

Obras con Estructura de Madera Laminada

solución natural para ideas complejas



análisis

La idea de utilizar la madera laminada en construcción surge, por primera vez, en el siglo XVI, teniendo como artífice al arquitecto Francés Philibert Delorme, que construyó el Palacio de las Tullerías. La necesidad de su utilización vino impuesta por la presencia de acabados curvos en el diseño. La mejora de la tecnología de los adhesivos de tipo resinoso hizo posible el incremento de la fabricación de laminados de madera en las industrias aeronáutica y de la madera estructural, durante la primera guerra mundial. Durante la segunda guerra mundial, se desarrollaron adhesivos sintéticos, que permitieron dar un nuevo impulso a la madera laminada, y que su aplicación se extendiera a la fabricación de puentes y a las construcciones náuticas, que precisaban un elevado grado de resistencia en condiciones ambientales muy agresivas.



Detalle de uniones entre piezas de la estructura de madera laminada. Foto: Otmo

Así pues, la utilización de la madera laminada como elemento estructural no es algo nuevo, si bien, la generalización de su uso se remonta a principios del pasado siglo XX, destacándose las últimas cuatro décadas por un incremento de las realizaciones singulares.

Actualmente, la madera laminada destaca en su uso estructural, especialmente en grandes construcciones: Iglesias, gimnasios, hangares, fábricas, bodegas, coliseos cubiertos, puentes, edificios de grandes luces, etc.

De alta aplicación en la arquitectura de las sociedades desarrolladas, las estructuras de madera laminada han pasado a reemplazar a soluciones tradicionales altamente posicionadas en el mercado, por lo que han adquirido un alto valor industrial y un destacado papel estético.

Panorama Actual

De forma cada vez más acusada crece el consumo interno de madera laminada del tipo laminada encolada proveniente de ingeniería; esto es, con medidas y diseños especiales, como de viga laminada estandarizada, básicamente importada. El fabricante español de madera laminada domina el segmento de la fabricación especial, ofreciendo a su cliente soluciones completas "llave en mano".

Progresivamente, ante la enorme competencia escandinava, francesa, austriaca y alemana de vigas de madera laminada estandarizadas, la actividad del fabricante español deriva hacia la fabricación especial y a medida; y por ello avanza en los campos de la certificación de calidad y de tratamientos innovadores, contemplando aspectos medioambientales, con una imparable tendencia hacia la homologación de sus productos y servicios. Ésta es la fórmula que, a juicio de las empresas del sector, asegura la competitividad. Atendiendo al nuevo Código Técnico de la Edificación, cada elemento de uso estructural deberá contar con el marcado CE. Y cumpliendo la LOE (Ley de Ordenamiento de la Edificación), toda oficina técnica de control observará que se garantice que no existen vicios estructurales ocultos en el edificio, de cara a posibilitar que éste obtenga de una compañía aseguradora el seguro decenal.

Mientras en España se compran piezas prefabricadas estándar a otros países, aquí los fabricantes se especializan en ingenierías capaces de responder a las demandas más singulares de los proyectistas

Cada vez más, el cliente final demanda a un único proveedor soluciones completas de ingeniería y cálculo, de fabricación o suministro de las piezas, su montaje e incluso de suministro e instalación, en su caso, de algunos complementos auxiliares como tejas o aislamientos.

Estructura de Madera Laminada. Elementos

En la actualidad los métodos empleados para su fabricación y control de calidad, nos permiten afirmar que la madera laminada es un producto industrial normalizado y certificado en su diseño, producción y montaje, lo cual garantiza su fiabilidad y durabilidad.

Las estructuras de madera laminada están formadas fundamentalmente por láminas de madera de espesor constante, que son unidas longitudinalmente mediante entalladuras en sus testas y encoladas unas a otras hasta alcanzar las dimensiones deseadas. Ésto permite realizar estructuras de grandes luces y proporciona una gran libertad de diseño, pudiendo resolver geometrías complejas y salvar grandes luces a un coste competitivo. Como material constructivo, la madera laminada aúna todas las ventajas de la madera natural y evita las posibles desventajas derivadas del carácter anisotrópico de la misma (distinto comportamiento según la dirección de las fibras).

En una estructura de madera laminada están presentes los siguientes elementos constructivos:

Madera

La madera utilizada para la fabricación de la madera laminada es, frecuentemente, de la especie *Picea Abies* (Abeto), acorde con la normativa DIN 4074 o de *Pino Radiata*, calidad estructural G-2 o superior, especificada en Nch 1198, secada en cámara, con un contenido de humedad medio de las láminas de madera durante la fabricación inferior al 12 +/- 2%, controlado según lo establecido por la norma DIN 52183.

Toda la madera se clasifica por medio de un proceso automatizado que permite un control riguroso de su estructura interna.

- Vigas de madera laminada encolada y/o vigas de madera maciza tratada. Suelen ser de madera de abeto con un grueso aproximado de 45 mm. de sección y largos variados, ensambladas mediante entalladura múltiple en sentido longitudinal y posteriormente encoladas por sus caras, a fin de conformar una sola unidad estructural. La viga se termina con un cepillado/calibrado en todas las superficies y un biselado en las aristas longitudinales.

Éstas son calculadas y fabricadas según la normativa vigente UNE ENV 1995-1-1, basada en Eurocódigo nº 5. La viga recta de sección constante de madera laminada es la más barata de producir. Con vigas de sección constante es posible llegar hasta más de 30 metros de luz.



Estructura para Nave Comercial en Rivas Vaciamadrid. Foto: Elur

- Panel sándwich autoportante. Formado por dos tableros de madera unidos a un núcleo de espuma rígida de poliestireno extrudido, cumpliendo las exigencias de la normas relativas al aislamiento térmico en la edificación. Constituyen un soporte válido para recibir cualquier tipo de material de acabado, ofreciendo un conjunto de ventajas, entre las que destacan las siguientes: cumple la función de estructura y aislamiento al mismo tiempo; permite una estructura de cubierta más ligera, sencilla y económica; hace aprovechable el espacio bajo cubierta.

Su facilidad de colocación, la versatilidad de su uso, la seguridad y duración de su vida útil representan un conjunto de ventajas de notable trascendencia económica.

Los paneles se colocan sobre estructuras de madera laminada alternando las juntas transversales entre ellos. El anclaje de los paneles sobre la estructura de madera se realiza mediante clavos estriados. Una vez fijados los paneles a la estructura portante, se procede al sellado de las juntas, para lo que se suele utilizar espuma de poliuretano, y a asegurar la estanquidad de la cubierta ante posibles filtraciones de agua.

La instalación de paneles autoportantes requiere, en muchos casos, el empleo de elementos auxiliares tales como: rastreles horizontales, para la colocación de los materiales de acabado, productos textiles que actúan como barrera de vapor entre rastreles, láminas bituminosas y diversos materiales de acabado tales como tejas, pizarras o planchas metálicas.

- Arcos. La gran ventaja que ofrece el encolado para este tipo de estructuras les hace no tener competencia en cuanto a esbeltez, belleza y luz. Éstos se conforman en forma de arcos biarticulados en tres o cuatro partes que se unen mediante conectores metálicos. Los más usados son los conectores Simpson. En Estados Unidos se han construido edificios con arcos de madera laminada de más de 100 metros de luz.

- Marcos. Los más frecuentes son los marcos triangulares, constituyendo una aplicación de la madera laminada muy atractiva, desde el punto de vista arquitectónico. Este tipo es muy usado en la construcción de iglesias (llamado marco "Tudor"). Con este tipo de estructura es posible alcanzar los 60 metros de luz.

Adhesivos

Los adhesivos con funciones estructurales producen uniones con resistencia y durabilidad suficientes para garantizar que la integridad del encolado se mantenga a lo largo de la vida de la estructura.

Acabado superficial

El acabado superficial de las vigas se realiza mediante regreoso-cepillo de alta calidad que dará como resultado superficies perfectamente planas.

Tratamiento

Todos los elementos estructurales son tratados mediante productos hidrofugantes, fungicidas e insecticidas de carácter preventivo, aplicados en fábrica. Los tratamientos protectores irán acompañados de las correspondientes medidas que limiten al máximo los aportes de agua tanto en forma líquida como en forma de vapor.

Herrajes

Los herrajes son de acero S235 Y S355, acorde a la norma EN 10027, y su tratamiento suele ser de galvanizado en caliente.

Tornillería

La tornillería es acorde a las especificaciones establecidas por la norma DIN 1052-T2.

Toda la madera se clasifica por medio de un proceso automatizado que permite un control de su estructura interna

Ventajas competitivas de la madera laminada

La madera laminada ha permitido ampliar la gama de usos de la madera donde se resaltan sus cualidades estéticas, físico-mecánicas y de durabilidad. Por otra parte, ha permitido la producción de elementos estructurales de forma, tamaño, funcionalidad y creatividad no logrados con la simple madera maciza, e incluso con otros materiales tradicionales.

De aplicación en todos los sectores de la construcción, residencial (muy interesante en bajo cubiertas), servicios (aporta estética y funcionalidad), obras singulares (permite estructuras curvas, grandes luces como en piscinas cubiertas, etc.), industrial (permite creación de cerchas, pórticos, como en bodegas, etc), civil (estructuras, puentes...), etc.

Aporta valor tanto para los particulares, promotoras, constructoras, gabinetes técnicos y arquitectos, gracias a claras ventajas que se resumen a continuación:

Producto ecológico. La materia prima empleada en la fabricación de la madera laminada proviene de bosques renovables. El coste energético de su transformación es muy bajo en comparación con otros materiales como el acero, el hormigón o el aluminio, siendo reciclables no sólo

los materiales empleados sino también los residuos generados. La madera es el único material natural y renovable. Las operaciones de transformación del árbol en madera son mínimas y el consumo energético es negativo. La madera fija el anhídrido carbónico y reduce el efecto invernadero. Es ideal para una arquitectura sostenible.

Libertad de diseño. Las características de la madera laminada permiten cubrir grandes luces y resolver geometrías complejas a un coste competitivo.

Material competitivo. Sus características mecánicas, la versatilidad de diseño y su comportamiento al fuego hacen que la madera laminada sea un material altamente competitivo frente a otros materiales estructurales.

Resistencia en ambientes extremos. La madera laminada es resistente en ambientes agresivos y corrosivos, lo que la hace ideal para aquellas aplicaciones en los que por sus características otros materiales ven limitado su uso (piscinas cubiertas, plantas químicas, naves de uso ganadero, ambientes industriales agresivos, edificios en zona de costa marítima, etc.).

Resistencia estructural. Buena resistencia a la flexión (excelente respecto a su poco peso), buena resistencia a la tracción

(similar en relación resistencia/peso que el acero), superior resistencia en compresión que el hormigón (al menos en dirección paralela a las fibras) y bajo módulo de elasticidad (mitad que el hormigón), por lo que deben tenerse muy en cuenta las deformaciones.

Impermeabilidad. Los paneles son hidrófugos, están sellados con espuma de poliuretano y añaden una capa impermeabilizante y transpirable (barrera de vapor), para evitar goteras y condensaciones.

Alta fiabilidad. La madera laminada es un producto industrial normalizado y certificado en su diseño, producción y montaje, lo cual garantiza su fiabilidad y durabilidad.

Garantía contra el fuego. La madera laminada es el material que mejor garantiza la estabilidad al fuego exigida por la normativa vigente sin necesidad de ningún tratamiento adicional. En comparación con los otros materiales tradicionales como el acero o el hormigón, la madera laminada, sin ninguna protección complementaria o mantenimiento particular, presenta ventajas incuestionables en caso de incendio. Ésta muestra una mejor resistencia al fuego de lo que podemos esperar de un material combustible. Pruebas de incendio han permitido



Estructura de arcos en madera laminada, sobre la que se asienta una cubierta del mismo material. Foto: TRC



EL RESULTADO MÁS SEGURO PARA LA IDEA MÁS NATURAL

Ser la empresa líder en Calidad de Gestión, Calidad de Producto, Calidad de Gestión Ambiental, en Seguridad y Salud y Promover la Gestión Forestal Sostenible, es la primera referencia de HOLTZA, S.A. frente a nuestros Clientes, Trabajadores, Proveedores y Accionistas.



HOLTZA, S.A.

Polígono Industrial Gojoin - c/ Padurea 2b - 01170 LEGUTIANO (Álava - España)

Tel.: (+34) 945 465 508 - Fax: (+34) 945 465 570 - www.holtza.es



Estructura de madera laminada para una nave industrial. Foto: Elur

constarlo. Estos estudios desembocan en un perfecto conocimiento del comportamiento de las construcciones de madera frente al fuego, en la puesta a punto de un método de cálculo y en una técnica de construcción adecuada. Las vigas laminadas resisten sumamente bien durante períodos de tiempo entre una y dos horas, incluso más. Asimismo, en caso de incendio, los bomberos pueden echar agua sin peligro de estallido o desplome. Después de un incendio, las vigas de madera laminada pueden desensamblarse fácilmente, ya que sólo se necesita una simple troceadora para recuperar los elementos transportables.

Resistencia química. La madera laminada no reacciona con el medio ambiente ni con agentes oxidantes o reductores. Por eso es un material óptimo para utilizarlo en situaciones que inducen a la corrosión en metales; habitaciones de almacenaje de productos químicos, almacenes de frutas, piscinas cubiertas o cualquier tipo de edificación próximo a ambientes marítimos. La madera laminada es resistente a la mayoría de ácidos y agentes corrosivos.

Ligereza estructural. La estructura de madera laminada resulta 10 veces más ligera que la de hormigón y 3 veces que la de acero a iguales exigencias estructurales. Esta característica se traduce en pilares más esbeltos y cimentaciones reducidas, con el consiguiente ahorro económico.

Reducido tiempo de montaje. Por su alto grado de prefabricación, el montaje de estructuras de madera laminada se realiza en espacios de tiempo muy cortos. Además se trata de

un material de "construcción seca", que no genera residuos ni requiere grandes infraestructuras en obra. Ahorra, por término medio, hasta un 50% del tiempo de ejecución respecto a otros sistemas tradicionales.

Experiencia europea. La madera laminada es un material de uso extendido en países como Austria, Alemania, Francia, Italia o los países nórdicos. Existen numerosos ejemplos de estructuras de madera laminada con grandes luces en construcción de más de 50 años.

Alto nivel estético. La madera laminada aporta calidez por sí misma, sin necesidad de recubrimientos. Por ello es un material muy valorado en la creación de ambientes. Se aprovecha la estructura en madera como parte de la decoración. Se generan muchos menos escombros (sólo serrín y pequeños retales). El acabado en madera barnizada es definitivo sin necesidad de enyesar o pintar con una terminación más estética que la proporcionada en la obra tradicional, facilitando la venta de la vivienda o inmueble. El carácter noble y cálido de la madera es el elemento añadido a todo el conjunto de cualidades anteriormente expuestas.

Producto certificado en base al nuevo Código Técnico de la Edificación CTE, DB-SE Madera. La mayoría de los fabricantes entregan el certificado de clasificación estructural requerido por las OCT's y la memoria técnica de cálculo estructural necesarios para arquitectos e ingenierías.

Muchos fabricantes proporcionan, además, el certificado de calidad ISO 9001 con Bureau Veritas BVQI.

Proceso de obtención y fabricación

La madera laminada es un derivado de la madera, se puede obtener a través de dos procesos diferentes; uno de ellos, el "desenrollado" del tronco, mediante una cuchilla, permite obtener laminas de aproximadamente ocho décimas de milímetro, al actuar en forma transversal a las fibras, el primer producto obtenido presenta una superficie no muy pulida.

El otro proceso consiste en sacar láminas mediante una cuchilla que actúa en sentido paralelo (longitudinal a las fibras). La cuchilla trabaja sobre tablas, no sobre el tronco, obteniéndose láminas de iguales espesores pero con terminaciones mucho más finas, casi pulidas. Estas últimas se venden en "paquetes", que pertenecen a la misma tabla, permitiendo luego ser aplicadas formando dibujos todos con los mismos colores y vetas.

Con estas láminas pueden obtenerse otros derivados como los compensados, formados por un sándwich de laminas cuyas vetas van entrecruzadas y encolados a presión en autoclaves.

La madera laminada como producto de uso estructural y estético, está fabricado bajo

La madera laminada es un material de uso extendido en otros países europeos, en los que existen ejemplos de estructuras con más de 50 años



A M B I E N T E S D E M A D E R A



Delegación en España: OTMO, S.L.
C/ Moliné, 9 - 08006 Barcelona
Telf. 93 201 94 82



Delegación en España: COMERCIAL OLLÉ
C/ María Vidal, 93 Esc. 1ª - 2ª 2ª
08340 Vilassar de Mar (Barcelona)
Telf. 93 7506218



El desafío natural de la complejidad

La naturaleza es nuestro ambiente máspreciado. Agua, luz y aire: los recursos fundamentales para nuestra existencia dan vida a la materia prima 'madera'. El grupo Rubner se siente responsable de la conservación del recurso 'naturaleza'. Esta vocación ahonda indudablemente sus raíces en los orígenes de la familia Rubner y del grupo empresarial surgido en el corazón de Val Pusteria (Alto Adigio / Italia). En estos lugares, la naturaleza ha creado un escenario que suscita grandes impresiones y emociones, gracias a la obra de sus elementos (montañas, pastos alpinos, bosques, sol y agua). Aquí nació y creció la idea "Rubner", que se plasmó en el contacto cotidiano con la materia prima 'madera'. Un material natural de construcción, al que el grupo Rubner dedica toda su atención.

Salón de actos religiosos en el Castillo de San Javier, Navarra. Foto: Holtza



condiciones técnicamente controladas, con piezas de madera de diferentes largos y secciones transversales iguales, encoladas entre sí y altamente resistentes a las condiciones climáticas adversas. Su composición se logra mediante la unión de láminas delgadas, que pueden ser curvadas previamente, permitiendo así la construcción de estructuras complejas no sólo de gran belleza, sino de excelentes características estructurales. Los ensambles longitudinales se hacen por el sistema de "finger joint".

Definidas las características de las vigas, tanto en su forma como en lo largo, ancho y espeso, se procede a preparar las láminas a ensamblar. Las superficies, tanto de los cantos como de las caras de las tablas, deben ser lisas y uniformes para permitir una buena adherencia entre ellas. Al mismo tiempo, se prepara el pegamento o adhesivo según las recomendaciones del fabricante y el tipo de uso de la estructura, es decir, bajo techo o a la intemperie. Los adhesivos más utilizados para condiciones bajo techo son aquellos con base en urea formaldehído. Sin embargo, la cola más utilizada es el Resorcino Fenol-Formaldehído para uso estructural.

Incluye, posteriormente, una mano de Sellador de Madera, neutro a agentes químicos, resistente al fuego e insensible a la humedad después del encolado. Ello exige maderas con un contenido de humedad inferior al 15 por ciento y superficies muy uniformes.

La aplicación de la cola, aunque antes se hacía manualmente, se aconseja hacerla por medios mecánicos para así asegurar una distribución uniforme y homogénea sobre cantos y caras de cada lámina.

El prensado se hace con prensas manuales, hidráulicas o neumáticas. Para favorecer el fraguado de la cola, la formación y el prensado de la viga se realiza en estancias climatizadas entre 20 y 40 grados centígrados. La duración del prensado depende del tipo de pegamento utilizado, de las dimensiones de la viga, la temperatura y la humedad del medio ambiente. Se debe procurar un prensado uniforme y una presión constante durante el tiempo de fraguado de la cola.

El acabado de la viga se obtiene mediante un pulido de las superficies que elimina los residuos de la cola y confiere uniformidad. En muchos casos se aplican productos oleo solubles, los cuales tienen además, un efecto de impermeabilización. Finalmente se aplican productos de acabado como barnices y lacas.

Cálculo de estructuras

La seguridad que se obtiene mediante el cálculo estructural en las construcciones de madera es la misma que la conseguida con los restantes materiales estructurales. Los criterios de seguridad especificados en la reciente normativa de cálculo son los mismos para todos los

materiales y por tanto, en ese aspecto, no presenta ninguna diferencia. El cálculo de estructuras de madera está basado en los estados límites de acuerdo con los principios definidos en el Eurocódigo 5 (ENV 1995 - 1 - 1), cuyo enfoque se basa en comprobar la resistencia del material correspondiente a un determinado estado límite y unas condiciones de servicio.

El estado límite último se refiere al agotamiento de la estructura por tensión, estabilidad o equilibrio. El estado límite de servicio se refiere a la aptitud de servicio de la estructura frente a los desplazamientos y a las vibraciones, desarrollado en el Código Técnico de la Edificación, en el que se incluye una parte dedicada a las estructuras de madera que se basa en el citado Eurocódigo 5.

Teniendo en cuenta la matización anterior, la filosofía del cálculo de estructuras sigue siendo la de siempre: se ha de cumplir que la tensión (flexión, compresión, tracción y cortante) obtenida en el cálculo teórico que debe resistir el elemento de madera, sea inferior a la tensión que es capaz de soportar el elemento de madera.

La tensión que es capaz de resistir el elemento de madera laminada se determina utilizando sus valores característicos obtenidos mediante ensayos normalizados o, en su defecto, son aportados por el fabricante. Este valor característico se modifica por dos coeficientes, uno relativo a la duración



ESTRUCTURAS ESPACIALES

MADERA LAMINADA

CUBIERTAS RETRÁCTILES

de la carga y contenido de humedad del elemento o clase de servicio, y el otro relativo al propio material (coeficiente de seguridad del material). En algunas situaciones también se ha de comprobar la estabilidad del elemento o de la estructura, como por ejemplo el pandeo, y otros aspectos específicos como las uniones, etc.

La tensión de cálculo que debe resistir el elemento se determina utilizando las fórmulas habituales de resistencia de materiales, introduciendo el valor de carga más desfavorable obtenido de la combinación de los valores de las cargas permanentes y de las cargas variables aplicadas sobre dicho elemento de madera. El valor de la carga se modifica por unos coeficientes de seguridad relacionados con el tipo de carga. En general, los coeficientes de seguridad para las acciones son 1,35 para las cargas permanentes y 1,50 para las cargas variables.

La madera laminada es un material elástico y plástico, por lo que a la hora del cálculo de las deformaciones habrá que tener en cuenta esta particularidad. La deformación total será la suma de una deformación inicial instantánea y una deformación diferida producida por fluencia que, a efectos de cálculo, se obtiene como una proporción de la deformación inicial en función del tipo de material, de la duración de la carga y de la clase de servicio. La humedad de la madera influye significativamente en las propiedades mecánicas y debe tenerse en cuenta en el cálculo. Para ello, las estructuras quedan asignadas a una de las siguientes clases de servicio:

Clase de servicio 1: Se caracteriza por un contenido de humedad en los materiales correspondiente a una temperatura de 20

± 2°C y una humedad relativa del aire que sólo exceda el 65% unas pocas semanas al año. El contenido de humedad medio de equilibrio higroscópico de la madera no excede el 12%. Ejemplos: estructuras bajo cubierta y cerradas.

Clase de servicio 2: Se caracteriza por un contenido de humedad en los materiales correspondiente a una temperatura de 20 ± 2°C y una humedad relativa del aire que sólo exceda el 85% unas pocas semanas al año. El contenido de humedad medio de equilibrio higroscópico de la madera no excede el 20%. Ejemplos: estructuras bajo cubierta pero abiertas y expuestas al ambiente exterior, también se incluyen las piscinas cubiertas.

Clase de servicio 3: Condiciones climáticas que conduzcan a contenidos de humedad superiores al de la clase de servicio 2. Ejemplos: pasarelas, embarcaderos, pérgolas, etc.

En cuanto a la resistencia al fuego de la madera y de sus productos derivados, debe tenerse presente que están formados principalmente por celulosa y lignina, los cuales se componen de carbono, hidrógeno y oxígeno. Estos componentes la hacen combustible. Sin embargo la madera laminada no arde rápidamente y son realmente pocos los casos en los que en un incendio haya sido el primer material en arder. Sin la presencia de llama, la madera laminada necesita una temperatura en la superficie superior a 400 °C para comenzar a arder en un plazo de tiempo medio o corto. Incluso con la presencia de llama se necesita una temperatura en la superficie de unos 300 °C durante un cierto tiempo antes de que se produzca la ignición.

A pesar de que la madera sea un material inflamable a temperaturas relativamente



Bodega Abadía de Acon. Foto: Holtza

bajas, en relación con las que se producen en un incendio, es más seguro de lo que la gente cree por las siguientes razones: su baja conductividad térmica hace que la temperatura disminuya hacia el interior, la carbonización superficial que se produce impide por una parte la salida de gases y por otra la penetración del calor, por lo que frena el avance de la combustión y, al ser despreciable su dilatación térmica, no origina esfuerzos en la estructura ni empujes en los muros.

La madera laminada es un material con gran capacidad de aislamiento térmico lo que supone una importante ventaja en caso de incendio. El coeficiente de conductividad térmica de la coníferas (pinos y abetos) en la dirección perpendicular varía aproximadamente de 0,09 a 0,12 kcal/mh°C (en las maderas muy ligeras se sitúa en 0,005 y en las pesadas puede llegar a 0,30). En el caso de los tableros de partículas, y dependiendo del espesor, puede variar de 0,08 a 0,15; y en los de fibras de densidad media de 0,06 a 0,72. La capa carbonizada es 6 veces más aislante que la propia madera. De esta forma el interior de la pieza se mantiene frío y con sus propiedades físicas y mecánicas inalteradas. La pérdida de capacidad portante de la estructura se debe a una simple reducción de la sección, más que a una pérdida de resistencia del material.

En cuanto a la resistencia al fuego (velocidad de carbonización) de un elemento constructivo de madera laminada, esto es, el tiempo durante el que es capaz de seguir cumpliendo su función (resistencia, estanquidad, aislamiento) en una situación de incendio, para la madera en grandes escuadrías es fácil alcanzar tiempos elevados de resistencia y estabilidad al fuego. Existe una relación lineal entre la profundidad carbonizada y el tiempo transcurrido.



Estructura de una pirámide solar. Foto: TRC

Esta relación constante que se denomina velocidad de carbonización permite determinar cuál es la sección residual después de un tiempo determinado.

En situación de incendio la comprobación estructural se realiza considerando unas acciones más reducidas, dado el carácter excepcional del incendio, y una sección residual, obtenida al restar la profundidad carbonizada (más una cantidad fija a partir de los 20 minutos de 7 mm. por efecto de la temperatura en el perímetro de la sección) a las dimensiones iniciales, en cada cara expuesta. La resistencia de cálculo en situación de incendio es más elevada que en la situación normal. En secciones gruesas es fácil alcanzar tiempos superiores o iguales a 30 minutos.

Las uniones en las estructuras de madera laminada constituyen un punto débil en caso de incendio. Las mayores profundidades de carbonización se darán en los ensambles de las piezas, bien porque existen juntas que facilitan la penetración o porque se emplean elementos metálicos que conducen el calor hacia el interior de la pieza de madera laminada.

En general, la estabilidad al fuego de las uniones realizadas con elementos metálicos calculadas en situación normal, alcanza un tiempo de 15 minutos. Para llegar a 30 o 60 minutos es necesario sobredimensionar la capacidad de carga de la unión e incluso proteger los elementos metálicos de la acción del fuego de un incendio.

PRINCIPALES PROVEEDORES DE ESTRUCTURA DE MADERA LAMINADA EN ESPAÑA

Empresa	Población	Teléfono	Web	Tipo (*)
AMERICAN L.H., S.L.	BERANTEVILLA (ÁLAVA)	945337557	www.americanlh.com	I / M
B.M.C. MADERAS, S.A.	VALLADOLID	983291919	www.bcmaderas.es	C
CARAMES SEOANE, S.L.	OZA DOS RIOS (A CORUÑA)	902200380	www.carames.com	F / I / M
CCE NORTH WALL, S.L.	SANT ANDREU DE LA BARCA (BARCELONA)	936533153	www.ccenorthwall.com	F / I / M
CORTEBREZO, S.L.	SOTOGRADE (CÁDIZ)	902401550	www.cortebrezo.es	C / F / M
EGOIN	NATXITUA (BIZKAIA)	946276000	www.egoin.es	F / I / M
ELUR S. COOP.	VITORIA-GASTEIZ	945155540	www.elurestructuras.com	F / I / M
ESTRUCTURAS Y TEJADOS ARCOR, S.L.	RUBÍ (BARCELONA)	935881571	www.tejados-arcor.com	I / M
FARGEOT, S.A.	IGUALADA (BARCELONA)	938055678	www.fargeot-charpenters.com	F / I / M
TECNIFUSTA INNOVACIÓ	L'ESCALA (GIRONA)	972770220	www.tecnifustainnovacio.com	F / I / M
FOREST TIMBER	VALENCIA	963445715		C
GABARRÓ HERMANOS, S.A.	SABADELL (BARCELONA)	937484838	www.gabarro.com	C
HALS COMERCIAL	BARCELONA	963551975		C
HOLTZA, S.A.	LEGUTIANO (ÁLAVA)	945465508	www.holtza.es	F / I / M
INGENIUM 21, S.A.	LA PUEBLA DE CAZALLA (SEVILLA)	954846264	www.ingenium21.com	F / I
JESFER DECORACIONES, S.L.	ALMUDEVAR (HUESCA)	902231342	www.jesfer.com	F / I / M
KLH ESPAÑA	BARCELONA	687747653	www.klh.at	F / I / M
LAMIN. DE MADERA DEL NOROESTE, S.A.	O CARBALLINO (OURENSE)	988275199	www.laminor.com	F / I / M
LANIK I., S.A.	SAN SEBASTIÁN	943326050	www.lanik.com	F / I / M
MADERAS ALJARAFE, S.L.	MAIRENA DEL ALJARAFE (SEVILLA)	955726941	www.maderasaljarafe.com	F / I
MADERAS J. REDONDO, S.L.	VILAGARCÍA DE AROUSA (PONTEVEDRA)	986508444	www.maderasredondo.com	C
MADERAS MEDINA, S.A.	OCAÑA (TOLEDO)	925120229	www.maderasmedina.com	C
MADERCON	LAS ROZAS (MADRID)	952105170	www.madercon.net	F / I / M
MADERA Y ARQUITECTURA, S.A.	GETXOO (VIZCAYA)	944804044	www.marquisa.es	I / M
MEDIA MADERA, ING. CONSULT., S.L.	GIJON (ASTURIAS)	985308700	www.mediamadera.com	I / M
MOLDURAS POLANCO ENRI, S.A.	CHICLANA DE LA FRONTERA (CÁDIZ)	956491111	www.polanco.net	C
MONTAJES CIAB, S.L.	OURENSE	988360409	www.montajesciab.com	I / M
OTMO, S.L.	BARCELONA	932019482	www.otmo.net	C / I / M
PERESTELO, S.L.	LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	928463639	www.perestelosl.com	C
PERGOLAN TECNIA MADERA, S.L.	CARRIÓN DE LOS CÉSPEDES (SEVILLA)	954755036	www.pergolan.com	F / I
SOCOTEX, S.L.	ARANDA DE DUERO (BURGOS)	947512574		F
TARIFLEX, S.L.	LA PRADERA DE NAVALHORNO (SEGOVIA)	921472366	www.tariflex.com	F / I
TRANSFORM. DE MADERA EUROANEL S.A.	AMURRIO (ÁLAVA)	945890022	www.tmeuropanel.com	F / I / M
TRC, S.L.	LA CISTERNIGA (VALLADOLID)	983403023	www.trcsl.es	F / I / M
YOFRA, S.A.	GAJANO (CANTABRIA)	942502273	www.yofra.com	F / I / M

* Tipo de Proveedor: (C) Comercial, (F) Fabricante, (I) Ingeniería, (M) Montaje

Fuente: Promateriales