

LA PROTECCION DE LA MADERA Y SANEAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE MADERA

For:

CARLOS BASO LOPEZ
Ingeniero de Montes

La madera se encuentra en disposición de sufrir a lo largo del tiempo unas alteraciones por agentes físicos y biológicos.

Si consideramos su empleo como material portante en la construcción, estas posibles alteraciones originan una disminución en las características resistentes de los distintos elementos que componen la estructura.

Actualmente y a nivel mundial la madera está experimentando un resurgimiento en la edificación. Sus características físico-mecánicas se conocen con una más exactitud, por lo que los coeficientes de reducción de tensiones no son ya tan conservadores. Las uniones entre los distintos elementos se resuelven con una gran simplicidad, evitándose en gran parte los complejos ensambles de carpintería, que obligaban a un mayor dimensionamiento de las piezas. El avance experimentado en la teoría y práctica del encolado tiene su repercusión directa en la tecnología de la madera laminada, que revoluciona la idea de construcción en madera, incluyéndola como material base de las grandes construcciones. Todo esto nos obliga a considerar la importancia y el grado en que es necesario adoptar unas medidas preventivas que la protejan de los agentes de degradación de un modo fiable y duradero.

Por otra parte, si consideramos retrospectivamente el empleo de los materiales de construcción, observamos enseguida el predominio que tuvo la madera, principalmente en forjados de pisos y armazones de cubiertas. No obstante, numerosas veces y debido a condiciones adversas, ha sufrido un ataque por agentes biológicos, con la consiguiente pérdida de resistencia mecánica, llegándose en ocasiones a situaciones críticas para la estabilidad del edificio. Esto nos obliga a realizar unas medidas curativas a aplicar a dichas estructuras.

Según lo visto, hemos definido un tratamiento preventivo a aplicar a nuevas construcciones y un tratamiento curativo que repela y aniquile al agente de degradación en estructuras ya atacadas y nos preserve la madera de posteriores infestaciones.

Los tratamientos preventivos constan de unas medidas estructurales y otras químicas.

Las medidas estructurales las definimos como todas aquellas, constructivas y físicas, conducentes a impedir una variación del contenido de humedad de la madera propicia para el ataque por organismos xilófagos.

De un modo general, la humedad puede provenir:

— Directamente, como agua líquida, desde el exterior, por ejemplo a través de precipitaciones; desde el interior del edificio; o a través de materiales húmedos colindantes por capilaridad.

— Indirectamente, como vapor de agua, por condensación a causa de la higroscopicidad de la madera.

Enumeramos a continuación estas medidas estructurales.

La madera ha de ser instalada, a ser posible, con el contenido de humedad que corresponda al equilibrio higroscópico del ambiente que la rodeará en el estado de uso. Por consiguiente, durante la puesta en obra hay que protegerla de las precipitaciones.

En la situación de uso se ha de evitar la influencia desfavorable de la lluvia. Esto se consigue por:

— Aleros lo suficientemente amplios.

— Ideas constructivas a base de entrantes tras la fachada.

— Un perfecto desagüe de la cubierta.

— Al menos 30 cms. de distancia entre el borde superior del suelo y el inferior de la madera en las piezas más inferiores.

— Los elementos expuestos a precipitaciones y especialmente sus uniones deberán proyectarse y disponerse de modo que el agua que entre en contacto con ellos desaparezca rápidamente y en el caso de que exista riesgo de acumulación de humedad habrá que recubrirlos convenientemente.

— Para las zonas que en el estado de uso sean especialmente húmedas se preverá una adecuada ventilación.

— Hay que evitar el traspaso de humedad desde materiales colindantes. De este modo se colocarán capas impermeabilizantes en los apoyos de vigas y pilares sobre obra de mampostería u hormigón entre estos materiales y la madera.

— Hay que evitar la condensación del vapor de agua sobre la superficie de la madera al descender la temperatura de ésta por debajo del punto de rocío del aire circundante.

Las medidas estructurales preventivas por sí solas no nos pueden asegurar el éxito de la protección y además nunca se puede evitar totalmente que el agua entre en contacto con algún elemento de madera. Esto hace necesario que apliquemos unas ciertas medidas químicas preventivas de protección. Estas medidas tienen que ajustarse al grado de peligro al que estará expuesta la madera en la situación de uso.

El éxito y la duración efectiva de

un tratamiento de protección dependen del protector utilizado, de la cantidad introducida o aplicada y de la distribución en la madera o sobre su superficie.

Se debe prestar especial atención en el tipo de protector respecto a su posibilidad de empleo en estancias habitables y especialmente en aquellas en que se guardarán y manipularán alimentos.

Los protectores podrán ser hidrosolubles u orgánicos. Estos últimos tienen limitada su aplicación a madera que se encuentre seca o semiseca, es decir con un contenido de humedad inferior al 25-30%. Las penetraciones son superiores a las obtenidas con los hidrosolubles, que por su parte pueden utilizarse para cualquier estado de humedad, pero que producen corrosiones en los elementos metálicos.

Respecto a los tratamientos, de un modo general se puede decir que:

Cuando exista un contacto permanente de la madera con el suelo es necesario una impregnación por presión en autoclave.

Es necesario un tratamiento por inmersión prolongada o por presión en autoclave cuando:

— Se ponga la madera en obra en construcciones cerradas con un contenido de humedad superior al 18% y un tratamiento posterior no esté previsto o no sea posible.

— Se ponga en obra en ambientes en los que haya que contar con un ataque de hongos a consecuencia de la humedad o de un contacto con el agua.

— Con gruesos superiores a 4 centímetros esté expuesta a precipitaciones.

Para el resto de los casos se elegirá el procedimiento de aplicación.

Normalmente para estructuras de madera laminada es suficiente con un pincelado o pulverización del protector, y si estos elementos están expuestos a la intemperie, son necesarios un control posterior y oportunos tratamientos.

Cuando la madera se encuentre

SECADO DE MADERA POR DESHUMIFICACION CON APROVECHAMIENTO DE ENERGIA LATENTE

(Secado con tecnología integrada «IT»)

Principio de funcionamiento.

Una gran cantidad del calor solar que llega a la tierra es absorbido por la atmósfera a través de la radiación directa y el reflejo indirecto de todos los objetos calientes. La importancia de este fenómeno queda latente en la diferencia de temperaturas existentes entre una noche clara y una noche nublada. En la primera, el calor latente, acumulado durante el día en las capas bajas de la atmósfera, se dispersa sin limitación, produciéndose un descenso de la temperatura. Si el cielo está nublado, la dispersión se ve dificultada por las nubes, con lo que la temperatura no baja tanto.

El equipo «IT», concebido por la firma CEA, extrae calor latente de la atmósfera, inyectándolo en la cámara de secado,

pudiendo llegar a alcanzar temperaturas de hasta 62 °C para una temperatura exterior de 26 °C y en la última fase de secado de la madera. Así para una cámara de 40 m³ de capacidad real de madera y una temperatura exterior de 18 °C, el equipo «IT 40» puede producir 100.00 Kcal, utilizando únicamente 29,5 Kw/h en el equipo de extracción y circulación de aire.

El ahorro energético de este sistema depende en gran medida de las condiciones de temperatura donde se vaya a instalar, pero se puede cifrar en alrededor de un 60%.

El inconveniente principal de este sistema es que debe poseer una caldera auxiliar para poder mantener la temperatura de la cámara constante, cuando la temperatura exterior sea pequeña.

en una situación especialmente peligrosa, como por ejemplo las cabezas de las vigas incluidas dentro del hormigón u obra de mampostería, además de las medidas estructurales adicionales de las que ya se ha hablado, es necesario efectuar un tratamiento químico especial por inyección de protector en taladros

hechos en las cabezas de las vigas o bien por inclusión en estos taladros de cápsulas de concentrados altamente efectivos.

La madera ha de tratarse después de la última operación de mecanizado, impregnándose posteriormente cualquier pequeña fenda de secado que pueda aparecer.

debe atender también al material en contacto con la madera (revoque, obra de mampostería, argamasa, etc.), eliminando aquellas partes afectadas y haciendo las sustituciones que hubiera lugar.

Antes de llevar a cabo las medidas químicas haremos los refuerzos o sustituciones pertinentes con madera tratada previamente, a cuyo efecto habremos hecho un estudio de la estructura. Respecto a este punto más adelante se hablará más extensamente.

Una vez asegurada la estabilidad mecánica se procederá a las medidas químicas propiamente dichas, aplicando el protector por pincelado o pulverización en todas las superficies de las piezas, aunque aparentemente no estén atacadas.

Se deben tomar en consideración los productos con que antes se haya tratado la madera, tales como pinturas, barnices, protectores, etc., acerca de su compatibilidad con el nuevo protector.

Si el ataque se debió a hongos se debe tratar también la obra de mampostería, en la zona de los lugares dañados, con un protector compatible con la cal.

Cuando no sea posible, debido a la inaccesibilidad, un tratamiento superficial, entonces haremos inyecciones de protector en taladros.

Si el ataque fuera debido a termitas debemos formar una barrera tóxica, tanto interior como exterior, rodeando al edificio, para impedir su movimiento desde el nido en la tierra hasta la madera de la estructura.

De un modo general y según el protector utilizado, la norma DIN 68 800 cita las siguientes cantidades a aplicar:

— Para protectores orgánicos de 300 a 500 ml. por m² de superficie de madera en al menos dos manos.

— Para protectores hidrosolubles de 100 a 150 grs. de sal por m² de superficie en al menos tres manos.

Respecto a las cantidades de protector, la norma DIN 68 800 indica los siguientes valores a aplicar por pincelado o pulverización:

Grado de solicitud	Grueso de la madera	Hidrosolubles g/m ²	Orgánicos ml/m ²
No expuestos	≤ 4 cms.	50	250
	4-8 cms.	60	250
	> 8 cms.	60	300
Expuestos	≤ 4 cms.	75	300
	> 4 cms.	90	350

Contacto con el suelo Solo impregnación bajo presión en autoclave o inmersión prolongada.

Hasta ahora hemos hablado de una protección preventiva a tener en cuenta en nuevas construcciones, que ha consistido en unas medidas arquitectónicas y otras químicas. Sin embargo, puede ocurrir que en edificios ya existentes y debido a que no se tomaron a su debido tiempo dichas medidas preventivas, exista un ataque por organismos xilófagos y las piezas de madera por consiguiente hayan perdido parte de su resistencia mecánica inicial. Esto hará necesario unas medidas curativas y de protección ante futuros ataques.

Al acometer el saneamiento de una construcción dañada, se comenzará por un riguroso estudio, localizando la situación y magnitud de los daños. En el caso de que los agentes degradadores sean insectos, se realizará con bastante detenimiento, dando unas dos incisiones por metro y al tresbolillo con un instrumento cortante en las zonas accesibles de albura de las piezas. El examen será total para la estructura, incluso para las zonas difícilmente accesibles.

Antes de entrar con las medidas químicas, se llevarán a cabo unos trabajos previos de preparación, conducentes a eliminar todas aquellas partes de la madera que se encuentren afectadas por la pudrición o por la carcoma, con precaución de hacer los apuntalamientos necesarios. En el caso de que la alteración sea debida a hongos xilófagos se eliminará madera más allá de la parte dañada.

Por otra parte y sobre todo si el ataque fue debido a hongos o termitas se determinarán las causas que produjeron el grado anómalo de humedad y se solucionarán convenientemente.

Una vez ya separadas las partes infestadas se procederá a una limpieza de las superficies descubiertas, con lo que quedarán dispuestas para el tratamiento químico.

Los elementos de madera extraídos se alejarán lo antes posible y se quemarán a fin de que no sean origen de posteriores ataques.

Si los xilófagos fueron hongos, se

Se han expuesto unas medidas de protección a aplicar a unas estructuras ya atacadas por los organismos xilófagos y también se ha hablado del papel preponderante que ha tenido la madera como material de construcción, de lo cual son prueba la gran cantidad de monumentos históricos procedentes de todos los siglos que la contienen. Sin embargo, estas estructuras no fueron tratadas preventivamente y gran parte de ellas manifiestan unos daños que peligran incluso su estabilidad mecánica. Teniendo en cuenta que ya no solamente se trata de unas edificaciones sino también de obras de arte de valor incalculable, hemos de considerar la importancia que adquieren aquí los tratamientos curativos de protección.

Por otra parte, estas estructuras no solamente constituyen el elemento de resistencia, sino que aunque sean generalmente poco visitadas, poseen un valor artístico intrínseco que no se puede despreciar, pues se trata de un patrimonio técnico antiguo, de ejemplares escasos, y cuyo testimonio pedagógico y cultural es cada vez más valioso.

Se ha dicho que como primera parte de las medidas de saneamiento se deberán restituir las condiciones de estabilidad y seguridad. Para ello se puede elegir entre varias soluciones.

Con el desmontaje-reconstrucción destruimos el valor histórico a la par que elevamos los gastos de la restauración.

El refuerzo por estructuras adicionales es preferible al desmontaje-reconstrucción, pero es delicado y minucioso debido a la exiguidad de los itinerarios disponibles para la puesta en obra de las nuevas piezas y por la dificultad de concebir y realizar nudos por ensamblajes eficaces. Además constituyen a veces los refuerzos una solución poco estética e insuficiente desde el punto de vista resistente.

Actualmente ha aparecido un método que proporciona una mayor garantía de la integridad: La regeneración de piezas por resina epoxy reforzada de una armadura de fibra de vidrio y poliéster.

Se trata de una técnica estudiada matemáticamente por el profesor holandés M. Klapwijk y desarrollada experimentalmente por el Laboratorio Central para las Artes y la Ciencia de Amsterdam y el Servicio Estatal para la Protección de los Monumentos Históricos.

Bajo la denominación de sistema Beta esta técnica ha sido difundida en casi toda Europa.

Se trata en esencia de sustituir en las piezas de madera las partes degradadas por una masa de mortero epoxy, formado por resina y una cantidad variable de arena, dejando en su lugar las partes sanas. Tras la polimerización de la resina el mortero adquiere una gran resistencia.

La unión entre la nueva prótesis y la madera se logra por unas varillas de fibra de vidrio y poliéster, de extraordinarias características resistentes. Estas varillas se unen perfectamente a la madera por inyección de resina pura.

El trabajo a seguir en el caso, por ejemplo, de una viga de un forjado de suelo atacada por el Merulius en la zona de contacto con el muro, sería el siguiente:

1.º Se separan la madera total-

	Tensiones admisibles		Tensiones de rotura con coef. de seg. 3	
	Picea	Roble	Mortero epoxy	Fibra de v.
Compresión	103	109	800	5.000
Tracción	87	98	250	7.000
Flexión	109	125	270	7.000
Esfuerzo cort. ..	13	16	100	400
cias.	100.000	150.000	60.000	420.000

Las principales ventajas de este método son:

— Buen comportamiento del material frente a la compresión, tracción y flexión con una excelente unión a la madera.

— Impermeabiliza a la madera del agua.

— Constituye un aislante térmico, con lo que se evitan también las condensaciones en las cabezas de las vigas.

— Gran simplicidad en la ejecución, anulándose muchos desmontajes de cubiertas, entarimados, cielos rasos, etc.

mente destruida y la debilitada por el hongo.

2.º Se realizan en la madera sana los taladros correspondientes a los alojamientos de la armadura de fibra de vidrio y se colocan las varillas. El cálculo y disposición de esta armadura se efectúa análogamente al de la del hormigón armado.

3.º Se incorporan los elementos del encofrado para la nueva pieza sintética y se impermeabiliza, a cuyo efecto puede ser útil una resina epoxy de alta viscosidad.

4.º Se vierte el mortero epoxy con precaución de que no se formen bolsas de aire.

5.º Se inyecta resina pura en los alojamientos ya con las armaduras.

Análogamente se pueden reconstruir otros elementos, como en un armazón las bases de los cabios en los puntos de inserción en la solera, tornapuntas, pies derechos, tirantes, etc., y en general casi cualquier pieza de carpintería de armar que se encuentre bajo los efectos de los agentes biológicos.

A título de orientación citamos los siguientes valores de las características resistentes, medidos en Kg/cm², en la dirección de las fibras en el caso de la madera.

— Mejora estética respecto a otros métodos, al no hacerse refuerzos.

— Ventaja económica.

— Conservación del valor histórico de la estructura.

En general se deben tener en cuenta las siguientes precauciones para una buena ejecución:

Si el volumen de la nueva pieza sintética es considerable, la temperatura desarrollada en la polimerización de la resina puede ser lo suficientemente elevada para producir una expansión con la consiguiente ruptura del encofrado. La carga

inerte de arena y grava que entra en la composición del mortero hará que esto no ocurra, a la par que nos permitirá economizar un material relativamente costoso.

Una temperatura ambiente insuficiente puede actuar perjudicialmente sobre la polimerización, resultando un encolado defectuoso.

Unos de los principales factores en la preparación de la obra es la precisión con que se efectúe el encofrado, lo cual se logrará gracias a la experiencia de los carpinteros, acostumbrados a complejos ensambles. Se debe de llegar a la forma definitiva desde el principio, sin necesidad de ulteriores adiciones o recortes.

Respecto al comportamiento de este material frente al fuego, se puede citar que una cabeza de viga sintética sometida a una curva de fuego estandarizada transmitió a los apoyos una fuerza de 3 T durante 56 minutos, mientras que una pieza de la misma sección en madera tuvo una duración de resistencia de 60 minutos. A igualdad de capacidad resistente, se precisa menos sección de mortero epoxy que de madera. Esto nos ofrece la posibilidad de poder colocar un material aislante, que puede ser el mismo encofrado de madera elaborado meticulosamente. Por otra parte, no hay una formación perjudicial de gases y humos.

No obstante se debe de hacer mención que a veces y en ocasión de reparar piezas constitutivas de complejos ensambles de carpintería, en los que la concepción de la estructura exige un cierto juego de los distintos elementos, no conviene aplicar enteramente esta técnica; una solución intermedia sería más propicia e incluso puede hacerse necesario el volver a los clásicos ensambles de carpintería. Lo cual por otro lado contribuirá al mantenimiento del oficio de carpintero de armar, que no se verá desplazado en su precisión por este método, que aunque más práctico no es tan meticuloso.

Para terminar señalamos otras aplicaciones de la resina epoxy en la construcción en madera:

Refuerzo mecánico de una viga laminada cuando el encolado es defectuoso. En 1972 se hizo una consolidación de una estructura de madera en el aeropuerto de Orly en París.

Reparación de estructuras mo-

dernas con elementos de unión a base de pernos y conectores y con rotura de la madera en sus uniones. De este modo se consolidaron las estructuras de los hangares de la base aérea de Robbins en los EE.UU.

(I)

PROTECCION DE LA CARPINTERIA EXTERIOR DE MADERA

Por: Boris Potopov
de "Le Bois National"
(12-XII-81)

Traducción y Adaptación:
SANTIAGO VIGNOTE

INTRODUCCION

La madera expuesta a la intemperie se ve afectada principalmente por la acción directa del Sol, a través de los rayos ultravioletas de su espectro y por la acción de la lluvia.

Los rayos ultravioletas

Los rayos ultravioletas y en particular los comprendidos entre los 300 y 340 nm, actúan sobre la superficie de la madera, erosionándola muy lentamente (de 5 a 12 nm por siglo).

Los rayos ultravioletas, atacan la celulosa, principal componente de la madera, degradándola directamente por un proceso de fotólisis y de forma indirecta a través de la lignina que hace de fotosensibilizador.

El resultado final de este proceso es

— Pérdida de sustancia en la pared media de las células y formación de estrías en las paredes celulares.

— Microfisuras en las paredes de las fibras y traqueidas. En los pinos las fisuras aparecen generalmente en las traqueidas de la madera de primavera y sobre la cara radial.

— Formación de cavidades adyacentes a los radios medulares.

Todo ello provoca una pérdida de resistencia a la tracción con porcentaje variable en función del tiempo de exposición, como así se ha podido demostrar mediante ensayos realizados sobre láminas de madera muy delgadas.

La lluvia

La lluvia directa sobre la madera provoca un aumento de la humedad de ésta, que queda a merced de los ataques de hongos, con el consiguiente peligro para la carpintería.

El aumento de la humedad de la madera lleva consigo su hinchazón, con los problemas que de ello se pueden

derivar (dificultad de maniobra en las ventanas, puertas, etc.).

El cambio de lluvia por el Sol, provoca el fenómeno contrario: disminución de la humedad de la madera y merma de sus dimensiones, muchas veces realizada de forma brusca, lo que provoca la aparición de fendas.

Para impedir todos estos fenómenos es necesario, que por lo menos, la carpintería se proteja de revestimientos protectores, ya sean transparentes (caso de barnices o barnices pigmentados) o no (caso de pinturas o lacas).

El efecto protector de los revestimientos depende de los siguientes factores:

- De su exposición respecto al Sol.
- Del soporte de madera utilizado.
- De la composición del propio revestimiento.
- De la forma de aplicación del revestimiento sobre el soporte.

1.— Factores dependientes de la exposición

La duración de un revestimiento depende primordialmente del tiempo que vaya a estar sometido a la acción directa del Sol, es decir, de su exposición. Esto es debido a que los rayos ultravioletas principalmente e infrarrojos, del espectro solar, actúan sobre el revestimiento degradándolo.

Los rayos ultravioletas, porque actuando directamente sobre los aglutinantes (sobre todo si estos no están protegidos por pigmentos), los descomponen.

Los rayos infrarrojos porque provocan un aumento de la temperatura en la superficie de la madera con los efectos indirectos que en otra ocasión se expondrán.

(Continuará.)