

# Estructura mixta madera hormigón

La utilización solidaria del hormigón junto a la madera presenta ventajas frente a las soluciones exclusivas de madera u hormigón. El resultado es más ligero que el caso de una estructura de hormigón, permite dejar vista la estructura, mejora el comportamiento acústico frente a la solución en madera y se consigue un efecto de diafragma de gran rigidez y eficacia.

## Conexión

El punto crítico de estos sistemas se encuentra en la conexión entre la madera y el hormigón. Esta conexión debe ser suficientemente resistente y rígida para garantizar un grado adecuado de solidaridad entre ambos materiales. Este problema ha dado lugar a numerosas soluciones constructivas con diferente eficacia. Los sistemas estructurales mixtos madera y hormigón pueden clasificarse en función del tipo de conexión en los siguientes: puntuales o continuos y en seco o encolados. Los puntuales utilizan conectores (barras, conectores específicos, tirafondos, etc) colocados a distancias reducidas y normalmente menores según se acerca a los apoyos. Los continuos emplean elementos de fijación más pequeños pero a distancias muy cortas, casi continuas. Y



la diferencia entre disposición en seco o encolada se encuentra en el modo de transmitir o de conectar el elemento a la madera; bien por encolado con formulaciones de tipo epoxi o simplemente mediante conexiones mecánicas. Para la ejecución en obra es más fácil de controlar la solución en seco que las encoladas. Una de las ventajas que ofrecen las estructuras mixtas de madera y hormigón es la facilidad para constituir un diafragma de gran eficacia. Para ello la capa de hormigón se remata introduciendo en el muro un zunchillo de hormigón armado para conseguir una mejor conexión con la fábrica. En Italia, con un grado sísmico importante, este recurso es de gran utilidad al mejorar la respuesta de conjunto de los muros de fábrica con los forjados.

## Sistema HSB

El sistema HSB (Habitat

System Beton) es uno de los recientes procedimientos de conexión que ha sido propuesto por la empresa italiana de madera laminada encolada Habitat Legno S.p. A. (Socio de la empresa española Holtza S.A.). Con este sistema se han realizado en Italia tres obras con una superficie total de 18.000 metros cuadrados. El sistema puede clasificarse dentro de los procedimientos de conectores “en seco”, es decir que no incluyen formulaciones epoxi u otros adhesivos para la conexión madera-conector. Los conectores empleados son una derivación de los conectores de anillo (tipo Appel) con un elemento saliente de sección circular que queda embebido en el hormigón. Están fabricados en aluminio por inyección. Un clavo de fuste helicoidal fija el conector y resiste los pequeños esfuerzos de



arranque que pudiera sufrir. De acuerdo con el cálculo, estos conectores se distancian a valores que oscilan entre 30 y 50 cm aproximadamente. Puede utilizarse para el refuerzo de forjados antiguos de madera en los que sea necesario aumentar su capacidad mecánica, aunque parece más pensado para la construcción de forjados nuevos empleando madera laminada encolada. Los requisitos de horizontalidad y regularidad hacen más sencilla su aplicación en estructuras nuevas. En estos casos las vigas de madera laminada están protegidas por un envoltorio de polietileno desde la fase de transporte hasta la puesta en obra. El entrevigado puede ser de tabla de madera, rasillón cerámico o espuma sintética (aislante térmico) y debe apoyar

sobre el borde superior de la vigueta al menos 2 cm, sin que interfiera el conector.

El hormigón con una resistencia característica de 25 N/mm<sup>2</sup> se arma con una malla electrosoldada de 6 mm de diámetro y con un marco de 20 x 20 cm. En buena práctica que al apelar la estructura se incluya una contraflecha de 1/300 de la luz de forjado, al menos mediante una línea de sopandas central.

### Ensayos

En el laboratorio de ensayos del FMPA del Otto Graf Institut en Stuttgart, se han realizado ensayos de flexión sobre 5 probetas formadas con vigas de madera laminada de 120 x 198 mm, con una capa de hormigón de 50 mm sobre un aislante térmico de otros 50 mm de grueso. La anchura de

esta capa de compresión era de 500 mm y la luz de la viga de 580 cm. Se colocaron 15 conectores con un diámetro de 65 mm y una altura total de 85 mm, sobresaliendo de la madera 70 mm, separados a distancias variables en función de la ley de cortantes correspondiente a una viga biapoyada con carga uniforme.

Se tomaron medidas de la flecha máxima y del deslizamiento entre la madera y el hormigón. La capacidad de carga en la rotura resultaba ser del orden de 2,7 veces mayor que la correspondiente a las vigas de madera independientes y las gráficas de carga deformación siguen una ley muy similar a la que se origina en el caso de la madera actuando de forma independiente. De las cinco probetas en dos de ellas el fallo se produjo por deslizamiento entre la madera y el hormigón, mientras que en el resto el origen se encontró por tracción en la madera. En el Otto Graf Institute se han realizado numerosos ensayos de prototipos de conectores en esta aplicación y en este caso se ha encontrado una mayor correlación entre los resultados experimentales y los teóricos. Es el primer procedimiento de conexión para madera y hormigón que el Otto Graf Institute certifica de acuerdo con la normativa DIN 1052-1.

FRANCISCO ARRIAGA MARTITEGUI  
ARQUITECTO

MÁS INFORMACIÓN: [WWW.HOLITZA.ES](http://WWW.HOLITZA.ES) -  
[HOLITZA@HOLITZA.ES](mailto:HOLITZA@HOLITZA.ES)

### Bibliografía:

**Cecchi, A. (1.989).** *Rinforzo di solai in legno mediante soletta collaborante in calcestruzzo armato con collegamenti di tipo elastico. Il restauro del legno, volume secondo.* Nardini Editore, Florencia. Pags. 207-213..

**Ceccotti, A. (1.995).** *Timber-concrete composite structures.* Timber Engineering. STEP 2, E13. Editado por Centrum Hout, Holanda.

**Lambillon, J. (1.995).** *Le plancher "Bois-Béton V" de Claude Blouet.* L'Industriel sur Bois, janvier 1.995. Pags. 34-35.

**Laner, F.** *Nuove tecnologie per il recupero dei solai in legno.* Rev. Adrastea 2,95 Edolo. Italia. Pág. 40-45.

**Laner, F.** *Dal cantiere al laboratorio e dal laboratorio al cantiere. (Cronistoria dei connettori continui LPR della Peter Cox.* Rev. Adrastea 9.97. F. Edolo, Italia. Pag. 34-44.

**Monfort, J. y Pardo, J.L. (1.996).** *Reparaciones de forjados mediante hormigón. Seminario de "La conservación de la madera en los edificios antiguos". Patología de elementos lineales de madera, inspección y diagnóstico.* Universidad Politécnica de Valencia. E.U. de Arquitectura Técnica. Valencia 22 de marzo de 1.996.

**Sistema LPR.** *Documentación técnica de la empresa Peter Cox Interventi Speciali S.r.l.*

**Tampone, G. (1.989).** *Problematiche operative nel cantiere di consolidamento di un solaio ligneo nella sede del genio civile di Firenze.* Legno e restauro. Editrice Dialogo, Florencia. Pags. 207-208.