

## Nota Técnica

### Madera, en restauración y rehabilitación

### *Wood, in restoration and rehabilitation*

Enrique Nuere\*

#### RESUMEN

Se presentan en este artículo algunos aspectos relacionados con la recuperación de las estructuras de madera. El autor del mismo indica cómo los criterios de sustitución de estructuras de madera por estructuras de acero, a menudo utilizadas en la restauración, han sido por lo general un error, que han perjudicado las obras con más de 400 años de antigüedad. Se presentan las experiencias del autor en cuanto a los daños que se producen en las estructuras de madera, principalmente por los xilófagos y cómo pueden ser solucionados estos problemas de forma sencilla; una de las soluciones es evitar que el contenido de humedad de la madera sobrepase el 20%, otras soluciones pasan por la sustitución de parte de los elementos estructurales a través de una prótesis a base de resinas o con la colocación de maderas de similares características a las existentes en las obras.

Por último, el autor llama la atención sobre la carencia de una normativa sobre estructuras de madera, hasta la reciente aparición del Código Técnico de la Edificación, que a su juicio es positivo aunque destaca su conservadurismo.

850-14

**Palabras clave:** estructuras de madera, daños en estructuras de madera, rehabilitación restauración.

#### SUMMARY

*The author of the present discussion of the restoration of wood structures maintains that the generally erroneous practice of replacing wood with steel members has had detrimental effects on 400-year-old structures. He describes the damage observed in wood structures, due primarily to xylophages, along with simple solutions. These include keeping the moisture in the wood from exceeding 20% and replacing part of the structural members with a resin-based prosthesis or the existing wood with wood of similar characteristics.*

*Lastly, he notes that there was no legislation on wood structures until the recent enactment of the Technical Building Code, which he finds beneficial, if somewhat conservative.*

**Keywords:** wood structures, damage to wood structures, rehabilitation, restoration.

\*Dr. Arquitecto, Profesor Titular de la ETSAM

Persona de contacto/Corresponding author: (Enrique Nuere)

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista técnico, a la hora de reparar estructuras de madera, no existen diferencias reales entre intervenir en obras de restauración monumental o de rehabilitación, ya que las únicas diferencias dependen de los criterios concretos que establece la ley de conservación del patrimonio histórico en las actuaciones de restauración, por lo que en este texto me voy a referir a la intervención en estructuras de madera con independencia del tipo de actuación prevista.

Lógicamente, me referiré a la reparación de elementos estructurales de madera, material que hasta hace no muchos años no solía tener otra opción que la sustitución por acero o por hormigón, fundamentalmente por desconfianza en su real capacidad resistente.

Ha hecho falta el transcurso de casi todo el siglo XX para convencernos de que ni el acero ni el hormigón eran las mejores alternativas a la hora de reparar o sustituir estructuras de madera, ya que directa o indirectamente, esos materiales pueden causar problemas tras la intervención, o simplemente no ser tan duraderas como lo pudo haber sido la madera.

Esto se confirma con ejemplos como el ocurrido con las cubiertas de la catedral de Burgos, que tras la guerra civil empezaron a ser sustituidas por estructuras de acero. La penuria económica de la posguerra, hizo que no se completara toda la sustitución prevista. No habían pasado cuarenta años cuando se comprobó la necesidad de reparar las más modernas estructuras metálicas, mientras que la dañada estructura de madera, que por falta de dinero no se llegó a cambiar, aún seguía cumpliendo su función.

Parecido fue el caso de las cubiertas de madera del monasterio de El Escorial, que en la década de los 60 fueron sustituidas por estructuras de acero. Antes de finalizar el siglo XX las nuevas estructuras metálicas ya planteaban serios problemas: cuarenta años de vida útil del acero contra cuatrocientos de la madera. ¿Pueden quedar aún dudas sobre la conveniencia de mantener la madera?

Pero no es su mayor duración constatada la única razón que avala su mantenimiento, ya sea reparando la vieja madera, o sustituyéndola por otra nueva: no menos importante es la repercusión que el cambio de material representa en el comportamiento del conjunto en el que se realiza la sustitución. Es

evidente que cada material tiene sus propias características, y que debido a ello las estructuras se conciben de diferentes formas. Tampoco tienen pesos similares, no se puede olvidar que la diferencia de peso entre una estructura de hormigón y una de madera es del orden de siete veces, por lo que el mayor peso debido a la simple sustitución de una armadura de cubierta de madera por otra de hormigón, cuando menos puede ocasionar asientos en las fábricas que la sustenten, y sí en la sustitución se utiliza el acero, lo más probable es que el nuevo diseño estructural genere una distinta distribución de cargas, probablemente con concentración de las mismas en puntos que no estaban preparados para ello.

Por si todas estas razones no fueran suficientes, todavía hay un argumento decisivo para el mantenimiento de la madera: las reparaciones no suelen plantear grandes dificultades, y digo aún más, en el caso de intervención en edificios de interés histórico artístico, la madera dañada puede tener un valor añadido a respetar, ya sea por el valor intrínseco de la pieza dañada, ya sea por el valor documental del conjunto en que se interviene, lo que en tantas ocasiones aconseja su mantenimiento.

## 2. DAÑOS EN LAS ESTRUCTURAS DE MADERA

El principal problema que nos plantea la madera es el causado por los xilófagos, que encuentran en la madera su principal alimento. Pero aunque este peligro es real, no es tan grave como se suele suponer. En primer lugar porque los xilófagos, ya sean insectos u hongos, necesitan que la madera mantenga una humedad por encima del 20%, algo que siempre depende, o de una exposición al exterior en ambientes húmedos, o de fallos de las instalaciones de suministro o evacuación de aguas de los edificios, con frecuencia relacionados con problemas de estanqueidad de las cubiertas. Aunque habrá que sanear y erradicar los xilófagos existentes, lo primordial será corregir las causas que provocaron el aumento de la humedad contenida en la madera, y permitir que las maderas se sequen, para que los xilófagos escojan otras menos tiernas y desaparezcan del edificio objeto de la intervención. La corrección de estos problemas generalmente será suficiente, aunque para mayor tranquilidad convenga

aplicar productos fungicidas e insecticidas, de los que el mercado nos ofrece hoy una amplia gama con resultados garantizados, algo que no debemos olvidar si pensamos en que las labores de mantenimiento en los edificios no se suelen llevar a cabo con la debida asiduidad. No voy a entrar en las diferentes formas posibles de actuar contra los xilófagos, en función que se trate de hongos, insectos de ciclo larvario o de termitas, ya que para esta misión se precisa de la colaboración de equipos especialistas (y, en ciertos casos, legalmente autorizados), pero sí quiero prevenir sobre el posible alarmismo que acompaña con frecuencia a estas actuaciones, ya que en la mayoría de los casos, una vez eliminados los posibles focos de humedad que puedan afectar a la propia madera, el problema suele estar prácticamente resuelto.

### 3. MI EXPERIENCIA EN LA REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MADERA

Los elementos de madera que encontramos en los edificios a restaurar o rehabi-

litar pueden ser entramados estructurales, forjados de piso, o armaduras de cubierta. En cuanto a la forma de intervenir, el princi-

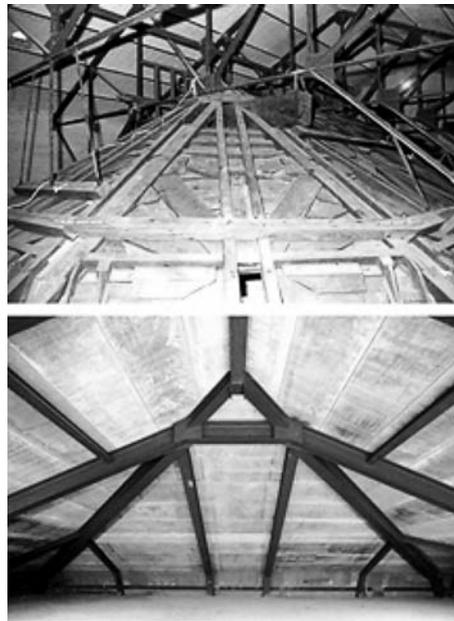


Figura 1. Al sustituir armaduras de madera por otras de acero no suele ser habitual repetir el modelo estructural adecuado a la madera, sino que se aprovechan las propiedades del nuevo material empleado, lo que como mínimo suele representar una nueva redistribución de cargas no siempre aconsejable. (Sobrecubiertas de la iglesia del convento de Santa Clara de Tordesillas y de la iglesia parroquial de Nava del Rey).

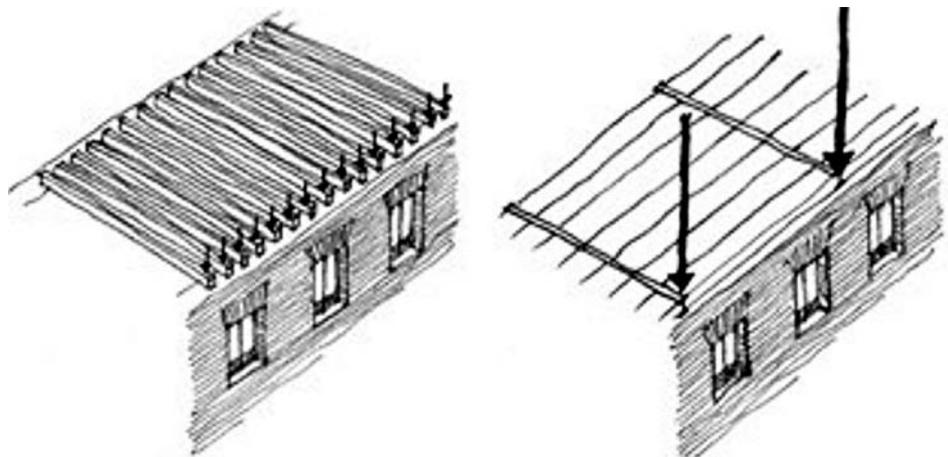


Figura 2. En estos dos esquemas se entiende mejor la diferente incidencia que en un muro de fábrica tienen dos formas diferentes de resolver un forjado en el caso de utilizarse madera, o acero, lo que lógicamente provocará una distinta respuesta en los muros que soporten dicho forjado.



Figura 3. Salvo que se trate de defectos debidos a un inadecuado diseño, los daños en la madera siempre son el resultado de la acción de los xilófagos como consecuencia de haber estado la madera con un contenido de humedad por encima del 20%. En las cubiertas que hayan carecido de un eficaz mantenimiento es lógico que esos daños aparezcan junto a los estribos, donde por lógica acaba acumulándose el agua de las posibles goteras. (Cubiertas de la iglesia del convento de las Comendadoras de Madrid).

pal condicionante que influirá será el hecho de que la madera sea vista o permanezca oculta. Es evidente que la reparación de elementos ocultos es mucho más permisiva a la hora de escoger la forma de intervención, dado que las cuestiones de estética pasan a ser secundarias.

Los daños producidos por los xilófagos, sea cual sea la especie causante de los daños, siempre plantean el mismo problema: la pérdida de sección original. Ahora bien, mientras que en el caso de hongos o de insectos de los denominados de ciclo larvario, esos daños son evidentes, no ocurre lo mismo con las termitas, ya que pueden existir grandes destrozos en el interior de la madera y quedar totalmente ocultos en su superficie.

Si no se tiene una mínima experiencia la detección de los ataques de termitas puede ser complicado constatar su presencia, pero con un poco de método no es difícil encontrar daños causados por este tipo de insectos. En primer lugar buscaremos la existencia de maderas en zonas húmedas y oscuras, donde con toda seguridad encontraremos sus rastros en el caso de que existan. Bastará perforar la madera con una broca de 6 a 8 mm de diámetro, y de 15 a 25 cm de longitud (en función de las escuadrías de madera existentes) para detectar las galerías que forman por su interior. En el caso de que esta primera búsqueda de termitas haya resultado posi-

va se deberán comprobar todas y cada una de las maderas que presenten un grado de humedad por encima del 20%, lo que no quiere decir que no puedan existir otras maderas, que aunque se encuentren secas en el momento de la inspección, presenten también daños internos causados por la termita, debido a que en alguna fase de la vida del edificio pudieran haber contenido un exceso de humedad.

En el caso de ataques de termitas es frecuente encontrar zonas que en algún tiempo pasado fueron seriamente atacadas, sin que los daños se propagaran más allá de dicha zona, lo que no significa que no existan otras zonas más alejadas que también pudieron sufrir ataques localizados. Aunque el hecho de que en dichas zonas no estén los ataques activos, es preciso localizarlas, dado que los elementos afectados no tendrán la resistencia exigible, a pesar de su buena apariencia.

En general, los puntos más proclives a padecer ataques de termitas son las cabezas de vigas empotradas en fachadas sometidas a lluvias racheadas que tengan un cierto grado de permeabilidad, umbrales de balcones, que de forma natural retienen las aguas de lluvia y transmiten humedades al muro próximo, vigas bajo limahoyas en mal estado, elementos de cubierta mal mantenidos, buhardillas abiertas en tejados, y especialmente propicias son las soleras y estribos de armaduras de cubierta, situadas en la zona a donde va a parar el agua de posibles goteras de las cubiertas.

Una vez localizados los daños, causados por cualesquiera tipos de xilófagos, se procederá a analizar la función de cada elemento dañado en el conjunto estructural del que forme parte, para ver cómo afecta a su resistencia la merma de sección sufrida en dicho conjunto. Puede darse el caso de que la pérdida de material no afecte a su resistencia: esto es frecuente en el caso de las cabezas de vigas de ciertas luces, dado que la sección necesaria para resistir el momento flector en el centro del vano puede llegar a ser doble o incluso triple que la necesaria para absorber el esfuerzo cortante en el apoyo. En el caso de que la pérdida de sección sufrida invalide al elemento dañado para cumplir la función estructural que tiene asignada en el conjunto, en principio caben dos soluciones bien diferentes: la sustitución o la reparación.

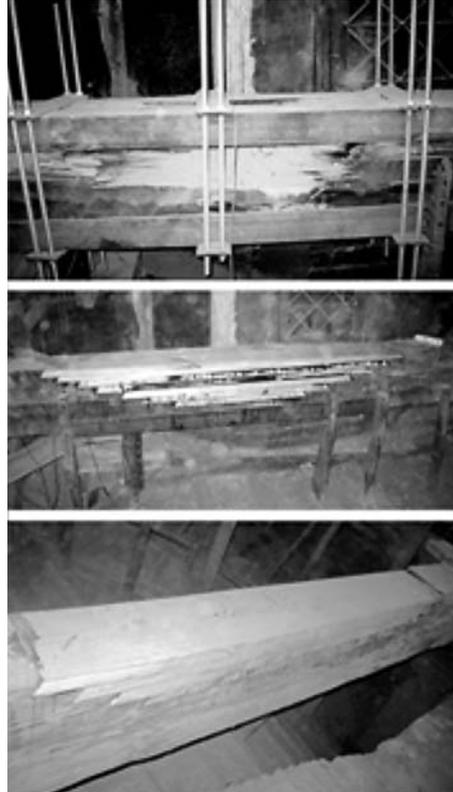
*Figura 4. En las estructuras que no han de quedar vistas era habitual la utilización de refuerzos metálicos. Estos pueden seguir siendo válidos, sin embargo, hoy disponemos para este fin también de madera microlaminada, cuyas características son muy ventajosas a la hora de realizar refuerzos. No obstante seguiremos necesitando tornillos o bulones de acero, que en determinados casos son más fáciles de utilizar que las uniones encoladas cuya ejecución requiere la intervención de carpinteros cualificados. (Edificio de viviendas en el Pasaje Gutiérrez, de Valladolid).*



Decidir cuál es la óptima no es fácil, dicha decisión puede depender de multitud de factores: coste de cada opción, dificultad de intervención, interés concreto en la conservación de la pieza, imposibilidad material de acceder con una pieza equivalente al lugar dañado, etc. La última razón expuesta puede parecer extraña, sin embargo, en obras de restauración es más frecuente de lo que se pueda imaginar.

Un ejemplo que aclara lo antedicho nos lo ofrece una intervención llevada a cabo en la iglesia de San Antón de la madrileña calle de Hortaleza. Se trataba de dos tirantes de la armadura de cubierta, con daños en su zona central. La opción elegida fue la reparación in situ, por la sencilla razón de que se trataba de dos piezas de 16 m de longitud, y una sección de más de 30 por más de 40 cm. Conseguir hoy en día dos piezas semejantes es misión prácticamente imposible, incluso pensando en madera laminada; y aun en el caso de haberlas encontrado, su sustitución implicaba levantar la cubierta de la iglesia (en la que era innecesario intervenir por haber sido reparada poco tiempo antes). Y aun en el caso de que las circunstancias fueran otras y se dispusiera de semejantes maderas, quedaba el problema de trasladarlos en un camión con

su correspondiente transporte especial, por las estrechas calles de un casco histórico. Ya sufrí en una ocasión la necesidad de modifi-

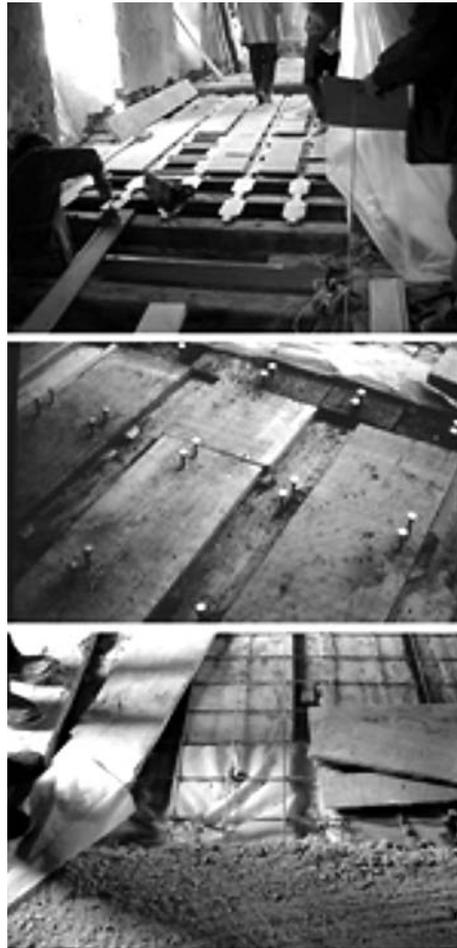


*Figura 5. Un par de tirantes de la armadura de cubierta de la madrileña iglesia de San Antón de Madrid estaban tronchados en la zona central. Para eliminar el refuerzo metálico que en algún momento se les había colocado se procedió a relaminar la zona dañada, solapando escalonadamente las sucesivas láminas con las que se recompuso la sección. La cola empleada fue resina de resorcina, cuyo comportamiento está ampliamente experimentado en la fabricación de madera laminada.*



*Figura 6. La reparación de piezas más o menos valiosas que deberán quedar vistas excluye la realización de simples "remiendos". Una eficaz forma de reparar daños por importantes que estos sean es el relaminado, basado en la técnica utilizada en la fabricación de madera laminada, y por supuesto respetando todos los condicionantes que su fabricación exige. Una vez terminado el trabajo carpintero comenzará la limpieza de la madera antigua y el entonado de la madera nueva aportada. Las vigas así reparadas se pueden recalcar como si de vigas nuevas se tratase. (Reparación de las vigas de un forjado del Palacio Ducal de Pastrana, Guadalajara).*

*Figura 7. Una vez reconstruidas las vigas del forjado se puede considerar que ya han recuperado su capacidad portante original. Sin embargo esta capacidad puede ser insuficiente para los nuevos usos proyectados, en cuyo caso cabe la posibilidad de reforzarlas con hormigón. Ahora bien, un hormigón simplemente vertido sobre la madera no sería más que un peso muerto que aumentaría el problema. Para que realmente represente un refuerzo de las vigas de madera ha de calcularse adecuadamente el número de conexiones necesario que garantice la ausencia de deslizamiento entre los dos materiales, y que haga funcionar al conjunto como un material homogéneo. (Reparación de las vigas de un forjado del Palacio Ducal de Pastrana, Guadalajara).*



car una intervención, que precisaba una viga de ocho metros en un carmen del Albaicín de Granada, por haber sido imposible llegar desde la plazoleta en la que el camión descargó la viga hasta el callejón en que se encontraba la obra.

Puede parecer complicado realizar la reparación de un elemento de madera dañado, pero como veremos a continuación, normalmente se puede llevar a cabo sin grandes complicaciones, y por más de un procedimiento.

Uno de ellos consiste en utilizar resinas de tipo epoxídico mezcladas con una carga inerte, por ejemplo arena de sílice, para recomponer la sección dañada. Las características mecánicas de esta mezcla se aproximan mucho a las de la madera, sin que supongan merma de resistencia del conjunto. Para garantizar una perfecta unión de la prótesis realizada con la pieza a reparar, se utilizan varillas de fibra de vidrio, o de acero corrugado totalmente libre de óxido, que han de introducirse en orificios practicados previamente en la madera, con la holgura suficiente para que la resina pueda rellenar totalmente el

espacio dejado entre varilla y el taladro, a fin de garantizar una perfecta adherencia entre los dos materiales. En la actualidad existen varillas metálicas roscadas (como, por ejemplo, las que comercializa la firma Spax), que introducidas en un taladro previo del mismo diámetro de la varilla, garantizan la necesaria adherencia entre ambos materiales.

Con este tipo de intervención se pueden reparar al mismo tiempo varias piezas concurrentes en un único nudo, pero en estos casos se debe ser consciente de que normalmente estaremos cambiando una articulación por un nudo rígido, lo que puede ser favorable o desfavorable. Efectivamente, si tenemos en cuenta que la mayor parte de las estructuras de madera (especialmente las antiguas), forman conjuntos articulados, al rigidizar la unión de las piezas concurrentes en un nudo, se crearán momentos flectores proporcionales a las correspondientes rigideces de cada barra, y consecuentemente, los extremos libres de dichas barras recibirán momentos mitad de los que se generaron en el extremo correspondiente al nudo, lo que en ocasiones puede crear problemas.

Personalmente prefiero el procedimiento que consiste en devolver a cada pieza dañada su sección original, con láminas de su misma especie de madera, y, en el caso de que se trate de ensambles, regenerando los extremos de cada pieza de modo que se respeten las características de la unión, para que la forma de trabajo original también se recupere.

Las prótesis a realizar en cada madera se basan en el mismo principio que permite fabricar madera laminada a partir de tablas de pequeño espesor. Utilizaremos por tanto láminas de madera de 4 a 5 cm de espesor máximo, y la humedad de la madera a utilizar no diferirá en más o menos un 2% respecto de la de la madera a reparar.

El adhesivo que utilizemos deberá ofrecer las mismas garantías que el utilizado en la fabricación de madera laminada con relación a la resistencia a la humedad, duración sin pérdida de propiedades, y comportamiento ante el fuego. La resina de resorcina ha demostrado a lo largo de casi un siglo ser un magnífico adhesivo, y por dicha razón es mi opción preferida en este tipo de intervenciones. Se deben cumplir estrictamente todas las condiciones de uso

que establece su fabricante, y sobre todo respetar la temperatura de utilización, tomando precauciones adicionales para que la temperatura de la unión no baje de la exigible durante el tiempo de endurecimiento de la cola, para lo que será preciso en determinadas circunstancias la utilización de calefactores adecuados.

La primera operación a realizar consistirá en decidir un escalonamiento adecuado en la madera a reparar, para solapar adecuadamente las sucesivas láminas que vayan a recomponer la sección dañada, lógicamente en función del canto de la pieza a reparar.

El escalonamiento se hará de tal forma que las superficies que dejemos en la pieza original queden perfectamente planas, y todas paralelas entre sí, para garantizar un perfecto encolado con las láminas de madera nueva.

Las prótesis así realizadas, como mínimo, devuelven a la pieza reparada la resistencia de cálculo que se podría exigir a la pieza original. Otra cuestión será si la pieza original cumple las exigencias que imponen las normativas actuales, ya sea por mayor exigencia de las vigentes, ya por cambios de uso que supongan mayores solicitaciones que las soportadas por el elemento en cuestión a lo largo de su vida.

Lógicamente ésta deberá ser una cuestión previa a la intervención, ya que también cabría plantearse, en caso de que la pieza a reparar no alcance las nuevas exigencias, qué es mejor: la reparación o si tal vez puede ser más conveniente la sustitución, con todos los condicionantes que conlleva, sobre todo en caso de grandes piezas, que ya he mencionado anteriormente.

Existen otros inconvenientes a la hora de sustituir maderas, especialmente en caso de forjados antiguos, cuyas vigas suelen estar muy próximas entre sí, y es que si bien quitar las vigas es muy simple, (basta cortarlas y después extraer las cabezas empotradas en ambos muros de apoyo), la introducción de las nuevas vigas ya no es tan sencillo, dado que son más largas que la luz libre entre los muros de apoyo. Hay varias formas de resolver este problema, pero todas pasan por agrandar (en el sentido que sea) los mechinales que quedaron en el muro tras retirar las cabezas en mal estado, lo que, en mayor o menor medida, supondrá



Figura 8. Cuando el peso del hormigón es un inconveniente a la hora de realizar un refuerzo de vigas de madera, se puede recurrir a la madera microlaminada. Al no ser necesario cuajar toda la superficie del forjado, como en el caso del hormigón, el sobrepeso que representa el refuerzo apenas rebasa los 15 kg/m<sup>2</sup>. Para colocar el pavimento en este caso se tendió una capa de mortero sobre un nervacero que salvaba los huecos existentes. (Rehabilitación del palacio Pimentel de Valladolid)



Figura 9. En la rehabilitación es demasiado frecuente tener que trabajar sobre locales en uso, lo que complica la realización de trabajos con seguridad. En el caso del refuerzo de este forjado del pasaje Gutiérrez de Valladolid, mantener la tarima entre los refuerzos de madera microlaminada y las vigas a reforzar, supuso una tranquilizadora garantía de seguridad para los viandantes que seguían transitando por el pasaje. También es ventajoso mantener las tarimas cuando se trata de reforzar forjados con hormigón, ya que sirven de encofrado perdido. Ahora bien en ambos casos es preciso confirmar previamente que el estado de las maderas a reforzar esté libre de ataques de xilófagos que hubieran disminuido su sección eficaz, lo que exigiría levantar, aunque sólo fuera localmente, la tarima que impida trabajar sobre las posibles zonas dañadas. (Edificio de viviendas en el Pasaje Gutiérrez, de Valladolid).

un debilitamiento del muro. Lamentablemente, para garantizar la estabilidad de los muros afectados habrá que buscar cualquier tipo de apeo, pero dicho apeo sin duda va a dificultar enormemente las labores de manipulación de las nuevas vigas.

En vigas dañadas que han de quedar ocultas hay muchos más recursos, con la ayuda de

elementos auxiliares metálicos, ya sean platabandas de acero cosidas a la madera sana, o refuerzos de maderas microlaminadas o contrachapadas, sin más que hacer una previa comprobación de los tornillos o bulones a utilizar para garantizar la unión del refuerzo a la pieza dañada.

Pero también suele ocurrir, que forjados bien reparados en cuanto a su resistencia, rebasen las flechas máximas admisibles para determinadas sobrecargas, en cuyo caso será preciso intervenir para aumentar su rigidez, algo que tampoco es excesivamente complicado.

El principal problema lo plantea el bajo módulo de elasticidad que tiene la madera, por lo que en general suele ser más importante aumentar la inercia que el módulo resistente.

Una de las formas más utilizadas para conseguir ese aumento de inercia suele ser colocar una capa de hormigón que actúe como cabeza de compresión de las vigas, que se deberá conectar adecuadamente a la madera mediante tornillos, o conectores especializados, que contrarresten los esfuerzos rasantes que se producirán entre los dos materiales. El cálculo, según especifica el actual Código Técnico de la Edificación (CTE), deberá considerar el posible deslizamiento que se pueda producir entre madera y hormigón.

Esta solución suele aumentar la rigidez de antiguos forjados de forma espectacular, pero tiene el inconveniente de aumentar de forma importante el peso propio, lo que en madera es especialmente desfavorable, al estar más penalizadas las cargas permanentes respecto de las sobrecargas. En el caso de que el aumento de carga no fuera aconsejable, también es posible realizar el refuerzo con madera microlaminada, ya que su resistencia característica en general duplica con creces la de la madera a reforzar, y el au-

mento de peso que representa suele ser tan sólo de 15 a 20 kg/m<sup>2</sup> respecto a los 150 ó 200 kg/m<sup>2</sup> que supone una capa eficaz de hormigón.

Tanto en el caso de refuerzos hechos con madera microlaminada, como con hormigón, si se trata de vigas con una tarima encima, ésta se puede mantener entre la capa de compresión y las vigas de madera, ya que aunque supone un aumento del posible deslizamiento (lo que obliga a aumentar la conexión), presenta la ventaja de que la obra se puede realizar con mayor facilidad y seguridad de trabajo, especialmente para quienes circulen por los pisos inferiores. Este aspecto es muy importante en obras de rehabilitación en las que frecuentemente la actuación no comprende la totalidad del edificio.

En definitiva, cualquier problema que planteen los daños sufridos por una estructura de madera puede ser resuelto sin plantear grandes dificultades, tanto de ejecución como de cálculo. Hasta la aparición del Código Técnico de la Edificación el principal problema que encontrábamos los técnicos frente al uso estructural de la madera era la carencia de una normativa de obligado cumplimiento. Ahora, finalmente, ya disponemos de ella, y además podemos confiar ampliamente en la madera, dado que la vigente normativa es, a mi juicio, excesivamente conservadora y muy cicatera al establecer la resistencia real de este material en los elementos generalmente utilizados en las estructuras antiguas, de secciones mucho mayores que las utilizadas en los ensayos que han servido de base para establecer la teórica resistencia característica de la madera, lo que, en definitiva, nos aumenta generosamente el margen de seguridad disponible si nos atenemos a sus exigencias.

\* \* \*