

IMPORTANTE

Los datos, conclusiones y/o recomendaciones que se incluyen en la presente ficha son únicamente orientativas, responden a modelos teóricos y tienen carácter meramente divulgativo. Es necesario que, en cualquier caso, se proceda a su comprobación acudiendo a las normativas que resulten de aplicación a cada caso concreto, sin que, por tanto, deban adoptarse decisiones de cualquier tipo exclusivamente a partir de su contenido.

Estructura de madera tradicional

Objeto y descripción del fenómeno

Las estructuras de madera tradicional (que actualmente podemos entender como de **madera aserrada** y/o de **madera laminada encolada**) pueden experimentar procesos patológicos con repercusión en otros sistemas constructivos del edificio.

El siguiente texto trata únicamente de los defectos y daños en los propios elementos estructurales de madera tradicional, ya que los correspondientes a estructuras realizadas con otros materiales derivados de la madera y los repercutidos por las estructuras en el resto de sistemas constructivos, pueden ser objeto de otras fichas específicas.

Los elementos estructurales y sus uniones deben resistir la acción de muy diversos agentes con capacidad para provocar procesos patológicos, que pueden ser solo estéticos o llegar a incidir en su capacidad portante y en su deformabilidad.



Dichos procesos son bien conocidos y pueden prevenirse, evitando así su incidencia negativa sobre el edificio.

Procesos patológicos en estructuras de madera

Agentes		Patologías
Defectos internos	Tensiones de crecimiento, de secado, de encolado y de montaje, irregularidades.	Combado, revirado, alabeo, grietas, pérdida de nudos, desencolado, desplazamientos locales.
Cargas externas	Gravitatorias, viento, sismo, impacto.	Flechas, pandeos, desequilibrios, roturas.
Fuego	Carga de fuego del local.	Combustión, emanación de humos y gases, plastificación de elementos metálicos, rotura.
Agentes bióticos	Hongos cromógenos y de pudrición, insectos xilófagos.	Coloración, pérdida de integridad y/o de resistencia.
Agentes abióticos	Radiación solar, agua de lluvia o de las instalaciones, humedad del aire o del terreno, contaminación.	Coloración, suciedad, pérdida de resistencia, pérdida de rigidez.



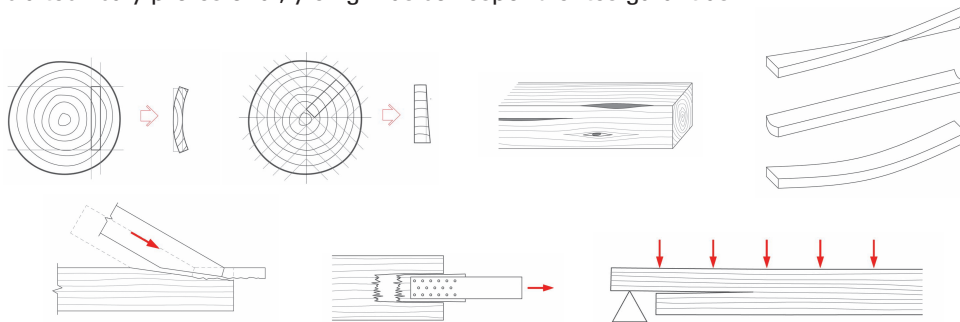
Causas

Causas derivadas del material

La madera es un material fiable en su comportamiento, siempre y cuando se conozca su asignación a las clases resistentes cuyas propiedades mecánicas se definen en el CTE DB SE-M. Los posibles problemas atribuibles al material derivan, por tanto, de la inadecuada utilización del mismo al conformar los diferentes elementos estructurales. En particular los errores más frecuentes son:

- Secado insuficiente.
- Despiece inadecuado.
- Desviación de la fibra con respecto a la directriz de la pieza.
- Defectos contraindicados para el uso (nudos, fendas, acebolladuras, madera juvenil, gemas, bolsas de resina, madera de reacción).
- Inadecuada durabilidad natural para el uso.
- Inadecuada impregnabilidad para el tratamiento elegido.
- Incompatibilidad entre protectores y colas.
- Ataques bióticos previos no detectados.

Por ello es necesaria su elaboración y certificación por empresas de reconocida solvencia técnica y profesional, y exigir las correspondientes garantías.



Causas derivadas de esfuerzos estructurales

La madera posee una alta resistencia a flexión, compresión y tracción cuando se utiliza en la dirección paralela a sus fibras, pero mucho menor en la dirección perpendicular, especialmente a tracción, por lo que estas tensiones deberán evitarse en todo momento mediante el adecuado diseño estructural, especialmente en las uniones. Los errores en la aplicación de esfuerzos más frecuentes son:

- Concentración de esfuerzos de compresión perpendicular en los apoyos.
- Sobre esfuerzo de tracción perpendicular en uniones colgadas.
- Sobre esfuerzo de tracción paralela por concentración local de elementos conectores.
- Reducción excesiva de la sección en los rebajes de los encuentros.
- Transmisión asimétrica de las cargas en los nudos.

Para evitar estas situaciones, los profesionales responsables de las diversas fases de actuación sobre el edificio (proyecto, dirección de obra, elaboración, montaje, uso y mantenimiento) deben aplicar un buen conocimiento del material y de sus posibilidades de utilización.



Causas derivadas de agentes agresivos

El fuego y las altas temperaturas endurecen la madera, pero al mismo tiempo producen reducciones dimensionales que pueden llegar a ser significativas. El efecto de la acción del fuego en función del tiempo se evalúa como una progresiva carbonización de la capa exterior de la madera (a una velocidad aprox. de 0,8 mm. por minuto, sin retardante) con la correspondiente pérdida de sección resistente.

Mayores problemas presentan los elementos metálicos de fijación, que deben protegerse o sobredimensionarse generosamente. Los errores más comunes son:

- Utilizar secciones pequeñas sin recubrimiento protector.
- Utilizar elementos metálicos de unión vistos.
- Utilizar recubrimientos protectores incompletos o insuficientes.
- Ausencia de anclaje directo de los revestimientos protectores a los elementos resistentes.

Los agentes bióticos suelen necesitar una alta humedad permanente que ablande la madera, por lo que un diseño constructivo que proporcione buena ventilación y evite la retención de humedad suele ser un recurso efectivo para impedir su ataque. Hay especies de maderas protegidas de modo natural, y también existen numerosos tratamientos adecuados a cada clase de uso. Los errores más comunes en este ámbito son:

- Inadecuada elección de especie de madera para el uso previsto.
- Inadecuada elección del tratamiento protector y del método de aplicación para la especie y uso previstos.
- Errores de diseño constructivo ante las humedades.
- Eliminación de la protección en el proceso de elaboración y/o montaje.
- Mantenimiento deficiente.

Los agentes abióticos, por lo general, no afectan directamente de modo notable a las características resistentes de la madera, sino que facilitan la acción de otros agentes patógenos (bióticos) y/o modifican su aspecto exterior (engrisecido superficial por radiación solar). Los errores más comunes a este respecto son:

- Inadecuada elección del tratamiento protector (no transpirable, no impregnante, no adecuado al uso y especie)
- Ausencia de revestimiento o protección, o falta de renovación periódica de los tratamientos.
- Zonas de exposición no homogénea.
- Inadecuada elección de color para la madera exterior.

Errores que posibilitan la acción patogénica

El proyecto es la principal herramienta para establecer las medidas que impiden la aparición de procesos patológicos en las estructuras de madera, abaratando así el mantenimiento y mejorando la calidad y la seguridad del edificio. Los errores de proyecto más comunes son:

- Inadecuada elección de los materiales, en función de la agresividad del medio.
- Errores en la concepción global de la estructura y de su arriostramiento horizontal.
- Ausencia (o deficiencia) de las especificaciones sobre los certificados de características y/o los ensayos exigibles para los materiales.



- Errores en la evaluación de las acciones y/o en la elección del modelo de cálculo y/o de los elementos críticos a comprobar.
- Dimensionamiento insuficiente de los elementos y de las uniones a efectos de resistencia y/o de rigidez.
- Ausencia (o deficiencia) de las especificaciones de los sistemas de protección.
- Detalles constructivos inadecuados en relación con la protección frente a la humedad.

La ejecución y el control de obra deben tener el rigor necesario para impedir la introducción de condiciones no previstas en la estructura. Son errores comunes:

- Deficiente control de características en la recepción de los materiales:

Madera: Especie, calidad, clase resistente, dimensiones, humedad, marcado CE, certificado de origen, sello PEFC, durabilidad natural, aspecto y estado.

Protectores: Nombre y tipo, número de registro en el M^o de Sanidad y Consumo, fecha de tratamiento, método de aplicación, retención (en relación con la impregnabilidad de la madera) y clase de uso que cubre.

Metal: Tipo de elemento, cantidad, dimensiones, marcado CE, valores característicos de resistencia y tratamiento de protección.

- Inadecuada manipulación en el transporte, en el almacenamiento y/o en el montaje (sobretensiones, golpes, rozaduras, contacto con el suelo, apoyo sobre superficies irregulares, desprotección no prevista ante la intemperie, agua o humedad excesiva).
- Cambios no autorizados en las dimensiones de los elementos y de sus uniones y/o en los sistemas de protección especificados en el proyecto.

La inspección y el mantenimiento deben seguir las directrices marcadas para el edificio y contar con el equipo y el personal adecuado. Los errores comunes son:

- Insuficientes (incompletas o inadecuadas) inspecciones para la detección de daños, humedades u otras agresiones.
- Modificaciones no autorizadas de las características de uso, carga, forma, disposición y mantenimiento previstas en el proyecto.
- Tratamiento incompleto, tardío o inadecuado de los procesos patológicos detectados.

Elementos constructivos afectados

Los elementos constructivos contemplados en este caso se limitan a los que componen la estructura, si bien sus procesos patológicos pueden afectar a otros elementos constructivos relacionados con esta, a los cuales, en esta ocasión, no hacemos referencia.

Los procesos patológicos de las estructuras de madera pueden afectar, por tanto, a:

- Madera de los elementos estructurales
- Colas de constitución del material
- Metal de los elementos auxiliares
- Materiales de recubrimiento y protección.

La incidencia de la humedad sobre la madera es el principal factor que, como hemos visto, está en el origen de la mayoría de las causas de daños, tanto en la madera como



en el metal, afectando tanto a sus cualidades estéticas como a las relativas a su resistencia y rigidez. El correcto detalle constructivo es la mejor prevención.

La adecuada consideración de la anisotropía de la madera y de la influencia de esta en las propiedades resistentes, es otro factor que diferencia sustancialmente este material de otros utilizados comúnmente en estructuras. Deben evitarse las tensiones perpendiculares a la fibra y diseñar adecuadamente las uniones.

Ante el fuego, la madera se comporta, a efectos resistentes, mucho mejor que el acero, por lo que son los elementos auxiliares metálicos los que deben protegerse especialmente.

La exposición a la intemperie afecta negativamente a los elementos de madera utilizados comúnmente en estructuras, por lo que deben recubrirse mediante "madera de sacrificio" renovable u otros materiales; o bien tratarse adecuadamente.

La exigencia de certificaciones de durabilidad de las colas y de compatibilidad con los tratamientos utilizados previene la posible pérdida de integridad del material.

Propuestas de prevención

El correcto comportamiento de una estructura de madera tradicional a lo largo de su periodo de servicio depende básicamente de:

- El acierto y el grado de definición de los detalles constructivos del proyecto.
- El esmero y el rigor en el control de la ejecución de la obra.
- La profesionalidad con que se lleve a cabo el mantenimiento del edificio.

Las decisiones y actuaciones más importantes se refieren a los siguientes aspectos:

En fase de proyecto

- *Elección del material.*
Tipo de madera (aserrada o laminada), especie, clase resistente.
- *Diseño estructural.*
Concepción global (jerarquía y arriostamiento), elementos y sus uniones.
- *Evaluación de las acciones.*
Se debe emplear cuidadosamente el CTE DB SE-AE.
- *Dimensionamiento de los elementos estructurales.*
Empleando los CTE DB SE y CTE DB SE-M se analizará tanto la estabilidad y la resistencia (estados límite últimos) como la deformación (estados límite de servicio).
- *Elección del sistema de protección frente al fuego.*
Según CTE DB SI 6, se podrá optar por el sobredimensionamiento de los elementos, su recubrimiento con materiales resistentes al fuego, el tratamiento interno de la madera en taller, o la aplicación de revestimientos intumescentes.
- *Asignación de la clase de uso.*
El DB SE-M establece 6 clases de uso en función del grado de humedad que vaya a alcanzar durante su vida útil (en relación al posible ataque de agentes bióticos).



- *Elección del tipo de protección frente a los agentes bióticos.*
El DB SE-M indica el tipo de protección apropiado para cada clase de uso.
- *Especificación de los sistemas de unión.*
Pueden ser tradicionales o mecánicos (de tipo clavija o de tipo conector). En cada caso debe evaluarse las exigencias de resistencia al fuego y de protección frente a la corrosión, especificando los sistemas y tipos de protección adoptados.
- *Medidas constructivas.*
El diseño constructivo debe evitar cambios perjudiciales en el contenido de humedad de los elementos, favorecer la ventilación y evitar el contacto de la madera con el terreno.
- *Plan de mantenimiento.*
El manual de uso y mantenimiento del edificio debe contemplar adecuadamente las responsabilidades a asumir por los usuarios.

En fase de obra

- *Revisión del proyecto* ante las incidencias o imprevistos que puedan acaecer.
- *Control de la documentación* de materiales y sistemas suministrados a la obra.
- *Control de la calidad, dimensiones, contenido de humedad y sistemas de protección* de los elementos estructurales suministrados.
- *Protección y manipulación adecuadas* del material durante su transporte, almacenaje y montaje.

En fase de utilización

- Cumplimiento del plan de inspección y mantenimiento especificado en el proyecto o en el Libro del Edificio.

Referencias bibliográficas y normativa aplicación

CTE DB SE Seguridad estructural.
 CTE DB SE-AE Acciones en la edificación.
 CTE DB SE-M Seguridad estructural: Madera.
 CTE DB SI Seguridad en caso de incendio. UNE-EN 1995-1-1
 EC 5 Proyecto de estructuras de madera. UNE-ENV 1995-1-2
 EC 5 Proyecto de estructuras de madera sometidas al fuego.
 “Guía de la Madera en la Construcción” y “Estructuras de Madera” (AITIM).

Estudio y realización de la ficha

Estudio y realización de la Ficha: Miguel Casariego Rozas, Mariano Salazar Ruiz y Fernando Sánchez Mínguez, arquitectos.
Coordinación y redacción ASEMAS: Eleuterio Sánchez Vaca y Javier Arcones Benito. Departamento de Servicios Técnicos.
Coordinación CSCAE: Antonio Cerezuela Motos. Coordinador Área Técnica.

