro de bioetanol. La previsión es que para finales de 2008 haya hasta 30 plantas de biodiesel y 8 de bioetanol lo que supondría en su conjunto inversiones superiores a 1.500 millones de euros.

# Aplicaciones técnicas 1

Página 4

Además de lo comentado anteriormente y para incentivar la producción y el consumo de biodiesel, la ley 53/2002 de Medidas Fiscales, Administrativas y de Orden Social estableció un tipo especial de Impuesto sobre Hidrocarburos de 0 euros por 1000 litros aplicado sobre el volumen del biocarburante. Posteriormente, y en la misma línea de potenciar el consumo, el RD 774/2006, de 23 de junio, introdujo importantes modificaciones en el Reglamento de Impuestos Especiales, permitiendo las mezclas de biocarburantes con carburantes convencionales en las instalaciones de los propios consumidores finales así como en las de venta al público.

Una de las empresas que está apostando por este tipo de combustibles es Acciona Energía. Esta compañía tiene presencia operativa en el campo de biodiesel con la planta de Caparroso que, tras la ampliación que se detallará más adelante, ha alcanzado una producción de 70.000 Tm/año. Cuenta así mismo con una planta de bioetanol a partir de alcoholes de destilación en Castilla-La Mancha de 26.000 Tm/año. Para la comercialización del biocombustible producido en estas plantas, Acciona Energía ha suscrito contratos de suministro con compañías petrolíferas, distribuidoras, flotas cautivas, y vendiendo directamente al consumidor.

## Planta y Producción de biodiesel en la Planta de Caparroso (Navarra).

La planta de biodiesel de Caparroso es la primera instalación operativa de ACCIONA en el ámbito de los biocombustibles. Operativa desde 2005 y dimensionada inicialmente para producir 35.000 toneladas anuales ha visto duplicada su capacidad en 2007. Produce biodiesel de calidad homologada a partir de aceites vegetales puros y está dise-



Ejemplo de punto fijo y punto deslizante en un tramo de la obra.

Soportación de tuberías dentro del cubeto de almacenamiento. El sistema modular MI de Hilti se adapta a los posibles dificultades que surgen para la soportación de las nuevas tuberías.

ñada para trabajar con cualquiera de ellos. Acciona Biocombustibles construirá varias plantas más en los próximos años para convertirse en referencia de un sector que va a conocer un fuerte desarrollo en los próximos años.

**La instalación, construida por Lurgi Life Science, ha supuesto una inversión de 45 millones de euros y es la única en el país diseñada para funcionar con todo tipo de aceites vegetales.** Actualmente se están utilizando soja, colza, girasol y palma.

El resumen de las instalaciones de la planta de Caparroso donde se realiza el proceso de producción de biodiesel es el siguiente:

- Naves principales o de proceso:

formadas por una nave de refinado de aceite y destilación y dos naves de transesterificación. El proceso de transesterificación consiste en combinar el aceite vegetal con un alcohol ligero en presencia de un catalizador adecuado, a baja presión y temperatura. De este proceso además del biodiesel se obtiene como residuo de valor añadido la glicerina y compuestos ácidos grasos libres que pueden ser destilados.

- Después de la transesterificación, los dos compuestos principales sufren un proceso de refinado antes de ser utilizables. El metanol obtenido tras estos procesos de refinado puede volver a utilizarse en la transesterificación de los compuestos de entrada. Como

coproducto de la producción de biodiesel se obtiene por tanto básicamente glicerol (glicerina) que se puede utilizar en la industria farmacéutica y en la producción de pastas jabonosas.

- Depósitos de almacenamiento: 44 tanques con una capacidad total de 19.600 m<sup>3</sup> para el almacenamiento de materias primas, auxiliares y productos finales.
- Servicios auxiliares: Planta de tratamiento de agua; centro de transformación; sistema de producción de vapor y de aire comprimido, de defensa contra incendios, producción de nitrógeno.
- Laboratorios: laboratorios de análisis y control de calidad y laboratorio experimental.



- Edificio social: oficinas administrativas y técnicas.

#### **Enerteam y la ampliación de la planta de biodiesel de Caparroso.**

Enerteam es una ingeniería del Grupo Acciona dedicada a la realización de proyectos de plantas de generación eléctrica en las áreas de biomasa, solar termoeléctrica y solar fotovoltaica, así como plantas de producción de biodiesel. Las responsabilidades de Enerteam en el proyecto de ampliación de la planta de biodiesel de Caparroso ha sido ingeniería de apoyo a la propiedad, Biodiesel Caparroso, así como la dirección facultativa de la construcción e instalación de los diferentes sistemas.

La ampliación de la planta consiste en tres capítulos fundamentales:

- Nuevo edificio de transesterificación.
- Ampliación cargadero/descargadero de cisternas
- Ampliación y modificación de los sistemas auxiliares.
  - Sistema de control.
  - Caldera de producción de vapor y recogida de condensados.
  - Sistema de refrigeración.
  - Tanques de almacenamiento aceite y biodiesel.
  - Tanque de almacenamiento de metanol.
  - Tanque de almacenamiento de pastas jabonosas.
  - Integración de planta de ósmosis inversa.
  - Tratamiento de aguas residuales.

## **Nota de Acciona Biocombustibles sobre el biodiesel como una alternativa limpia al gasóleo**

**E**l biodiesel es un combustible limpio, alternativo al gasóleo para motores diesel, producido a partir de recursos autóctonos y renovables, y con importantes ventajas medioambientales y económicas sobre los combustibles fósiles derivados del petróleo. El biodiesel se produce a partir de diversas materias primas: aceites vegetales, aceites de fritura usados y grasas animales.

Las ventajas del biodiesel son principalmente:

- **Medioambientales:** puesto que reduce las principales emisiones contaminantes de los motores diesel alimentados con gasóleo; combate el calentamiento global; es renovable, a diferencia de los combustibles fósiles, cuyas reservas son limitadas; es biodegradable, lo que minimiza su afección ambiental en el caso de escapes y por último combate la erosión y la desertificación, al suponer un uso agrícola alternativo para tierras abandonadas por los agricultores por razones de mercado.
- **Estratégicas:** reduce la dependencia energética del petróleo, al utilizar recursos mucho más extendidos en el planeta, favoreciendo el autoabastecimiento.

- **Socioeconómicas:** contribuye al desarrollo y a la creación de empleo en el ámbito local, propiciando nuevos mercados para el sector agrícola.

#### **Consumo de biodiesel en Europa y en España.**

El uso del biodiesel está extendido especialmente en Europa, aunque debe experimentar todavía un fuerte desarrollo si se quieren alcanzar los objetivos fijados en la directiva comunitaria 2003/30/CE, relativa al fomento del uso de los biocarburantes en el transporte.

La producción de biodiesel en España es todavía reducida, en comparación con la de otros países de la Unión Europea. En 2005, alcanzó unas **73.000 toneladas, pero estas cifras van a experimentar fuertes crecimientos a corto plazo debido a la construcción a lo largo de los dos últimos años de varias plantas.** El **Plan de las Energías Renovables** en España prevé alcanzar en 2010 una producción de 2.200 Mtep de biocombustibles. El 62% de ese incremento de producción será con biodiesel y el 38% con bioetanol.

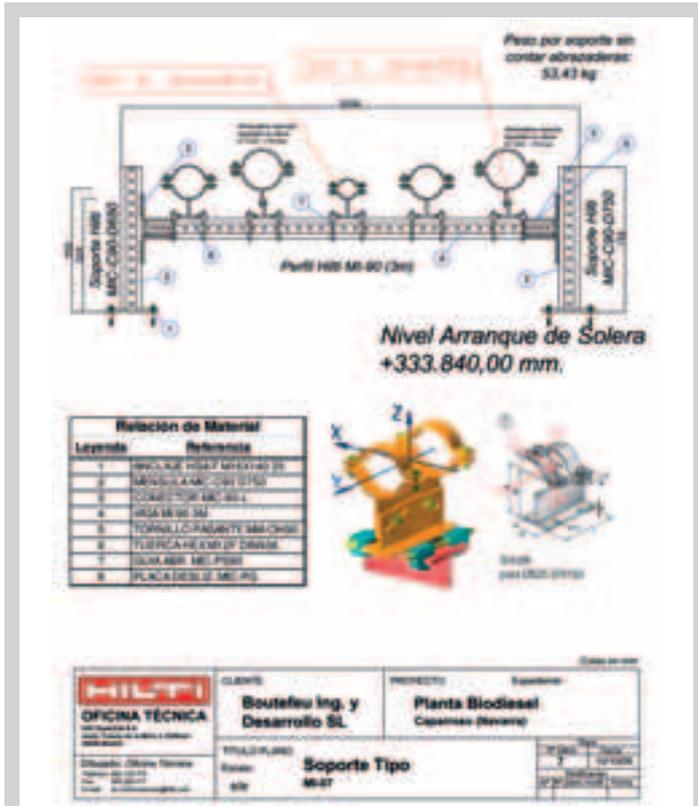
- Protección contra incendios.
- Adecuación del resto de instalaciones mecánicas.

#### **Soportes para la ampliación de un gran proyecto.**

La presencia de Hilti en el proyecto comenzó en la fase de diseño. El primer paso fué presentar el innovador sistema modular de montaje Hilti a Enerteam, ingeniería de energías renovables del

Grupo Acciona. Esta presentación fue realizada por el departamento de desarrollo de mercados de Hilti. Después de contactos preliminares y presentaciones del sistema de soportación, nuestra oficina técnica recibe por parte de Enerteam el plano de la planta de las tuberías de la zona de almacenamiento. En éste se especifican el tipo de tuberías que se deben soportar, el nivel a la que se encuentran y el recorrido que deben seguir. A partir de

# Aplicaciones técnicas 1



Zona de almacenamiento de aceite y producto terminado donde se ha utilizado el sistema Hilti para la soportación de las tuberías que conectan los tanques con la zona de proceso.

aquí la oficina técnica de Hilti comienza a realizar los cálculos.

La base de partida del diseño es realizar una serie de estándares o detalles típicos de soportación que permitan resolver la sujeción de todos los metros de tubería existente. Finalmente se diseñan 8 soportes tipos distintos. Los criterios de diseño para definir cada soporte fueron los siguientes:

- Cargas verticales estáticas.
- Tuberías de rango de diámetro entre DN 25 y DN 250.
- Colocación de puntos fijos y soportes deslizantes.
- Cotas de la tubería (pendiente del 3%).
- Diseño de soportación de los rack con mayor número de tuberías.
- Evitar la coincidencia espacial con tuberías e instalaciones ya existentes.

Con estos criterios y el plano de planta de la instalación, se decide utilizar el sistema de montaje mo-

dular MI de Hilti que va a permitir, por su capacidad de carga, realizar toda la soportación de la forma más sencilla posible. El sistema MI está realizado en acero galvanizado en caliente de 55 micras (S235 JRG2 según DIN EN 10 025) homologado por TÜV.

En los proyectos de ampliación uno de los principales problemas que se encuentra en el montaje de instalaciones es la coincidencia con otros equipos o tuberías. El sistema modular Hilti MI permite de forma rápida adaptar cada soportación en caso de que el soporte definido en proyecto no encaje en su ubicación final. Este problema con una soportación prefabricada nos obligaría a rehacer de nuevo el soporte con la pérdida de tiempo y productividad que esto supone.

## Descripción de los soportes.

Los tres primeros soportes tipos que se definen son los que nos van

a dar más flexibilidad para poder colocar soportes allí donde pueda haber interferencias con tuberías existentes u otros equipos.

### Soporte tipo número MI-01:

- Soporte para tubería única.
- Definido para una altura máxima de 475 mm. respecto a la cota cero.
- Carga máx. vertical de 1,62 kN. Carga máx. horizontal 1,32 kN.

### Soporte tipo número MI-02:

- Soporte para tubería única.
- Definido para una altura máxima de 975 mm. respecto a la cota cero.
- Carga máx. vertical de 1,62 kN. Carga máx. horizontal 1,32 kN.

### Soporte tipo número MI-03:

- Soporte para tubería única.
- Definido para una altura máxima de 975 mm. respecto a la cota cero.
- Carga máx. vertical de 1,62 kN. Carga máx. horizontal 1,32 kN.

### Soporte tipo número MI-04:

- Soporte para rack de 3 tuberías.
- Definido para una altura máxima de 725 mm. respecto a la cota cero.
- Carga máxima vertical de 4,86 kN. Momento flector resultante máximo 2,25 kNxm
- Diseñado con abrazadera regulable en altura para adaptarse a las distintas cotas de las tuberías incluidas en el rack.

### Soporte tipo número MI-05:

- Soporte para 2 tuberías.
- Definido para una altura máxima de 725 mm. respecto a la cota cero.
- Carga máx. vertical de 9,50 kN.
- Diseñado con abrazadera regulable en altura para adaptarse a las distintas cotas de las tuberías incluidas en el rack. Carga máxima horizontal 3,20 kN.

### Soporte tipo número MI-06:

- Soporte para 2 tuberías.
- Definido para una altura máxima de 1475 mm. respecto a la cota cero.
- Carga máxima vertical de 9,50 kN.
- Diseñado con abrazadera regulable en altura para adaptarse a las distintas cotas de las tuberías incluidas en el rack. Carga máxima horizontal 3,20 kN.

### Soporte tipo número MI-07:

- Soporte para rack de 5 tuberías.
- Definido para una altura máxima de 725 mm. respecto a la cota cero.
- Carga máxima vertical de 8,1 kN. Momento flector resultante máximo 2,25 kNxm.
- Diseñado con dos abrazaderas regulables en altura para adaptarse a las distintas cotas de las tuberías incluidas en el rack.

La diferencia entre las temperaturas de montaje y las temperaturas de servicio de las instalaciones producen dilataciones que hacen que este tipo de montajes deban incorporar elementos fijos y elementos deslizantes.

Se decidió colocar los elementos deslizantes cada tres soportes. En el caso de los puntos fijos, y gracias a la facilidad de colocación en el sistema modular Hilti, se colocaron directamente en obra en los lugares en que se vio necesario soportar los esfuerzos que se puedan generar en los tramos contiguos. Estos esfuerzos se van a producir en los arranques y paradas debido a calentamientos y/o enfriamientos desde uno de los extremos. ■

## Datos de la obra

**Proyecto:** Ampliación Planta de Biodiesel de Caparros.

**Localización:** Caparros (Navarra).

**Propiedad:** Acciona Energía.

**Ingeniería:** Enerteam.

**Contratista principal:** Lurgi Life Science.

**Constructora:** Moncobra.

# Ampliación de una infraestructura en servicio

**El Ministerio de Fomento lleva a cabo esta infraestructura que amplía la capacidad de la autovía A-30 en el tramo Murcia-Puerto de la Cadena para mejorar la fluidez del tráfico mediante la construcción de un tercer carril en ambos sentidos en aquellos tramos donde no existe. Destacándose esta obra por la complejidad que supone la actuación en zonas de paso.**

Por **Alejandro Álvarez**, Ingeniero, Oficina Técnica de Hilti Española, S.A.

Agradecimientos: **Gustavo Pérez Morales, Ministerio de Fomento e Ignacio Villanueva, Jover (UTE TYPESA - Ingeconsult).**

Esta actuación permitirá aumentar la capacidad de la autovía de Murcia A-30, reduciéndose las retenciones que frecuentemente se producen en el tramo Murcia – Puerto de la Cadena, PK-142 al 158 (antiguos PK 395 al 411).

Este tramo de la autovía Murcia A-30 es la principal vía de conexión de la ciudad de Murcia con la de Cartagena, el litoral mediterráneo y con el Mar Menor. Soporta en el tramo del Puerto de la Cadena una intensidad media de circulación superior a 35.000 vehículos diarios llegando a más de 100.000 en el tramo más próximo a la ciudad de Murcia. Estos valores de intensidad se ven ampliamente superados durante muchos fines de semana a lo largo del año. A esta situación se une el hecho que circulando en dirección hacia Murcia, en el punto kilométrico 411 tiene lugar la conexión de la autovía del Mar Menor de titularidad autonómica con la autovía A-30. Los 4 carriles existentes se reducen a 3 carriles durante 2 kilómetros pasando a 2 carriles a lo largo de todo el descenso del “Puerto de la Cadena” produciéndose una situación de falta de capacidad cuando la intensidad de circulación es elevada.

Las obras que se iniciaron a comienzos del 2006 y que terminarán

para finales de este año han significado un importante desafío para resolver técnicamente la ampliación de esta infraestructura.

El objeto de este artículo es presentar al lector la ampliación de las vigas dintel de dos puentes carreteros, actuación enmarcada dentro de la obra “Ampliación a Tercer Carril de las Calzadas en la Autovía de Murcia A-30 en el tramo antes mencionado”. Dicha ampliación se ha realizado mediante el anclaje de barras corrugadas a posteriori con resina a la sección existente, y posterior armado y hormigonado de la nueva pieza.

**El uso de resinas de alta adherencia como la utilizada, Hilti HIT-RE 500, unido al conocimiento teórico del comportamiento de esta clase de uniones, permiten al proyectista realizar detalles constructivos similares a los que se habrían realizado si la estructura se hubiera realizado in situ.**

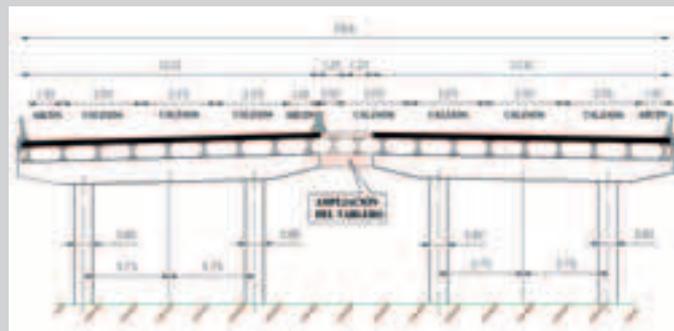
La obra en cuestión está siendo ejecutada por la constructora Acciona Infraestructuras S.A., siendo la Asistencia Técnica la UTE TYPESA - Ingeconsult. La Dirección Facultativa es desarrollada directamente por personal del Ministerio de Fomento, promotor de la obra.

## Ampliación de una estructura en servicio.

La ampliación de una estructura en servicio sobre lo ya ejecutado supone siempre un reto técnico. Por un lado es necesario el análisis del detalle de conexión entre los dos elementos y por otro, es necesario el recálculo de la nueva estructura, con unas acciones y un comportamiento que pueden ser diferentes

con respecto al estado inicial. En el caso de un puente carretero compuesto por dinteles aportricados sobre el que apoyan vigas prefabricadas, la ampliación del tablero para paso de vehículos pasa ineludiblemente por la ampliación de los dinteles de modo que sobre éstos, puedan apoyar nuevas vigas; por el contrario en el caso de un puente formado por un cajón con losa de

Vista previa a la intervención.



Sección transversal de vía sobre pódicos.



compresión la ampliación de la zona de rodadura se podría llegar a hacer prolongando las alas de éste sin necesidad de tener que ampliar los apoyos.

En nuestro caso se ha realizado hacia el interior, es decir, hacia la mediana. La ampliación por el interior suele ser preferible a nivel de traza, a la ejecutada por el exterior, influyendo el tipo de ampliación de manera distinta en el comportamiento de la estructura. Las Figuras 1 y 2

muestran el esquema de estado previo y de la intervención.

**El estado estructural del dintel previo a la intervención es simplificado el siguiente para las acciones permanentes:**

La prolongación de la estructura hacia el interior se puede enfocar a nivel estructural de dos maneras; aumentando el voladizo de cada uno de los extremos o dando continuidad a los dinteles interiores de

modo que éstos pasen a ser uno solo. Una alternativa viable es la armadura de negativos sobre el apoyo capaz de soportar el incremento de momento negativo que se genera. En caso contrario no es posible aplicar esta solución salvo con un refuerzo de la estructura.

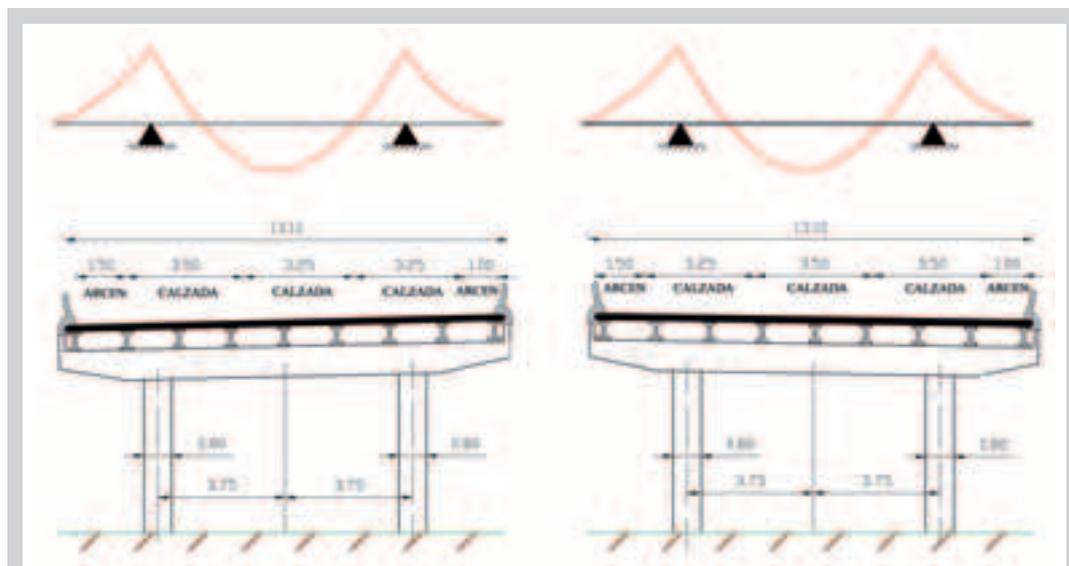
**Otra alternativa, como la adoptada en este caso permite que la zona central colabore a flexión positiva produciendo un reparto de momentos con respecto al**

**primer caso estudiado (Ver Figura 2).** La redistribución de esfuerzos será en función de las luces y rigideces de cada uno de los vanos. En función del armado y de las hipótesis de carga existentes se obtendrán los esfuerzos en la zona central que marcarán el armado de la ampliación.

Un punto esencial en esta nueva configuración es la zona de junta, en la que pasamos a centrarnos en lo que sigue y que es el elemento central de este artículo.

En principio lo ideal es que la ubicación de la junta coincida en la medida de lo posible con el punto en que se anula la ley de flectores para la hipótesis de carga más frecuente. Adicionalmente a esto será necesario dar continuidad a las acciones de flexión positiva o negativa de la pieza. El análisis de las necesidades estructurales para los esfuerzos nos definen las armaduras a anclar en la sección y en particular en la zona superior e inferior del dintel.

Tras el análisis estructural la armadura inferior a anclar, con objeto de dar continuidad al dintel, es de 6 barras de Ø32, siendo las dimensiones de éste de 800 x 1100 mm.



**Figura 1.** Esquema y estado estructural previo a la intervención.



La armadura superior no precisó de anclajes al estar la sección de unión sometida de forma permanente a momento flector positivo, de valor de cálculo  $M_d = 1050 \text{ kNm}$ , que a su vez tenía un cortante concomitante de  $950 \text{ kN}$ .

**Análisis de la conexión.**

Dado que la sección sobre la que vamos a fijar se encuentra hormigonada, el anclaje de las barras ha de hacerse a posteriori, siendo este aspecto un condicionante muy importante de cara a la ejecución.

El solape directo es complicado puesto que no es posible ubicar una barra junto a otra salvo que se descarne toda la superficie de hormigón para la ubicación de las nuevas barras y tras la limpieza de superficie se proceda al relleno mediante un mortero de alta resistencia, siendo el más idóneo aquél de base epoxídica por su mayor adherencia. La solución pasa entonces por realizar el anclaje de la barra por medio de un taladro en la sección y posterior introducción de la barra con resina de alta adherencia, solución finalmente adoptada. En nuestro caso la resina usada para garantizar el correcto anclaje de la barra fue la resina de base epoxídica Hilti HIT-RE 500.

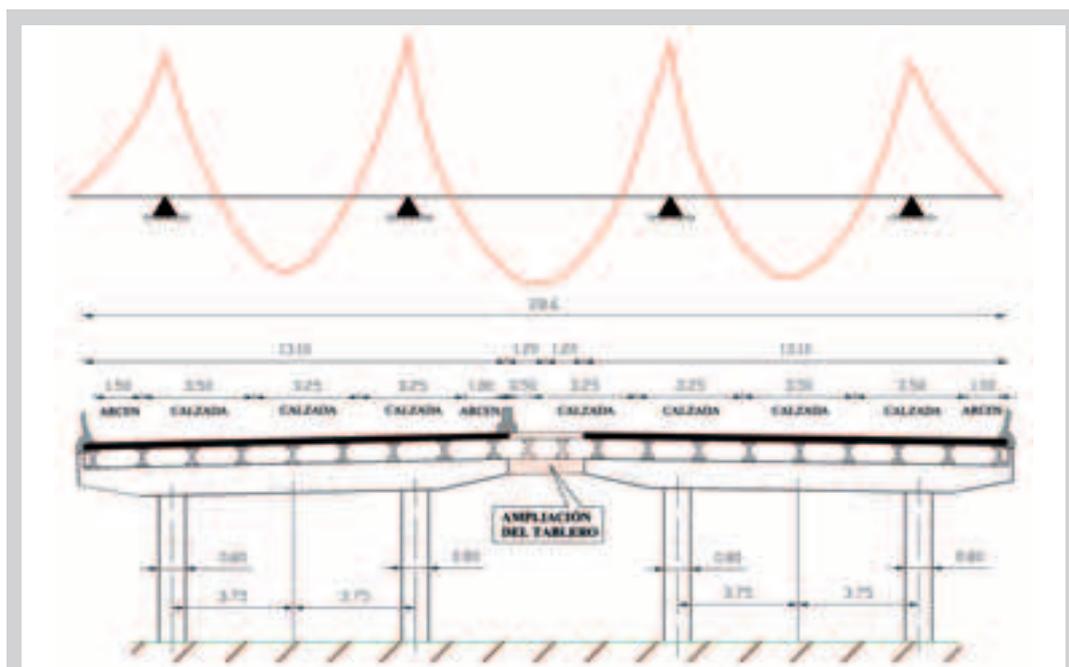


Figura 2. Esquema y estado estructural de la intervención.

La resina Hilti HIT-RE 500 garantiza unos valores de adherencia muy altos, por encima de los  $5,6 \text{ N/mm}^2$  con taladros ejecutados con diamante, y además un adecuado comportamiento en ELS por dotar al anclaje de la barra de una rigidez similar a la de una barra embebida, además de una protección frente a la corrosión similar o superior a la que el hormigón proporciona a la barra.

En base a estas elevadas adherencias en la interfaz resina barra y al mayor diámetro efectivo de la barra en su contacto con el hormigón es factible ir a formulaciones que permitan optimizar la longitud de anclaje. Éstas se basan en la discriminación de los modos de fallo del anclaje de las barras, Splitting, Pull Out o rotura de acero.

La expresión general aplicada es la recogida en la ACI 318:

$$\frac{l_b}{\phi} = \frac{9}{10} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \cdot \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{\left(\frac{c+K_{tr}}{\phi}\right)}$$

expresión general

$$\left(\frac{c+K_{tr}}{\phi}\right) < 2,5$$

limitación por Pull Out

## Aplicaciones técnicas 2

Página 10

A partir de ésta, y en base a I+D de Hilti se ha desarrollado una teoría de anclaje ampliada. Más información en el artículo "Anclaje de barras corrugadas a posteriori", publicado en el n.º 1 de la revista Ingenia.

En nuestro caso, asumiendo un armado transversal formado por cercos de Ø12/200 mm, una distancia a paramento inferior de 150 mm

obtenemos para las 6 barras Ø32 antes descritas una longitud de plastificación de unos 1200 mm asumiendo un hormigón con  $F_{ck}$  25/mm<sup>2</sup> fisurado, hipótesis del lado de la seguridad. La escasa distancia entre caras de dintel, limitó la longitud de las barras y por lo tanto, obligó a solapar con ayuda de soldadura, las barras previamente ancladas con resina Hilti. ■

### Datos de la obra

**Proyecto:** "Autovía de Murcia A-30. Tramo Murcia - Puerto de la Cadena. Ampliación de calzadas a tercer carril".

**Localización:** T.M. de Murcia.

**Propiedad:** Ministerio de Fomento. Demarcación de Murcia.

**Ingeniería del Proyecto:** UTE TYPESA - Ingeconsult.

**Asistencia Técnica:** UTE TYPESA - Ingeconsult.

**Contratista:** Acciona Infraestructuras.

### Aspectos relativos a la ejecución.

La ejecución de los trabajos se realizó del siguiente modo:



1. Picado de la superficie.



2. Replanteo, ejecución de taladros, limpieza.



3. Inyección de resina con el equipo Hilti PD 8000.



4. Colocación de barras.



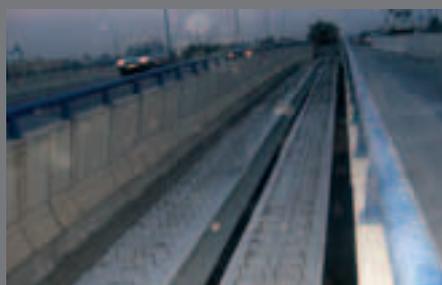
5. Ferrallado.



6. Hormigonado.



7. Desencofrado.



8. Colocación de vigas.



9. Armado de losas.



10. Hormigonado capa superior.



11. Extendido de capa de impermeabilización.

# Nuevas Consideraciones en el Principio de Compartimentación.

**El Código Técnico de la Edificación pretende responder a la creciente demanda de una mayor calidad en los procesos de la edificación.**

Por **Manuel Cajide**, Ingeniero, Desarrollo de Mercados, Hilti Española, S.A.

**E**l Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, de reciente entrada en vigor, pretende responder a la creciente demanda, por parte de nuestra sociedad, de una mayor calidad en los procesos de la edificación<sup>1</sup>.

Se trata de un instrumento normativo en el que se especifican una serie de Requisitos Básicos, relacionados con la seguridad de la edificación y el bienestar de sus ocupantes, entre los cuáles se da una especial relevancia a las condiciones de protección contra incendios, que quedan reflejadas en el Documento Básico "Seguridad en caso de Incendio" (DB SI). Dicho Documento establece reglas y procedimientos orientados al cumplimiento de una serie de Exigencias Básicas, seis en concreto, cuyo objetivo *consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental.*

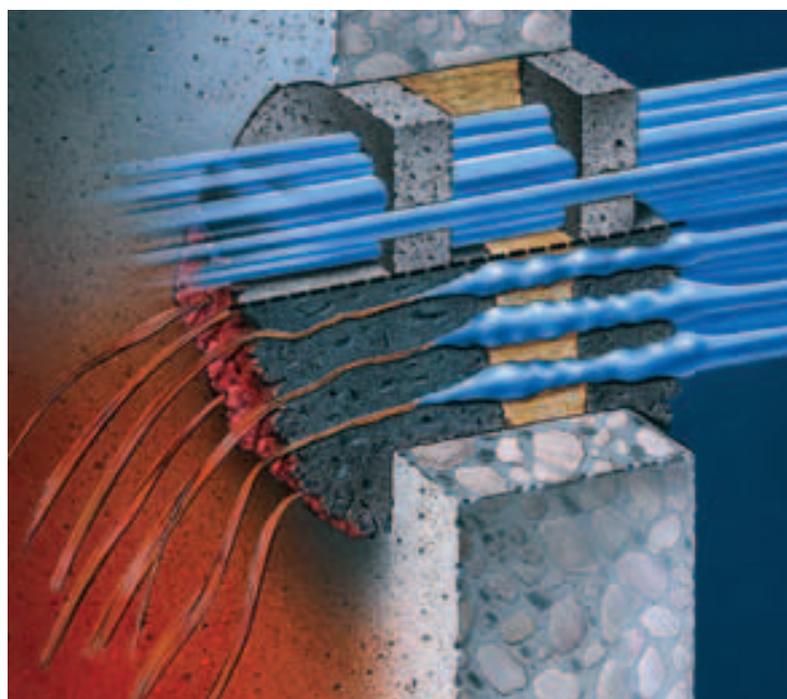
Y, como consecuencia de la voluntad de profundización que, en materia de los riesgos de propagación de un incendio por el interior de un edificio, se advierte en el nuevo Código, será de interés centrarse en la primera de las mencionadas

*Exigencias Básicas*, titulada Propagación Interior (SI 1).

De acuerdo con lo especificado en la misma, *los edificios se deben compartimentar en sectores de incendio* lo cual, si bien no supone novedad alguna en relación a normativas precedentes, resulta una verdadera declaración de intenciones desde el momento en que la mencionada *Exigencia* hace referencia a espacios ocultos para sentenciar sobre aquellas aplicaciones que se refieren al sellado de discontinuidades (ver figura 1) en juntas y pasos de instalaciones ubicadas en elementos de compartimentación de incendios como muros y forjados.

Tales *espacios ocultos*, definidos en el Código como *patinillos, cá-*

*maras, falsos techos, suelos elevados, etc.*, no son sino localizaciones sin acceso visual directo durante, por ejemplo, la rutina de una inspección para el control del cumplimiento de la *Exigencia Básica* referida a compartimentación (*SI 1 Propagación Interior*): *la resistencia al fuego requerida a los elementos de compartimentación de incendios se debe mantener en los puntos en los que dichos elementos son atravesados por instalaciones, tales como cables, tuberías, conducciones, conductos de ventilación, etc.* mediante, por ejemplo, algún tipo de *elemento que, en caso de incendio, obture automáticamente la sección de paso y garantice en dicho punto una resistencia al fuego al menos igual a la del elemento atravesado.*



<sup>1</sup> Ver en número 2 de esta revista, la entrevista realizada a D. José Luis Posada Escobar, jefe del Área de Seguridad y Accesibilidad del Ministerio de Vivienda.

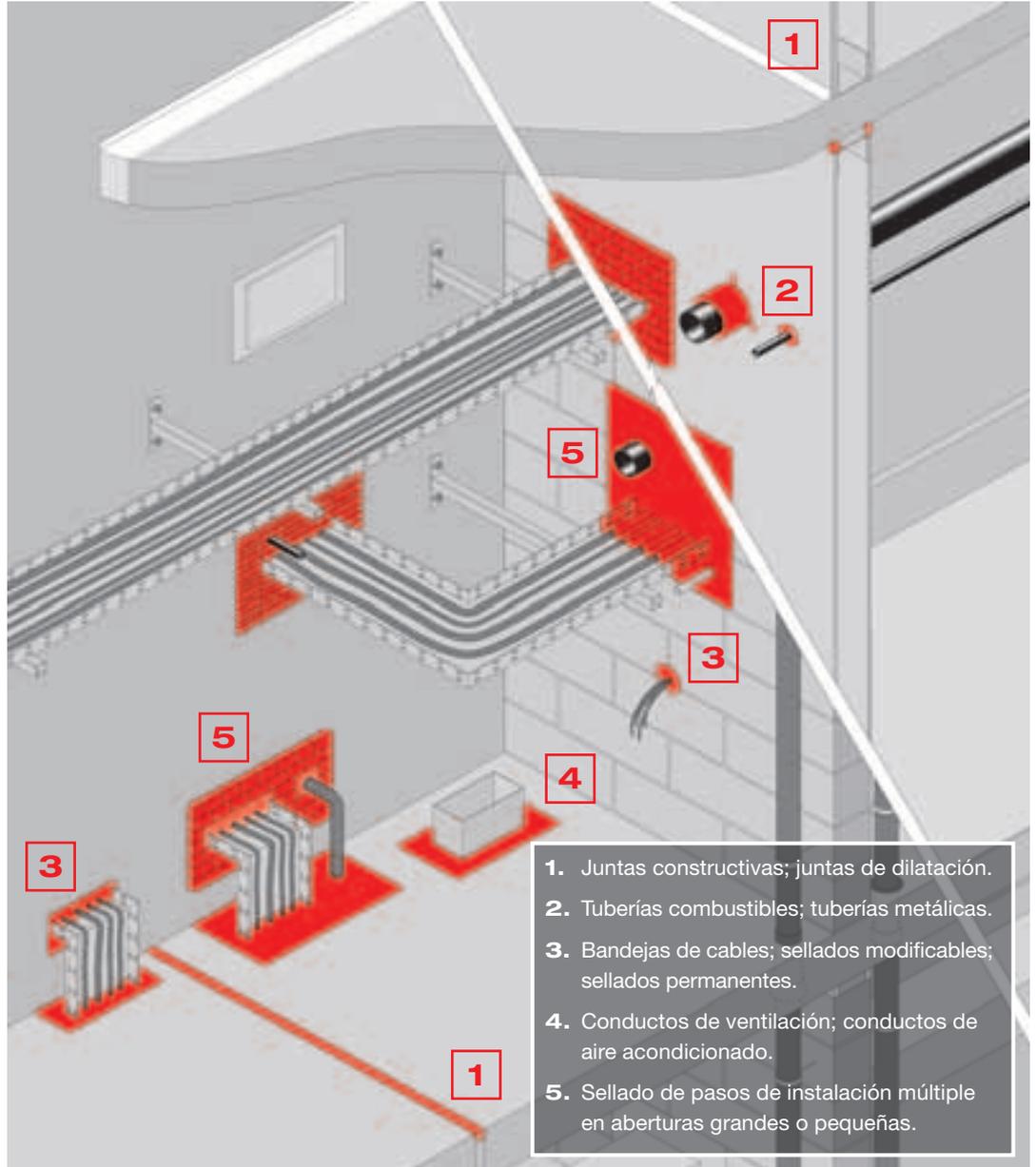
# Innovación

Página 12

De esta forma, queda patente la intención del nuevo *Código Técnico de la Edificación* de impulsar la consideración de las aplicaciones de sellados de protección pasiva contra el fuego, tan negativamente afectadas hasta el momento por variables tales como la escueta referencia a las mismas en anteriores reglamentos, su poco detallado o incluso nulo, en algunos casos, grado de definición en proyecto, su ejecución en la fase final de la obra, sometida ésta a plazos de entrega previamente comprometidos y presupuestos prácticamente agotados, así como la dificultad existente para el control de su consideración, como consecuencia de la ubicación de los puntos de actuación, en la mayoría de los casos fuera de alcance visual directo (*espacios ocultos*).

Sin embargo, y a pesar de las oportunidades que de cara al futuro nos brinda este nuevo marco normativo, habrá que ser prudente al respecto de la observación real y efectiva de algunos de los procedimientos especificados en el mismo. Ello dependerá de los esfuerzos que, a partir de este momento, se inviertan en velar por la puesta en práctica de los mismos, algo que precisará no sólo del control que se pueda llegar a ejercer por parte de los profesionales de los Cuerpos de Inspección, sino también del desarrollo del grado de conocimiento que, al respecto de las especificaciones consideradas por la nueva normativa, vaya adquiriendo el mercado:

- Profesionales del ámbito de la prescripción, desde la responsabilidad que supone la consideración, y su reflejo en proyecto, de todas las medidas oportunas para alcanzar un grado aceptable de seguridad en los edificios;
- Asociaciones de Profesionales del sector, como referentes para la divulgación de las mismas;
- Fabricantes y distribuidores, desde el compromiso en el desarrollo y la puesta a disposición de los profesionales del sector de soluciones innovadoras y de calidad, convenientemente ensayadas y homologadas conforme a la legislación vigente, y los



- Instaladores, considerando el compromiso que supone la ejecución de este tipo de aplicaciones.

El desarrollo del *Código Técnico de la Edificación* ha supuesto un gran esfuerzo desde no pocos esta-

mentos, y a lo largo de un dilatado período de tiempo, con la sola intención de lograr una mayor calidad en la edificación, de acuerdo a una concepción más exigente de lo que implica la calidad de vida para todos los ciudadanos en lo refe-

rente al uso del medio construido. A partir de este momento corresponde, al conjunto de los profesionales del sector, desde sus respectivas responsabilidades, poner los medios necesarios para materializar dicha concepción. ■

## ¿Por qué usar Sistemas de Protección contra el Fuego Hilti?

Hilti proporciona asesoramiento profesional sobre Sistemas de Protección contra el Fuego a los propietarios de los edificios, a los ingenieros y arquitectos, y a los instaladores. Trabaja estrechamente con ellos desde la fase de diseño hasta la instalación para seleccionar la solución o aplicación más adecuada de los sistemas de protección contra el fuego de Hilti. Hilti puede suministrar un completo rango de sistemas para sellar juntas, pasos de cables y tuberías en muros y forjados de

compartimentación. Todos los productos han sido optimizados para adaptarse a los requisitos de la construcción. Los instaladores se pueden beneficiar de la facilidad de uso de los productos Hilti de protección contra el fuego. Ellos mismos pueden instalar los sistemas de protección contra el fuego planificados y que sean necesarios con la seguridad de que los sistemas Hilti han sido ensayados en todo el mundo, y homologados de acuerdo a la normativa nacional.

# Equilibrio ecológico y garantía estructural. La madera y el CTE.



D. Ramón Argüelles Álvarez, Dr. Ingeniero de Montes y D. Francisco Arriaga Martitegui, Dr. Arquitecto, catedrático y profesor de Estructuras, respectivamente, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.

**La construcción en madera, se plantea como idónea para superar los requerimientos medioambientales presentes y futuros. Sin lugar a dudas ha recibido un impulso importante al entrar dentro del marco normativo del nuevo Código Técnico de la Edificación.**

**S**e llena así un espacio normativo, de forma que la construcción en madera pueda ser enfocada bajo un marco normativo completo. Estas y otras cuestiones relativas a la utilización de la madera en la edificación, han llevado a D. Alejandro Álvarez, responsable de la Oficina Técnica y a D. Juan Gaviña, coordinador de Grandes Clientes de Hilti Española, a realizar esta entrevista a D. Ramón Argüelles Álvarez,

Dr. Ingeniero de Montes y a D. Francisco Arriaga Martitegui, Dr. Arquitecto, ambos participantes activos en la redacción del borrador de la parte de SE de estructuras de madera del CTE.

## **Tradición y Tecnología.**

**La construcción en madera tiene una extendida trayectoria, representada en obras de arquitectura**

**y obra civil con presencia en casi todo el mundo, ¿Qué ventajas presenta la construcción con madera en pleno siglo XXI?**

Una de las particularidades de la construcción con madera es su ligereza. Esta característica hace que sea un material muy adecuado para las grandes luces, a través de la madera laminada encolada. La ligereza, unida a la facilidad de mecanización y de montaje, da lugar a un material idóneo para la

# La Opinión del Experto

Página 14

La construcción en madera: tradición y tecnología.



prefabricación e industrialización de la construcción.

A lo anterior, se suma el hecho de que es un material con unos requerimientos de energía en su fabricación mucho más reducidos que los tradicionales como el hormigón o los metales. Es un producto renovable, fabricado por la naturaleza y, con una adecuada gestión, fácilmente sostenible. La fabricación de una tonelada de acero requiere 60 veces más energía que una tonelada de madera. Sin lugar a dudas, este aspecto obligará a un uso creciente de la madera en el futuro. A esto se añade el hecho de que la madera es un acumulador de CO<sub>2</sub> lo que facilita el cumplimiento de las exigencias medioambientales actuales.

Desde fuera del ámbito de la madera, es fácil encontrar una imagen del material ligada exclusivamente a lo tradicional con pocas posibilidades de innovación y actualización. También se liga, por lo general, a obras construidas de elevado

precio comparado con otros materiales. Sin embargo, la realidad es muy diferente. La tecnología de la madera ha sufrido en las últimas décadas un avance enorme dando lugar a productos derivados estructurales de propiedades óptimas. El costo de las soluciones con madera tampoco está necesariamente ligado a un valor superior a otros sistemas. Curiosamente, frente a la creencia extendida de que la madera es un material no adecuado en caso de incendio, la realidad es que su comportamiento frente al fuego es muy previsible lo que permite prever el tiempo de resistencia al fuego con precisión. De esta forma, el cumplimiento de las especificaciones de la normativa de incendio es fácil de cumplir, aumentando si es preciso, las dimensiones de la sección.

**Profundizando en las ventajas de la construcción en madera y haciendo la analogía con el acero. ¿Qué ventajas presentan las vigas mixtas y en particular la solución madera-hormigón?**

Las soluciones mixtas con madera aprovechan la característica de su bajo peso en relación con su resistencia a la tracción. Es frecuente en rehabilitación reforzar las vigas de madera con acero u hormigón. En obra nueva los forjados de piso y los tableros de los puentes se pueden unir con la madera para formar elementos estructurales resistentes a la flexión, incrementando notablemente su rigidez y reduciendo en consecuencia la flecha.

**Uno de los aspectos críticos de las soluciones mixtas y en general de cualquier estructura ensamblada son las uniones. En el caso de las maderas se plantean varias opciones. ¿Qué posibilidades ofrecen las uniones basadas en barras encoladas?**

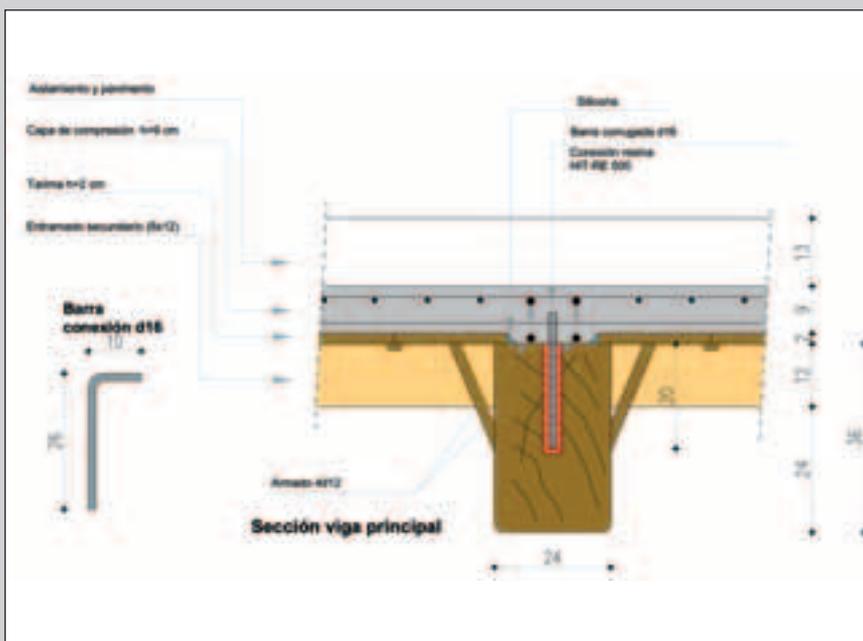
En la actualidad se están desarrollando numerosos trabajos de investigación basados en la utilización de barras encoladas para la ejecución de nudos rígidos, enlaces empotrados con la cimentación y refuerzos puntuales. En este campo el medio de

unión más utilizado son las resinas Epoxi. Como ejemplo se puede citar el producto **HIT-RE 500** de Hilti.

## Un mercado en expansión.

**Particularizando para nuestro mercado. ¿Cuál es el estado actual de la construcción con madera en España?**

Como es sabido, la madera se ha utilizado como material estructural en España desde siempre, hasta su pérdida de presencia con la aparición primero del acero y posteriormente del hormigón, quedando relegada a la utilización de grandes escuadras en construcciones tradicionales. Desde hace poco más de 25 años se empezaron a utilizar las técnicas modernas de construcción con madera, como las casas prefabricadas, madera laminada encolada y otros productos estructurales derivados de la madera. En la actualidad hay industrias de fabricación de estructuras con un nivel técnico y profesional excelente.



**Conexión con corrugados.**

Forjado mixto madera-hormigón.



**Aplicaciones:**  
**Consolidación.**  
 Ensayos realizados a tracción en los laboratorios centrales de Hilti.  
 Adherencia madera-resina en la dirección de las fibras de la madera.  
 Ensayo de extracción de varilla roscada Hilti M12 con resina Hilti HIT-RE 500.

Actualmente, el sector se encuentra en claro desarrollo y con seguridad el CTE ayudará en este sentido. El sector de fabricantes de casas de madera se encuentra en una clara fase de expansión; la utilización de la madera laminada encolada ya presenta una cierta estabilidad con tendencia a aumentar y la introducción en España de productos derivados de la madera con uso estructural procedentes de Europa ha sufrido un claro impulso recientemente.

**Profundizando en este último punto. El CTE ha supuesto sin duda un gran cambio dentro del panorama normativo español, no dejando indiferente a proyectistas, promotores y constructores. Concentrándonos en los aspectos estructurales. ¿Cuál es su opinión respecto al CTE?**

El CTE presenta aspectos positivos y negativos. Si centramos el tema en los Documentos Básicos que afectan a la Seguridad Estructural, es muy positiva la unificación del formato y planteamiento de las

bases de cálculo para cualquier material. Hay que tener en cuenta que, anteriormente, los planteamientos y notación de las diferentes normas presentaban cierta dispersión y falta de coherencia.

Otro aspecto positivo se encuentra en que supone un acercamiento al planteamiento de los Eurocódigos Estructurales, lo que facilita la comunicación con profesionales de otros países. Por otro lado, pensando que en un futuro no muy lejano los Eurocódigos serán normas de obligado cumplimiento en Europa la adaptación a través del CTE será muy sencilla. En relación con la madera existía un vacío reglamentario que suponía un obstáculo para la utilización de este material, que ha quedado cubierto con el CTE.

Como aspectos negativos podemos destacar que los DB del CTE, además de una mayor dificultad de interpretación, exigen unos procedimientos de cálculo mucho más

complicados que los anteriores; en muchos casos sólo pueden desarrollarse utilizando programas específicos de cálculo de estructuras. Desde el punto de vista de la enseñanza hay que tener en cuenta que el tiempo requerido para la exposición de algunos planteamientos superan las posibilidades prácticas del curso. Lo que posiblemente nos exigirá replantear la programación.

Por otro lado sorprende que los DB de Seguridad Estructural en el caso del hormigón y de las acciones sísmicas sigan refiriéndose a documentos externos, y no se hayan recogido dentro del CTE.

No obstante, el balance en su conjunto es muy positivo. Únicamente puede quedar la duda de si en la parte de Seguridad Estructural, **podrían haberse incorporado directamente los Eurocódigos y desarrollar los Documentos Técnicos Reconocidos, actualmente en fase de elaboración.** Los Documentos Técnicos Reconocidos son publica-

ciones de un tercer nivel que facilitan la aplicación del Código.

**Profundizando en los aspectos relativos a la madera, ¿Qué supone la aparición del CTE?**

Antes de la publicación del CTE no había normativa de cálculo de estructuras de madera de obligado cumplimiento en España. Lo habitual era utilizar normas de otros países y desde hace unos 10 o 15 años se utilizaba como referencia el Eurocódigo 5 de Estructuras de Madera. Por tanto, en este caso, la adaptación de los hábitos de cálculo de los proyectistas en España al CTE, ha sido muy sencilla para la madera. El DB de SE de Estructuras de Madera está basado en el Eurocódigo 5, tanto en los temas generales de bases de cálculo como en la determinación de la resistencia al fuego. El DB-SE-M ha añadido algunos aspectos que no estaban incluidos en el Eurocódigo, como el sistema de clases resistentes o la asignación del tipo de tratamiento de protección de la madera.

**La redacción de una norma es algo complejo y laborioso en la que han de intervenir diferentes personas y enfoques. ¿Qué participación ha tenido su unidad docente en la redacción del DB-SE-M?**

La Unidad Docente de Cálculo de Estructuras de la ETS de Ingenieros de Montes, ha redactado el primer borrador del DB de Seguridad Estructural de Estructuras de Madera. Este documento estaba basado en el borrador de la Norma Básica de la Edificación de Estructuras de Madera, en el que participó también esta unidad docente en 1993, colaborando con el entonces Ministerio de Fomento. Este proyecto de norma fue aparcado al aprobarse la Ley de Ordenación de la Edificación.

## Profesión e Investigación.

**Su labor dentro del ámbito de las estructuras es destacada, con publicaciones sobre acero, hormigón y madera. ¿Cuál es la vinculación entre la profesión de ingeniero de montes, las estructuras en general y en particular la construcción con madera?**

Tradicionalmente el ingeniero de montes ha estado muy vinculado al mundo de la madera. En su formación se imparten asignaturas que incluyen la selvicultura, la ordenación de montes, aprovechamientos y tecnología de la madera. Relacionado con la construcción se imparte Resistencia de Materiales y asignaturas de construcción con Madera, Acero y Hormigón. La docencia sobre el proyecto y cálculo de estructuras actuales de madera se realiza desde hace más de 20 años, en unos tiempos en los que no era habitual explicar este tipo de construcción.

**Por último, además de las labores pedagógicas que realizan dentro de Cátedra ¿Qué líneas de trabajo e investigación se desarrollan en su Unidad Docente?**

En lo que respecta a la investigación estamos centrados en el uso estructural de la madera con las líneas siguientes: Propiedades mecánicas; Técnicas no destructivas para la evaluación de propiedades mecánicas; Técnicas de estimación de propiedades mecánicas de estructuras de madera existentes y técnicas de consolidación y refuerzo de estructuras de madera. En el campo de la normalización la

Unidad Docente lleva la Presidencia y Secretaría del Subcomité 5 de Estructuras de madera del CTN 140 Eurocódigos y la Secretaría del Sucomité 6 de Estructuras de madera del CTN 56. Además, como se ha comentado anteriormente, ha participado en el desarrollo de normas relacionadas con el Cálculo de Estructuras de madera.

Desde hace más de 20 años desarrolla programas informáticos de cálculo de estructuras principalmente de acero y de madera, actualizados y puestos al día de forma permanente, debido a los avances de equipos y programación y al cambio de normativa. Estos programas son utilizados por empresas y por otras universidades. En cuanto a publicaciones, además de artículos en revistas especializadas, se han publicado libros sobre Cálculo y Análisis de Estructuras, Estructuras de Acero y Estructuras de Madera. Son publicaciones dirigidas a profesionales y alumnos de escuelas técnicas. Estos libros remontan su origen a más de 30 años y se han ido adaptando a la normativa existente. Este es el caso del Tomo 2 de Estructura de Acero, actualmente en imprenta, adaptado al CTE. ■

## Publicaciones relacionadas con estructuras de madera

- Arriaga, F., González, M.A., Medina, G., Ortiz, J., Peraza, F., Peraza, J.E. y Touza, M. (1994). *Guía de la madera para la construcción, el diseño y la decoración*. Editorial AITIM. (572 págs.).
- Peraza, J.E., Arriaga, F., Arriaga, C., González, M.A., Peraza, F., Rodríguez, M.A. (1995). *Casas de madera*. Editorial AITIM. (700 págs.).
- Argüelles, R. y Arriaga, F. (1996). *Estructuras de madera. Diseño y cálculo*. Editorial AITIM. (663 págs.).
- Argüelles, R., Arriaga, F. y Martínez C., J.J. (2000). *Estructuras de madera. Diseño y cálculo*. Editorial AITIM. Segunda Edición (663 págs.).
- Arriaga, F., Peraza, F., Esteban, M., Bobadilla, I. y García, F. (2002). *Intervención en estructuras de madera*. Editorial AITIM. (476 págs.).
- Arriaga, F., Peraza, F. y Esteban, M. (2003). *Madera aserrada estructural*. Editorial AITIM. (159 págs.). ISBN: 84-87381-25-1.

### Ramón Argüelles Álvarez

Doctor Ingeniero de Montes por la Universidad Politécnica de Madrid (1961). Profesor de Resistencia de Materiales y Construcción de la UPM (1965-70); Catedrático de Cálculo de Estructuras de la UPM desde 1970; Académico de número de la Real Academia de la Ingeniería.

Ha desarrollado su actividad profesional desde 1961 en el ámbito de la construcción. Al fundar en 1972 una empresa de construcción metálica, intensifica su trabajo en proyectos y construcciones de esta especialidad.

Ha escrito artículos y presentado ponencias y comunicaciones sobre diversos temas relacionados, generalmente, con la construcción metálica y de madera. Entre las publicaciones de su especialidad: El libro *Estructuras de madera. Diseño y cálculo*, recibió el premio al mejor libro de texto de la UPM (1996).

#### Actividades de normalización:

- Presidente del subcomité 5 de estructuras de madera del CTN 140 “Eurocódigos” de AENOR.
- Colaboración con AITIM (Asociación de Investigación Técnica de la Madera) en diferentes trabajos orientados a facilitar el acercamiento del proyectista a las aplicaciones estructurales de la madera y difundir su uso (cursos, jornadas de divulgación, etc.).

### Francisco Arriaga Martitegui

Dr. Arquitecto, 1987. Universidad Politécnica de Madrid. Profesor Titular de la Cátedra Estructuras. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.

Su labor profesional no sólo se circunscribe en el ámbito de la docencia sino que también a su destacada labor como investigador y sus aportaciones en el área de estudio sobre el uso estructural de la madera.

Asimismo, ha escrito numerosos artículos y libros entre los cuales cabe destacar la “Guía de Madera para Construcción” (1994), “Intervención en Estructuras de Madera” (2002), “Madera Aserrada Estructural” (2003) entre otros.

#### Actividad de normalización:

- Secretario del subcomité 6 de Estructuras de madera del CTN 56 y el subcomité 5 de Estructuras de madera del CTN 140 “Eurocódigos” de AENOR.
- Miembro del equipo redactor de la ponencia de la norma básica de la edificación de estructuras de madera (1993-99).
- Miembro del equipo redactor del borrador de la parte SE de Estructuras de madera del CTE.
- Convenio de colaboración con AITIM (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho) para el campo del uso estructural de la madera.

# Nuevo Anclaje universal Hilti HRD-U8. Calidad de fijación única.

**Bajo un concepto totalmente nuevo “Anclaje con tres niveles de seguridad”, el anclaje universal Hilti HRD-U8 incorpora un diseño de tornillo totalmente innovador con dos tipos de rosca, patentado por Hilti, que permite un atornillado y expansión de manera fiable y segura.**

## Problemas frecuentes en ladrillo hueco.

La colocación de anclajes en ladrillo hueco siempre es problemática. Este tipo de ladrillo es delicado y relativamente frágil. El material se rompe en el interior de la superficie del ladrillo cuando se perfora dejando una depresión cónica. Esto generalmente causa un taladro demasiado grande así como la reducción de la superficie exterior. El anclaje debe por tanto cumplir dos requisitos:

1. Compensar las tolerancias del tamaño del taladro.
2. Ofrecer una alta resistencia en sujeción.

## Anclajes de 8 mm de diámetro y mayores: Sujeción por fricción.

Una alta capacidad de sujeción es de gran importancia con los anclajes a partir de 8 mm de diámetro. El mecanismo de expansión ya no es capaz de realizar esa función de compensación ya que el plástico cede y se dobla. Para poder conseguir la alta capacidad de sujeción

que se requiere, hay que hacer uso de materiales más fuertes: el tornillo y el ladrillo. El cuerpo plástico del anclaje entonces servirá de amortiguador entre el tornillo y el ladrillo, rellenando las grietas en la dura superficie del ladrillo, distribuyendo las fuerzas a sujetar.

## Profundidad de empotramiento mayor.

Los anclajes a menudo se insertan con una profundidad mayor a la requerida con la intención de aumentar su capacidad de sujeción. Esto puede presentar problemas en ladrillo hueco. La superficie exterior del ladrillo normalmente ofrece una resistencia mayor que las de su interior. Además, la zona de expansión del anclaje se desplaza hacia el interior del taladro incontrolablemente y por ello no puede realizar la función para la que ha sido diseñado. Consecuentemente, más que incrementar la carga que puede soportar, la inserción del anclaje a una profundidad de empotramiento superior suele hacer que la capacidad de sujeción disminuya.

**El HRD-U8 tiene en cuenta todos estos puntos.**

1. El taco de plástico se expande suavemente al principio compensando las variaciones en el diámetro del orificio (tolerancias).
2. Cuando se introduce el tornillo, el plástico se agarra fuertemente ya que se introduce en las pequeñas hendiduras de la rugosa superficie del ladrillo.
3. Una sujeción eficiente en la superficie exterior del ladrillo queda asegurada por la innova-

dora doble rosca. El anclaje obtiene de este modo los valores de carga óptimos.

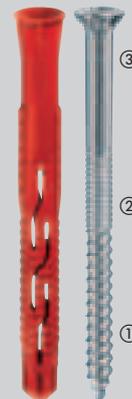
## Primer Anclaje de plástico con homologaciones ETAG.

El nuevo Hilti HRD-U8 es el primer anclaje de plástico, cuyas cargas son aprobadas de acuerdo a las nuevas directivas de homologaciones técnicas europeas: ETAG-020. Además, este tipo de anclaje fabricado con un robusto y alto grado de poliamida ofrece la máxima fiabilidad en un amplio rango de temperaturas de -10° C a +40° C. ■

## El secreto del tornillo con tres niveles de seguridad.

El exclusivo tornillo de Hilti ofrece un rendimiento excepcional gracias a su óptimo diseño.

1. Paso de rosca más amplio para la máxima velocidad de atornillado.
2. Nueva geometría de roscado para una expansión suave y controlada. El ángulo de curvatura de roscado doble permite una sujeción extremadamente segura incluso en materiales problemáticos. Resistencia incrementada al final del atornillado como signo de indicación de su correcta inserción.
3. Nuevo diseño de la cabeza del tornillo y del taco de poliamida para evitar el posible giro en el taladro o placa base. El anclaje expansiona excepcionalmente en la parte más resistente del ladrillo, su superficie externa.



## Hilti HRD-U8, un anclaje, que ya cumple con los requerimientos del mañana



Estructuras ligeras.



Aplicaciones ligeras en metal y aluminio.



Marcos de puertas y ventanas ligeras (aluminio y PVC).



Rehabilitación y obra nueva: aplacado ligero de fachada.

# A un milímetro de la perfección

## Hilti revoluciona la medición láser. Hilti PD 40 y Hilti PD 42

Los nuevos medidores láser Hilti PD 40 y Hilti PD 42 constituyen un avance decisivo en las herramientas láser. Con precisión de 1 mm, ocupan el primer puesto del mundo entre las de su clase. Excepcionalmente fáciles de utilizar y muy robustos, son indispensables para una completa gama de trabajos, ahorrando más tiempo en sus mediciones.

### Medidas de largas distancias al alcance de la mano.

Manejables y fuertes, estas herramientas son las más precisas de su categoría. Caracterizadas por su clara pantalla y sencillo funcionamiento, la nueva gama de medidores Hilti coloca distancias de hasta 200 metros en la palma de su mano. Permiten que una sola persona lleve a cabo fácilmente la mayoría de trabajos de medición de otro modo inaccesibles, así como su almacenamiento y utilización para los cálculos. No importa si se trata del posicionamiento de carriles para particiones de tabique seco, de mediciones para la instalación de ventanas o de la creación de diversos tipos de planos, los profesionales de todos los gremios comprobarán que esta herramienta innovadora ofrece una base rápida y fiable para prácticamente todos los trabajos de medición en obra. Incluso en ambientes exteriores con condiciones de mucha luz solar brillante, los medidores Hilti PD 40 y Hilti PD 42 pueden cubrir hasta 100 m sin necesidad de utilizar una diana re-

flectante, y hasta 200 con este manejable accesorio de Hilti. Para aquellos lugares de difícil acceso, el Hilti PDA 71, otra novedad consistente en una extensión de medición, hará realidad lo que parecía imposible. La detección de dicho accesorio es automática por lo que no existe riesgo de error.

### Más funciones para una buena medición.

El medidor láser Hilti PD 42 incorpora funciones de medición avanzadas para cálculos complejos. La MIN/MAX por ejemplo, puede utilizarse para comprobar los ángulos rectos y el paralelismo, mientras que la función de Pitágoras permite medir distancias indirectamente. Una completa gama de funciones geométricas a su disposición con solo pulsar una tecla. Esta innovadora herramienta es perfecta para aplicaciones exteriores de construcción general o en estructuras de acero. La dirección del láser sigue siendo sencilla incluso con luz solar intensa, gracias al visor óptico integrado. La colocación



de encofrados, el cálculo de volúmenes para el vertido de hormigón o la alineación de las vigas de acero en paralelo de forma precisa, son solamente algunos ejemplos de los trabajos que se pueden realizar de forma fácil, rápida, y exacta con el Hilti PD 42.

## Servicio sin límites

 <p><b>SERVICIO DE CALIBRACIÓN</b></p>	 <p><b>2 Años</b></p>
	<p><b>SERVICIO DE POR VIDA</b></p> <p>De por vida</p> <p><b>COSTE CERO</b></p>

Para asegurar la fiabilidad y precisión de acuerdo con los estándares y requerimientos obligatorios, Hilti recomienda que las herramientas de medición láser sean comprobadas con regularidad por el Servicio de Calibración de Hilti. La concordancia con las especificaciones aplicables se confirma por medio de un Certificado de Calibración.

Hilti ofrece un servicio integral de primera clase durante toda la vida útil de la herramienta, completamente gratis durante los dos primeros años desde la fecha de compra. Más información en [www.hilti.es](http://www.hilti.es)



El Hilti PD 42 hace la colocación de pilares y el cálculo del volumen para el vertido de hormigón más sencillamente que nunca.



Los perfiles de tabique seco pueden ser posicionados de forma rápida y precisa con los medidores Hilti PD 40 y Hilti PD 42.

# Seguridad total en sus Proyectos

El equipo Hilti de especialistas técnicos formado por ingenieros y arquitectos altamente cualificados, cumple esta importante tarea con competencia y fiabilidad, asesorándole con la solución más adecuada para cada situación. Hilti considera que ofrecer asesoramiento y ayuda técnica es tan importante como tener las herramientas ideales para los profesionales de la construcción.



## Programa de Cálculo de Anclajes Hilti PROFIS Anchor

- Fácil manejo
- Rápido y potente
- Para diseños seguros



PROFIS Anchor está disponible gratuitamente. Descárguelo en [www.hilti.es](http://www.hilti.es) o solicite el programa en CD-ROM

## Material Técnico Hilti



## La Oficina Técnica de Hilti colabora con los departamentos técnicos en la definición de sus proyectos.

- Proporcionando **soporte técnico, asesoramiento y ayuda profesional** a los estudios de ingeniería y arquitectura.
- Ayudando eficazmente en la **obtención de soluciones** a problemas técnicos.
- **Facilitando software** y programas de diseño accesibles en la red en [www.hilti.es](http://www.hilti.es)
- Dando **formación técnica** en el uso correcto de programas y software Hilti.
- Cálculo y aplicación de anclajes y corrugados a posteriori, cálculo de conectores para vigas mixtas, **cálculo y diseño integral** de soportaciones de instalaciones.
- Prestando su apoyo en la ejecución de **grandes proyectos**, realizando ensayos de nuestros sistemas en aquellas situaciones de obra que lo hagan necesario.





**Hilti. Superando expectativas.**

Hilti Española, S.A. | Avda. Fuente de la Mora, 2 | Edificio 1 | 28050 Madrid | T 902 100 475 | F 900 200 417 | [www.hilti.es](http://www.hilti.es)