

MADERA LAMINADA ENCOLADA

DEFINICIÓN

Se obtiene encolando dos o más láminas de madera en dirección paralela al eje de las láminas. Las láminas se obtienen encolando entre sí, mediante uniones dentadas, piezas de madera aserrada con un espesor comprendido entre 6 y 45 mm.

APLICACIONES

Las estructuras de madera laminada encolada resultan especialmente indicadas para:

- Vigas:
 - Luces de 30 a 70 m en edificios de uso público, comercial o deportivo.
 - Luces moderadas de 8 a 14 m en construcciones pequeñas y medias (normalmente elementos prefabricados)
- Pilares
- Estructura de cubierta de peso propio reducido.
- Estructuras que requieren resistencia frente a determinados agentes químicos, como por ejemplo almacenes de sal para eliminar la nieve – hielo de las carreteras.
- Cuando se pretende un aspecto estético especial.
- Existe la necesidad de estructuras con elevada estabilidad al fuego.
- Estructuras en situaciones de difícil mantenimiento.

Ejemplos de aplicaciones:

- normales: iglesias, gimnasios, polideportivos, piscinas, centros comerciales, hangares, fábricas, bodegas, puentes, etc.;
- particulares: en ambientes agresivos y corrosivos, en los que otros materiales ven limitado su uso: piscinas cubiertas, plantas químicas, naves para uso de ganado, ambientes industriales agresivos, edificios en la costa marítima, etc.

MATERIALES

Madera aserrada

Los elementos unitarios son tablas de madera aserrada con las que, por yuxtaposición mediante unión dentada encolada, se constituye cada lámina, las cuales, por superposición mediante encolado de sus caras, dan lugar a la pieza, en una lógica constructiva similar a la de la albañilería y la cantería.

- Especies

La especie más utilizada en Europa es la *Picea abies*, que comercialmente se conoce como abeto, abeto rojo, píceo o falso abeto para las clases de uso 1 y 2. Y en segundo lugar el pino silvestre, principalmente cuando se requiere un tratamiento en profundidad para las clases de uso 3.2 y 4.

En España también se emplean el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), el Roble (*Quercus robur* y *Q. petraea*), el Castaño (*Castanea sativa*); y en menor medida el Fresno (*Fraxinus excelsior*), el Haya (*Fagus sylvatica*) y el Iroko (*Chlorophora excelsa*, *Chlorophora regia*). Actualmente, se están llevando a cabo acciones para su inclusión en la norma.

- Calidad o clase resistente de la madera

La madera utilizada en las láminas estará clasificada de acuerdo con la norma UNE-EN 14081-1.

- Contenido de humedad

El contenido de humedad de cada lámina deberá encontrarse en el rango del 6 % al 15 %, a no ser que el fabricante del adhesivo requiera un margen más estrecho. La variación del contenido de humedad de las láminas dentro de una pieza no deberá ser mayor que el 5 %.

Láminas

Se obtienen uniendo por la testa mediante unión dentada las piezas de madera clasificadas.

Adhesivos

Los más utilizados en la actualidad, según la clase de servicio 1, 2 o 3, son:

- Melamina-Urea-Formaldehído (MUF).
- Resorcina-Fenol-Formaldehído (RPF).
- Poliuretano (PU).

Si se aplican productos protectores antes del encolado de las láminas deberá documentarse que se cumplen las especificaciones para la combinación de adhesivo y producto protector.

Herrajes y conectores metálicos

Deben ser resistentes a la corrosión o estar protegidos contra ella.

Tornillería

La norma de referencia para especificarla es la DIN 1052-T2.

TIPOS

Existen dos tipos según el laminado:

- madera laminada horizontal: sus planos de encolado son perpendiculares a la dimensión mayor de la sección transversal, es el formato más habitual;
- madera laminada vertical: sus planos de encolado son perpendiculares a la dimensión menor de la sección transversal. Éste último es menos frecuente y el proceso de fabricación es diferente al anterior.

Así mismo existen otros 2 tipos según las clases resistentes de las láminas utilizadas:

- madera laminada homogénea (GLh): todas las láminas utilizadas son de la misma clase resistente.
- madera laminada combinada (GLc): las láminas exteriores tienen una clase resistente superior a las utilizadas en su interior, y cumplen con la proporción definida en la normativa entre láminas exteriores e interiores.

En los últimos borradores de la norma prEN 14080 se relacionan las clases resistentes de la madera laminada con las resistencia de la unión dentada de la lámina ($f_{m,j,k}$)

DIMENSIONES PIEZAS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMINAS

Al tratarse de un producto fabricado ex profeso sus dimensiones no están normalizadas, aunque pueden suministrarse sin problemas si el mercado así lo requiere.

- Anchura

La gama de anchuras depende de la anchura de la lámina, las más habituales son: 80, 100, 110, 130, 140, 160, 180, 200 y 220 mm (siendo el máximo de 280 mm).

- Altura

Es función del grueso de lámina empleado. En la norma se indica un grueso de lámina máximo permitido de 45 mm para la clase de servicio 1 y 2; y de 35 mm (< 41 mm) para la clase de servicio 3.

- Orientación de las láminas

Todas las láminas deberán tener el corazón hacia el mismo lado, con la excepción de las piezas destinadas a la clase de servicio 3 en las que las láminas extremas en cada lado deberán tener el corazón mirando hacia el exterior.

PROPIEDADES

Contenido de humedad

Deberá ser el más cercana posible a la humedad media de equilibrio higroscópico correspondiente a la ubicación de la obra:

- 12% para clases de servicio 1 y 2.
- 18% para clase de servicio 3.

Clases resistentes

Están definidas en la norma UNE-EN 1194, que distingue 8 clases resistentes, que se exponen en las tablas siguiente (*):

- 4 cuando la composición es homogénea (todas las láminas son de la misma clase resistente).
- 4 cuando es combinada (las láminas extremas son de una clase resistente superior).

(*) en los últimos borradores de la norma UNE-EN 14080 se modifican ligeramente estos valores.

CLASES RESISTENTES	COMPOSICIÓN HOMOGÉNEA			
Valores característicos N/mm ²	GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 36h
Resistencia flexión	24	28	32	36
Resistencia tracción - paralela - perpendicular	16,5 0,4	19,5 0,45	22,5 0,5	26,0 0,6
Resistencia compresión - paralela - perpendicular	24 2,7	26,5 3,0	29 3,3	31 3,6
Resistencia cortante - cortadura y torsión	2,7	3,2	3,8	4,3
Módulo de elasticidad - paralelo: - medio - característico - perpendicular	11.600 9.400 390	12.600 10.200 420	13.700 11.100 420	14.700 11.900 490
Módulo de cortante (medio)	720	780	850	910
Densidad característica (kg/m ³)	380	410	430	450
Clase resistente requerida en las láminas	C24/C18	C30/C24	C40/C30	-

Tabla Clases resistentes de madera laminada encolada combinada, según la norma UNE-EN 1194.

CLASES RESISTENTES	COMPOSICIÓN COMBINADA			
Valores característicos N/mm ²	GL 24c	GL 28c	GL 32c	GL 36c
Resistencia flexión	24	28	32	36
Resistencia tracción - paralela - perpendicular	14,0 0,35	16,5 0,4	19,5 0,45	22,5 0,5
Resistencia compresión - paralela - perpendicular	21 2,4	24 2,7	26,5 3,0	29 3,3
Resistencia cortante - cortadura y torsión	2,2	2,7	3,2	3,8
Módulo de elasticidad - paralelo: - medio - característico - perpendicular	11.600 (11.500) 9.400 (-) 390 (300)	12.600 (12.500) 10.200 (-) 390 (300)	13.700 (13.500) 11.100 (-) 420 (300)	14.700 (14.500) 11.900 (-) 460 (300)
Módulo de cortante (medio)	590 (650)	720 (650)	780 (650)	850 (650)
(Módulo cortante por rodadura)	- (65)	-(65)	- (65)	- (65)
Densidad característica (kg/m ³)	350	380	410	430
Clase resistente requerida en las láminas	C24/C18	C30/C24	C40/C30	-

Tabla Clases resistentes de madera laminada encolada combinada, según la norma UNE-EN 1194.

Durabilidad

No hay que olvidar en este tema la importancia del diseño constructivo de la estructura que evite la exposición innecesaria a la intemperie y la posibilidad de retención de agua. Un correcto diseño puede rebajar el riesgo de deterioro.

En la práctica no existen problemas de durabilidad en piezas situadas en las clases de uso 1 (interior) y 2 (interior y bajo cubierta sin exposición directa al agua de lluvia), prácticamente cualquier especie es apta. En la clase de uso 3.1 y de forma especial en las 3.2, 4 y 5 se requiere una especie de mayor durabilidad natural o un tratamiento químico de protección.

Normalmente las especies coníferas habituales en estructuras no presentan durabilidad natural suficiente (casi siempre incorporan parte de albura que no es durable) y por tanto, para su empleo en clases de uso 3.1, 3.2, 4 y 5 requieren tratamiento. Para la elección del tipo de tratamiento adecuado puede consultarse el Documento Básico de Seguridad Estructural – Madera y la norma UNE EN 335-2 que define las clases de uso.

La especie más utilizada en Europa es el abeto (*Picea abies* L. Karst), que no es impregnable, por lo que su uso queda limitado a las clases de uso 1 y 2. El pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.), es la especie más utilizado para la clase de uso 3, ya que se puede tratar en profundidad.

Se puede elegir una especie con la durabilidad natural suficiente para la clase de uso que corresponda a la estructura, o aplicar el tratamiento adecuado de protección siempre que la madera sea suficientemente impregnable antes de obtener las láminas y de encolarlas entre sí (es la práctica más habitual), o aplicar el tratamiento a la pieza de madera laminada encolada.

Reacción al fuego

Su clase de reacción al fuego, según la norma UNE-EN 14080, es D-s2-d0 siempre que cumpla que su:

- Densidad media mínima sea igual o superior a 380 kg/m³.
- Espesor total mínimo de la pieza sea igual o superior 40 mm.

Si el fabricante define una clase de reacción al fuego diferente, tiene que aportar el correspondiente informe de ensayo y de clasificación de acuerdo con la norma UNE-EN 13501-1.

Resistencia al fuego

La resistencia al fuego de la estructura en la que interviene la madera laminada encolada se calculará de acuerdo con el DB de Seguridad contra Incendio o de acuerdo con la norma UNE-EN1995-1-2. El parámetro dependiente de la madera es la velocidad de carbonización, que toma los valores eficaces de: 0,5 a 0,7 mm/min en madera aserrada de frondosas y madera laminada encolada.

Emisión de formaldehído

De acuerdo con la norma UNE-EN 14080, si el adhesivo utilizado en la fabricación de la madera laminada contiene formaldehído deberá clasificarse de acuerdo con la norma UNE-EN 717-1 en las siguientes clases de emisión E1 o E2.

Resistencia química

Al no reaccionar con el medio ambiente ni con agentes oxidantes o reductores, se convierte en un material adecuado para su utilización en ambientes agresivos y corrosivos, en los que los metales ven limitadas sus aplicaciones.

Acabado superficial - Mantenimiento en aplicaciones al exterior

Al igual que cualquier otro producto de madera colocado al exterior deben recibir acabados que protegen la madera frente a los rayos infrarrojos (calentamiento) y ultravioletas (oxidación).

FABRICACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Fabricación

Los equipos, las condiciones ambientales de fabricación, el proceso de fabricación, y el autocontrol deberán realizarse de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE-EN 386 o por la norma UNE-EN 14080 que sustituirá próximamente a la anterior. Lo habitual es que el fabricante se someta de forma voluntaria a un control externo por un organismo de reconocido prestigio.

Almacenaje, transporte y montaje

Se recomienda aplicar un sellante, imprimación o recubrirlos antes de que salgan de fábrica. Durante el almacenaje, transporte y montaje se evitará someter las piezas a tensiones superiores a las previstas.

Los elementos de madera laminada encolada almacenadas en obra deberán protegerse adecuadamente frente a la intemperie. En el caso que sea posible se recomienda cubrirlos para evitar la acción de la lluvia y del sol. Se deben almacenar sobre rastreles para evitar su contacto con el suelo y sobre suelos correctamente drenados.

Una vez colocados no es conveniente superar el plazo de un mes sin la protección de la cobertura.

Fendas - Delaminaciones

Normalmente aparecen fendas de secado, debido a la variación de las condiciones ambientales. En ocasiones muy particulares pueden aparecer delaminaciones que son fendas más aparatosas originadas principalmente por una mala fabricación.

MARCAS DE CALIDAD

Sello de Calidad AITIM para la fabricación de estructuras de madera laminada encolada (www.aitim.es)

Se basa en la comprobación de la adecuación de los medios materiales y humanos, la implantación de un control de calidad interno y un control externo periódico especificados en las normas UNE-EN correspondientes. Los ensayos de las muestras tomadas en fábrica se realizan en laboratorios acreditados.

Certificado del Instituto Otto - Graf. (www.mpa.uni-stuttgart.de/ Stuttgart, Alemania)

Su funcionamiento es similar al del Sello AITIM, pero utiliza la norma DIN 1052. Parte 1: "Construcciones de madera. Cálculo y ejecución" para el marcado Ü.

Certificación Acerbois Glulam (www.acerbois.org/Acerspagnol/Lien_1espa.html Francia)

Su funcionamiento es similar al del Sello AITIM.

MARCADO CE

Este producto está afectado por la Directiva Europea de Productos de la Construcción. La norma armonizada que regula su marcado CE es la UNE-EN 14.080, que entró en vigor con carácter voluntario el 1 de abril de 2006 y es obligatorio a partir del 1 de diciembre de 2011.

PLIEGO DE CONDICIONES

Véase apartado específico de “Pliegos de Condiciones” de la página web de AITIM.

- Especie
- Contenido de humedad
- Dimensiones y tolerancias
- Propiedades mecánicas – Clases resistentes
- Calidad de encolado
- Emisión de formaldehído
- Tratamiento protector preventivo
- Productos de acabado superficial - Mantenimiento
- Resistencia al fuego
- Marcado CE
- Sellos o Marcas de Calidad Voluntaria
- Almacenamiento de productos
- Herrajes

MÁS INFORMACIÓN

Publicaciones de AITIM - www.aitim.es

- Guía de la Madera: Tomo II - Productos estructurales y Construcción en madera.
- Diseño Estructural en madera.
- Estructuras de madera: Diseño y Cálculo.
- Manual de clasificación de madera.
- Uniones metálicas en estructuras de madera.
- Las estructuras de madera en los tratados de arquitectura.
- Puentes de madera.
- Cubiertas con estructuras de madera.

Pliego condiciones – www.aitim.es