

# Consolidación de estructuras de madera

Por:

FRANCISCO ARRIAGA MARTITEGUI

Arquitecto

---

*El presente artículo resume lo trabajado hasta ahora en el Proyecto de Investigación de AITIM: "Consolidación de Estructuras de Madera mediante refuerzos embebidos en formulaciones epoxi."*

*Este Proyecto, se comenzó a finales de 1984 y ha estado ralentizado en su ejecución por dificultades de financiación. Se espera su terminación para finales de este año.*

## INTRODUCCION.

La madera es uno de los materiales más utilizados como elemento estructural, a través de la historia. Su disponibilidad, junto con su capacidad de resistencia a las solicitaciones de flexión, hicieron de él un material idóneo para forjados de piso, así como su resistencia a la tracción y compresión, unida a su ligereza y trabajabilidad, permitieron su utilización en armaduras de cubierta.

Por su naturaleza orgánica, la madera se encuentra sometida al riesgo de ataques de agentes xilófagos. Este riesgo aumenta cuando debido a una falta de conservación o a defectos constructivos, se originan humedades que

afectan a la madera, favoreciendo el desarrollo de los agentes xilófagos.

Las técnicas actuales para la conservación de la madera, generalmente mediante tratamientos químicos, permiten la aplicación de tratamientos curativos y preventivos, que detienen la degradación y garantizan la durabilidad de la madera. Sin embargo, la recuperación de la resistencia original de la pieza estructural, en las zonas destruidas, es tarea más compleja.

Cuando el grado de deterioro de la madera hace peligrar la seguridad de la estructura, generalmente se recurre a alguna de las siguientes soluciones:

- Sustitución de la madera por otros materiales estructurales.
- Prótesis de refuerzo atornilladas o clavadas.
- Reposición de las piezas más degradadas por madera nueva.
- Estructuras auxiliares de apeo con carácter más o menos temporal.

La sustitución de la madera por otros materiales, lleva consigo el inconveniente de la

pérdida de la estructura original, además del coste del desmontado de la misma y el valor de la nueva estructura. Esta opción queda descartada, cuando se trate de estructuras con valor histórico, artístico o tecnológico. La reposición de los elementos más deteriorados presenta la dificultad de encontrar, en la actualidad, secciones con la longitud suficiente y debidamente curadas. Y las soluciones de refuerzos unidos mediante clavado o atornillado, además de su aspecto estético, no descable a veces, no garantiza un funcionamiento mecánico adecuado.

El desarrollo de la tecnología de las resinas epoxi abre un nuevo campo para la consolidación estructural de la madera.

Su aplicación para el caso de estructuras de madera cuenta las primeras realizaciones en Europa de hace aproximadamente unos 15 años, mediante el Sistema "Beta", desarrollado por el "Bureau Beta" en Holanda.

Estos métodos consisten, principalmente, en la instalación de refuerzos dentro de la madera, embebidos en formulaciones epoxídicas.

## OBJETIVOS.

Los objetivos de este trabajo se centran en el estudio del comportamiento mecánico de estos métodos de consolidación, mediante la utilización de refuerzos con materiales compuestos (resina de poliéster y fibra de vidrio) y formulaciones epoxi.

Las peculiares características físicas de la madera, como son su naturaleza anisótropa, la higroscopicidad y la variación del volumen en relación con su contenido de humedad, presenta aspectos específicos, que no aparecen en otros materiales, al menos en el mismo grado, y que son objeto de análisis en este estudio.

La finalidad práctica, a la cual está dirigido este trabajo, es la consolidación de estructuras de madera, principalmente de interés histórico o artístico, aunque es igualmente aplicable en otros casos.

## COLABORACION DE EMPRESAS RELACIONADAS CON EL TEMA.

Los primeros movimientos se orientaron hacia la toma de contacto con empresas relacionadas con los productos empleados en estos sistemas.

Para la elección del tipo de resina a emplear, se partió de referencias de estudios y trabajos en otros países. Así, se tenían datos sobre la utilización de formulaciones de la casa SIKA, S. A., con resultados satisfactorios, en Canadá y Estados Unidos. Dicha empresa mostró interés por el estudio y pudimos contar con su participación mediante la donación del material necesario para los ensayos y el asesoramiento técnico en sus productos.

En cuanto al material empleado como refuerzo, se optó por aquél, que en principio, puede ofrecer mejores resultados, como son los materiales compuestos, consistentes en una matriz de resina de poliéster y un refuerzo de fibra de vidrio. Para ello, se contactó con empresas fabricantes de estos productos (Bremen, S. A., Polymec, S. A. y Nioco, S. A.), que también participan con la donación del material necesario para los ensayos y su asesoramiento.

## METODOLOGIA.

A continuación se describen las líneas generales seguidas en los ensayos:

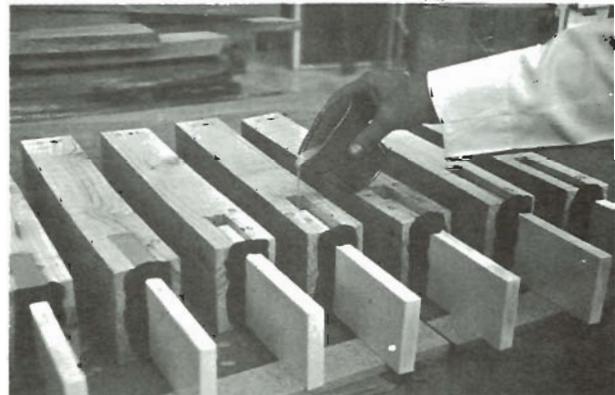
Propiedades mecánicas propias de los materiales:

- Formulación epoxi.
- Materiales compuestos.
- Madera.

Propiedades de adherencia entre materiales:

- Adherencia entre formulación y madera.
- Adherencia entre formulación y material compuesto.

Preparación de probetas para simulación a mediana escala



Comportamiento de los tres materiales en conjunto.

-Ensayos a escala mediana.

Comportamiento de estas soluciones frente a ciclos de:

-Humedad.

-Temperatura.

## RESULTADOS PARCIALES OBTENIDOS.

Se resumen esquemáticamente, a continuación, algunos resultados obtenidos hasta la fecha.

- En cuanto a las propiedades mecánicas propias de los materiales se ha hecho hincapié en aquellas como la resistencia a esfuerzo cortante, decisivas en estas soluciones, y no muy estudiadas por los fabricantes.

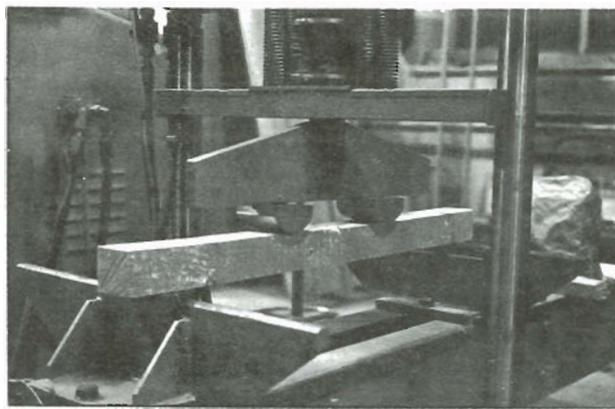
Formulación epoxi:

La resistencia a la flexión oscila, según la formulación, entre 300 y 400 Kp/cm<sup>2</sup>. A la compresión entre 500 y 600 Kp/cm<sup>2</sup>. Y el módulo de elasticidad a flexión desde 5.500 para la formulación menos rígida hasta cerca de 50.000 Kp/cm<sup>2</sup> en la más rígida.

La resistencia al esfuerzo cortante se acerca a los 190 Kp/cm<sup>2</sup>, en todas las formulaciones estudiadas, a partir de los 21 días de edad.

## MATERIALES DE REFUERZO.

Del estudio, de materiales compuestos en forma



Ensayo de una viga a mediana escala, consolidada en el centro de la luz.

de barras y placas se deducen resistencias suficientemente elevadas para su empleo en la consolidación.

La resistencia al esfuerzo cortante tiene gran importancia en el refuerzo mediante elementos planos, resultando de los ensayos correspondientes una resistencia muy superior en aquellos materiales constituídos con un refuerzo de fibra de vidrio en "mat".

## ADHERENCIA ENTRE SOPORTE Y FORMULACION.

Madera y formulación.

Se ha estudiado la influencia de ciertas

variables en la tensión tangencial de rotura. Deduciéndose lo siguiente:

La tensión tangencial de rotura de la unión, es función de la propia resistencia a cortante de la especie de madera.

El grado de rugosidad de la superficie del soporte en general, influye con un aumento de la tensión de rotura (de un 10 a un 20 % ), cuando la superficie tiene ciertos resaltos frente a una lisa.

El tipo de formulación empleado no parece influir en la resistencia de la unión.

## MATERIAL COMPUESTO Y FORMULACION.

Las tensiones de adherencia entre el elemento de refuerzo (Resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio) y la formulación, son muy elevadas (del orden de 120 a 180 kp/m<sup>2</sup>, según tipos)

La influencia del tratamiento previo de la superficie del soporte con un lijado ligero, resulta de tal forma que, en general, produce un aumento de la resistencia de la unión de un 10 % . Aunque según el tipo de material, puede en algún caso, reducir la resistencia.

Ensayo de adherencia tangencial, entre la fibra de vidrio y la formulación

