

EL CONTROL DE CALIDAD DE LA FABRICACIÓN DE MADERA LAMINADA ENCOLADA



Fotos: TRADA

LA INTRODUCCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE MADERA LAMINADA ENCOLADA EN NUESTRO PAÍS SE PRODUJO HACE APROXIMADAMENTE 10 AÑOS CON LA APARICIÓN DE EMPRESAS REPRESENTANTES DE LOS FABRICANTES FRANCESES.

CON ANTERIORIDAD LAS EXPERIENCIAS PRÁCTICAS ERAN MUY ESCASAS O CASI ANECDÓTICAS. UNA DE LAS ESTRUCTURAS DE MADERA LAMINADA MÁS ANTIGUAS EN ESPAÑA FUE CONSTRUIDA EN 1967 PARA UNA FÁBRICA DE PARQUET EN LA PROVINCIA DE MADRID.

EN LA ACTUALIDAD LA SITUACIÓN HA CAMBIADO. EXISTEN CUATRO FABRICANTES DE MADERA LAMINADA NACIONALES Y VARIAS DELEGACIONES DE EMPRESAS DE FABRICANTES FRANCESES. EL PRODUCTO ES CONOCIDO POR LOS PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN GRACIAS A LA LABOR DE DIFUSIÓN DE INSTITUCIONES Y ORGANIZACIONES RELACIONADAS CON LA MADERA

1. Introducción

Las aplicaciones más características son los edificios de grandes luces y uso público: polideportivos, piscinas cubiertas, centro comerciales y locales de exposición o de reunión. Incluso en el campo de la rehabilitación tiene posibilidades de aplicación, habiéndose empleado para la sustitución de estructuras de cubierta.

El volumen de producción de madera laminada encolada en España es muy pequeño comparado con otros países cercanos. Oriuntativamente, puede estimarse que la capacidad de producción anual en Francia es de 150.000 m³, en Italia de 60.000 m³, en Alemania de 300.000 m³, mientras que en España probablemente sólo alcanza los 5.000 m³. La superficie total construida en España con este material puede estimarse en 500.000 m².

Parece lógico suponer un crecimiento, en un futuro próximo, de la producción nacional sobre todo pensando en la diferencia existente con el resto de los países mediterráneos.

Evidentemente el aspecto técnico más importante de la madera laminada es el proceso de encolado. Toda la eficacia y seguridad del producto radica en la garantía del encolado. El encolado es aparentemente una operación sencilla y que no requiere unos medios muy sofisticados. Sin embargo, la correcta realización del encolado, requiere un control de variables como presión, temperatura y humedad relativa del aire, contenido de humedad de la madera, dosificación de la cola, preparación de superficies, etc.

Para determinar la calidad del encolado es necesario extraer probetas de la pieza, lo que no es viable en el material colocado en obra. Por tanto el control de calidad deberá centrarse en el proceso de fabricación.

En el año 1988 se constituyeron varios Comités Europeos de Normalización, entre ellos el CEN TC/124 "Estructuras de madera", con el fin de elaborar una normativa unificada cubriendo todos los aspectos del uso estructural de la madera. Esta normativa, que incluye la madera laminada encolada, tiene como objeto final servir de base al Eurocódigo 5 "Estructuras de madera".

El comité CEN TC/124 se divide en cuatro grupos de trabajo: grupo 1 "Métodos de ensayo", grupo 2 "Madera maciza", grupo 3 "Madera laminada encolada" y grupo 4 "Uniones mecánicas". El grupo 3, de madera laminada ha elaborado seis normas recogiendo los aspectos de fabricación y de ensayos específicos de control de calidad del encolado. Estas normas se encuentran en el formato de borrador final pendientes de la aprobación formal.

Este proceso de redacción de normas europeas, cubre muy oportunamente, el vacío que existía en España en este campo.

La especie más empleada en la fabricación de estructuras de madera laminada es la *Picea abies* (conocido vulgarmente como abeto o falso abeto). En Francia han tenido alguna experiencia con el pino pinaster y el chopo.

En España existe la posibilidad de emplear el *Pinus pinaster* de Galicia (Pino Gallego) y el *Pinus radiata* del País Vasco. En los últimos años se ha experimentado el empleo de estas especies en España. El pino radiata cuenta con un uso muy extendido en otros países como Nueva Zelanda (con más de 30 años de experiencia) y Chile.

2. La situación en Francia.

En Francia desde hace unos 20 años el porcentaje de estructuras construidas en madera con respecto a todos los materiales estructurales se ha mantenido, sin aumentar, en un 3%. Esto puede indicar que representa su techo (tal vez poco probable), o que no ha encontrado la vía para un desarrollo mayor.

La normativa de la clasificación de la madera es muy antigua, año 1946, y además orientada a la madera maciza. Se han publicado documentos técnicos que han ido actualizando, al menos en parte, los aspectos del uso estructural de la madera y su enfoque hacia la madera laminada; pero es ahora cuando parece que se producirán cambios más importantes.

En Francia en el año 1991 se encontraban registrados unos 70 fabricantes de estructuras de madera laminada encolada. (muchos de ellos pueden ser carpinterías que incluyen la posibilidad de fabricar este producto en pequeñas cantidades), únicamente 8

fabricantes tenían un convenio de control de calidad con el C.T.B.A. (Centre Technique du Bois et d'Ameublement).

La demanda de madera laminada en Francia era de 110.000 m³ anuales, mientras que la oferta podría considerarse doble.

En Francia existe obligatoriedad en los seguros de obras. El número de siniestros en obras de madera laminada aumentó considerablemente, hasta el punto que se comenta que durante el año 91 el costo que sufrieron las compañías duplicó el valor de las pólizas.

En el año 1991 la situación económica de las empresas francesas fabricantes de madera laminada era, considerada globalmente, ruinoso. De 70 empresas sólo 6 tenían un balance positivo, y del balance promedio del sector era negativo.

Ante esta situación en deterioro, la administración e instituciones francesas afectadas, están tomando medidas para poner orden.

Como medidas de urgencia se ha revitalizado la Calificación Profesional del OPQCB (Oficina Pública de Calificación de Constructores en la Edificación). Esta calificación ya existía pero con poca eficacia y es exigible por la administración en la obra pública. Este sistema de calificación afecta a todos los gremios de la construcción. La Oficina OPQCB depende del Ministerio de L'Equipement (equivalente al M^o de Industria nuestro), tiene carácter oficial e incluye además a las empresas de control y profesionales de la construcción.

Al gremio de los carpinteros de madera laminada le corresponde el número 232. Charpente en bois lamellé collé. A este número se le añade una cuarta cifra (de 1 a 4) que representa la calificación en función de su capacidad técnica:

1. Grado de tecnicidad normal, con capacidad de cálculo, fabricación y puesta en obra de estructuras de madera laminada de hasta 25 m de luz.

2. Grado de tecnicidad especializada: igual que el anterior en estructuras de hasta 40 m de luz.

3. Grado de tecnicidad elaborado (o confirmado) igual que el anterior en estructuras de hasta 60 m de luz.

4. Alta tecnicidad: igual que el anterior para cualquier estructura de madera laminada, en luces superiores a 60 m.

Existe además una calificación (233) de carpintería de madera laminada con capacidad por su medios propios para calcular, y poner en obra estructuras de madera laminada encolada. Estas estructuras deberán estar fabricadas por una empresa calificada por el O.P.Q.C.B.

La validez del certificado es de un año. Además de la calificación se añade otra información como es el volumen de negocio (mediante categorías) y el tamaño de la plantilla (mediante estrellas).

A partir de ahora se va a hacer hincapié en la existencia de esta calificación, que al parecer no tiene costo para el empesario, y será obligatoria en el concurso a obras públicas.

Anteriormente las oficinas de control (Secotec, Bureau Veritas), promovidas por las compañías de seguros, no tenían responsabilidad en los siniestros de obras. Pero ahora se les va a imputar parte de la responsabilidad.

Lógicamente el certificado de la Calificación no implica que la fabricación sea correcta, por lo que debería existir además un control externo. Además para acceder a una Calificación superior es necesario haber ostentado la anterior. La segunda iniciativa que se ha considerado en Francia, ante la situación del deterioro de la calidad en la fabricación de madera laminada, está orientada hacia la Certificación. Este proceso de Certificación está en el marco de la normativa europea y trata de asegurar que el producto tiene una calidad garantizada a la salida de la fábrica. Estas medidas tienen previsto para su arranque unos plazos de duración media, dos a tres años.

3. Situación en Alemania.

El sistema de control de la calidad en fabricantes de estructuras de madera laminada encolada en Alemania está ya completamente afianzado. El cliente sabe lo que compra. En obra pública se exige la certificación del Instituto Otto-Graf, pero además en la práctica también se exige en la obra privada. La fabricación debe cumplir las especificaciones de la norma DIN 1052.

Existen tres escalones o sellos del certificado del Instituto Otto-Graf, en fabricación de madera encolada:

Calificación C: sólo permite la fabricación de madera empalmada con unión dentada múltiple.

Calificación B: permite la fabricación de estructuras de hasta 12 m de luz.

Calificación A: es necesario haber ostentado la calificación B durante un año. Permite fabricar cualquier tipo de estructura de madera laminada.

Además para dedicarse a la fabricación de estructura de madera laminada, se exige una experiencia previa en sectores similares de 10 años de duración.

Como dato curioso, los fabricantes franceses para vender madera laminada en Alemania necesitan la certificación del Instituto Otto-graf.

4.- La situación de España:

Como ya se ha comentado anteriormente este producto ya tiene una implantación a nivel industrial y existen algunos fabricantes con sistemas de fabricación que cumplen los requisitos exigidos en la normativa. Como ejemplo hay un fabricante que dispone de la máxima calificación del Instituto Otto-Graf de Alemania.

Sin embargo no es generalizable y además existe un cierto riesgo del aumento de importación de madera laminada encolada de Francia, con niveles de calidad dudosos, debido a la situación de crisis en este país; y agravado por las dificultades que se les va a imponer a aquellos fabricantes sin mínimas cotas de aseguramiento de la calidad.

Por tanto es importante, regular en España todos los aspectos relacionados con las estructuras de madera laminada con la mayor celeridad posible.

Es indispensable una normativa de cálculo, de fabricación, de sistemas de control de calidad, etc, que permitan al profesional tener una base de referencia objetiva que permita definir especificaciones claras en los proyectos y pliegos de condiciones. A este respecto existe una línea de trabajo orientada al desarrollo de una Normativa Básica, cuyos fundamentos son las normas europeas actualmente en desarrollo (Eurocódigos y CEN TC/124 de Estructuras de Madera).

Además AITIM ha elaborado el contenido de un Sello de Calidad de fabricación de estructuras de madera laminada, que se incluye en este número, y que está basado igualmente en la normativa europea.

Su finalidad es contar al menos con un documento escrito que sirva de referencia y una posibilidad de puente provisional hasta llegar a unos sistemas más homogéneos con la certificación; aunque no menos exigente que ellos.

A continuación se incluye el índice del Reglamento específico del Sello de Calidad AITIM de fabricación de estructuras de madera laminada encolada, que en la actualidad está desarrollándose.

Este Reglamento se basa en el proyecto de norma EN 386 *Madera laminada encolada - Requisitos de fabricación*, cuyo texto se incluye íntegramente.

REGLAMENTO ESPECÍFICO DEL SELLO DE CALIDAD AITIM DE FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MADERA LAMINADA ENCOLADA.

INDICE

- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Requisitos de fabricación
- 4 Control externo
- 4.1. Inspección
- 4.1.1. Frecuencia de los controles.
- 4.1.2. Temas de observación durante la visita.
- A Materias primas.



B Producción de acuerdo a las especificaciones establecidas.

C Elementos acabados de madera laminada.

D Personal.

E Contraste de las calibraciones.

4.1.3. Toma de muestras.

4.1.4. Comprobación del autocontrol.

4.1.5. Acta de inspección.

4.2. Ensayos de laboratorio.

5 Autocontrol

6 Logotipo del Sello de Calidad AITIM

ANEXOSprEN 386:1991-Octubre. Borrador final.

MADERA LAMINADA ENCOLADA, REQUISITOS DE FABRICACION

INDICE

Prólogo

Introducción

- 1 Objeto y campo de aplicación
- 2 Normas de consulta
- 3 Definiciones
- 4 Símbolos y abreviaturas
- 5 Requisitos
- 5.1 Generalidades
- 5.2 Madera
- 5.3 Adhesivos
- 5.4 Empalmes por unión dentada en las láminas
- 5.5 Integridad y resistencia de las líneas de adhesivo
- 6 Requisitos de fabricación
- 6.1 Condiciones de producción
- 6.1.1 Generalidades
- 6.1.2 Locales
- 6.1.3 Equipos
- 6.2 Madera
- 6.2.1 Especies
- 6.2.2 Contenido de humedad

- 6.2.3 Especificaciones del espesor y del área de la sección transversal
- 6.3 Adhesivos
- 6.4 Fabricación
 - 6.4.1 Láminas
 - 6.4.2 Encolado
 - 6.4.3 Prensado
 - 6.4.4 Fraguado y acondicionado
- 7 Control de calidad
 - 7.1 Control de la producción en fábrica (control interno)
 - 7.1.1 Generalidades
 - 7.1.2 Empalmes por unión dentada
 - 7.1.3 Registro de encolado
 - 7.1.4 Integridad de la línea de adhesivo
 - 7.2 Organización del control de la producción
 - 7.2.1 Responsabilidad y autoridad
 - 7.2.2 Director del control de la producción
 - 7.2.3 Revisión por la dirección
 - 7.3 Documentación del sistema de control de calidad
 - 7.4 Inspección y ensayos
 - 7.4.1 Generalidades
 - 7.4.2 Acciones en caso de no conformidad
 - 7.4.3 Control de la madera laminada no conforme

7.5 La organización inspectora (control externo)

8 Mercado

Prólogo

Esta Norma Europea fue redactada por el CEN/TC 124, Estructuras de Madera y aprobada inicialmente por el mismo el 19 de Octubre de 1989. El 15 de Marzo de 1990 el CEN/TC 124 aprobó la presente versión para el procedimiento de información pública del CEN.

Esta norma forma parte de la serie de normas para productos de construcción. El origen de esta norma se encuentra en las especificaciones que serán publicadas en el Eurocódigo de estructuras de madera. Ha sido elaborada por un grupo de trabajo coordinado por la Asociación Danesa de Normalización, Dinamarca.

Esta norma no sustituye a ninguna Norma Europea.

Introducción

La madera laminada encolada se obtiene por medio del encolado de láminas, que tienen su fibra orientada fundamentalmente de forma paralela. De esta forma se pueden fabricar elementos con secciones transversales rectangulares.

Los requisitos (1) de esta norma tienen como objetivo obtener encolados de láminas seguros y duraderos que se mantengan íntegros a lo largo de toda la vida prevista de la estructura. Estos requisitos se aplican a elementos estructurales pertenecientes a las clases de servicio 1 y 2. En estructuras de madera de la clase de servicio 3 se deberán tomar precauciones especiales, como por ejemplo la elección del adhesivo resistente a las condiciones exteriores. Los requisitos para adhesivos se definen en la norma prEN 301.

1 Objeto y campo de aplicación

Esta norma define los requisitos de los componentes de la madera laminada encolada y las exigencias mínimas que se deben cumplir en la fabricación de los elementos con uso estructural.

Esta norma se aplica a elementos con un espesor de lámina cepillada igual ó inferior a 45 mm.

Aunque la mayor parte de la madera laminada encolada se fabrica con coníferas, esta norma también es aplicable a frondosas, si se dispone de la información necesaria que asegure un encolado correcto.



2 Normas de consulta

Las normas de consulta se citan en el lugar apropiado del texto. No obstante, a continuación se hace una relación de ellas.

Entre las normas de consulta, las hay fechadas y no fechadas. Para las que poseen fecha, las modificaciones posteriores aplicables a esta Norma Europea, sólo se incluirán tras enmienda ó revisión. Para las que no poseen fecha, se aplicará la última edición.

prEN 301:1991	Adhesivos fenólicos y aminoplásticos para estructuras de madera - clasificación y requisitos de fabricación.
prEN 385:1991	Madera estructural con empalmes dentados.
prEN 391:1991	Madera laminada encolada - Ensayo de deslaminación de las líneas de adhesivo.
prEN 392:1991	Madera laminada encolada - Ensayo de cortante en línea de adhesivo.
prEN 518:1991	Madera estructural - Clasificación - Requisitos para las normas de clasificación visual según su resistencia.
prEN 519:1991	Madera estructural - Clasificación - Requisitos para la madera clasificada mecánicamente y para las máquinas de clasificación.
EN TC.124.207	Madera laminada encolada - Clases resistentes.

3 Definiciones

Las siguientes definiciones se aplicarán en el contexto de esta norma:

- 3.1 Tipo de adhesivo: los adhesivos del tipo I y II se definen en la norma prEN 301.
- 3.2 Madera laminada encolada: elementos estructurales formados por la unión encolada de láminas de madera con la fibra orientada básicamente de forma paralela.
- 3.3 Madera laminada: abreviatura para madera laminada encolada.
- 3.4 Madera laminada horizontal: madera laminada con los planos de encolado perpendiculares a la dimensión mayor de la sección transversal. Ver figura 1.
- 3.5 Madera laminada vertical: madera laminada con los planos de encolado perpendiculares a la dimensión menor de la sección transversal. Ver figura 1.
- 3.6 Clase de servicio: Dependiendo de las condiciones climáticas, se definen las siguientes clases:

Clase de servicio 1: esta clase de servicio se caracteriza por un contenido de humedad en los materiales correspondiente a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa del aire que sólo sobrepase el 65 % durante unas semanas al año. En la clase de servicio 1 el contenido medio de humedad de equilibrio higroscópico en la mayoría de las coníferas no excede el 12 %.

Clase de servicio 2: esta clase de servicio se caracteriza por un contenido de humedad en los materiales correspondiente a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa del aire que sólo

(1) Los requisitos generales se ampliarán cuando se trate de condiciones de producción, materiales ó prestaciones especiales.

sobrepase el 85 % durante unas semanas al año. En la clase de servicio 2 el contenido medio de humedad de equilibrio higroscópico en la mayoría de las coníferas no excede el 20 %.

Clase de servicio 3: condiciones climáticas que permitan contenidos de humedad superiores a los casos anteriores.

3.7 Porcentaje máximo de deslaminación: se define en el punto 6.5.3 de la norma prEN 391:1991.

3.8 Porcentaje total de deslaminación: se define en el punto 6.5.2 de la norma prEN 391:1991.

3.9 Porcentaje de fallo por madera: se define en la norma prEN 392:1991.

4 Símbolos y abreviaturas.

- A Area en milímetros cuadrados mm².
- $f_{m,k}$ Resistencia característica a la flexión de los empalmes por unión dentada en las láminas, en newtons por milímetro cuadrado N/mm².
- $f_{m,k,r}$ Resistencia característica requerida a la flexión de los empalmes por unión dentada, en newtons por milímetro cuadrado N/mm².
- $f_{m,k,15}$ Resistencia característica a la flexión obtenida por ensayo de 15 empalmes por unión dentada, en newtons por milímetro cuadrado N/mm².
- f_v Resistencia al esfuerzo cortante, en newtons por milímetro cuadrado N/mm².
- k_{15} Factor estadístico. Ver punto 7.1.2.3.
- m Valor medio (la variable se da entre paréntesis).
- r Radio de curvatura, en milímetros mm.
- t Espesor de la lámina, en milímetros mm.



A

5 Requisitos

5.1 Generalidades.

La madera utilizada para fabricar estructuras de madera laminada estará clasificada por su resistencia y las operaciones de encolado de láminas darán lugar a uniones fiables y duraderas.

Se considerará que se satisfacen las exigencias generales si se cumplen los requisitos expresados en este apartado así como los requisitos mínimos de producción señalados en el apartado 6.

5.2 Madera.

La madera estará clasificada por su resistencia de acuerdo con las especificaciones de las normas prEN 518 ó prEN 519.

5.3 Adhesivos.

El adhesivo deberá ser capaz de producir uniones resistentes y duraderas de tal forma que la integridad de la unión encolada se mantenga a lo largo de la vida prevista de la estructura.

Se pueden lograr las resistencias y las durabilidades necesarias por medio de adhesivos de policondensación de tipo fenólico ó aminoplástico tal como se definen en la norma prEN 301. El adhesivo deberá cumplir las especificaciones de la norma prEN 301 para los adhesivos de tipo I ó II.

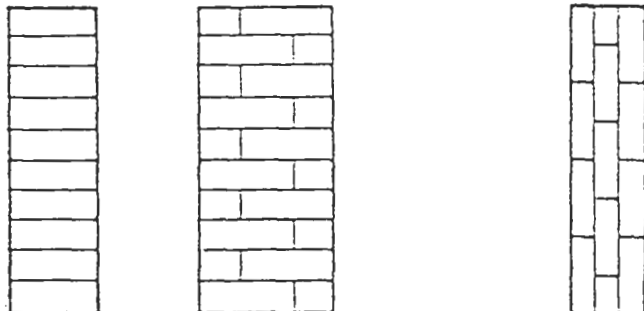
Los adhesivos de tipo I se pueden usar para elementos estructurales en cualquier clase de servicio. Los adhesivos de tipo II sólo podrán ser usados en clases de servicio 1 y 2 asegurándose que la temperatura del elemento dentro de la estructura estará siempre por debajo de los 50°C.

5.4 Empalmes por unión dentada en las láminas.

La resistencia característica a la flexión de los empalmes por unión dentada $f_{m,k}$ obtenida por medio de ensayos a flexión de cara, deberá cumplir la siguiente especificación:

$$f_{m,k} \geq f_{m,k,r}$$

donde la resistencia característica requerida a la flexión, $f_{m,k,r}$ se obtiene de la norma EN TC 124.207. Los ensayos a flexión de cara se realizarán de acuerdo con la norma prEN 385.



1a: Madera laminada horizontal

1b: Madera laminada vertical

Figura 1: Secciones transversales mostrando la posición de las líneas de adhesivo.

NOTA: Los adhesivos deben ser escogidos considerando las conexiones dinámicas de servicio, la especie de madera, el protector usado (si ha sido aplicado) y los métodos de fabricación.

La resistencia característica a la flexión se determinará a partir de la función Log-Normal de distribución de probabilidad.

5.5 Integridad y resistencia de las líneas de adhesivo.

5.5.1 La medida de las exigencias respecto a la integridad de las líneas de adhesivo se basa en ensayar dichas líneas en una muestra de una sección transversal completa, la cual se cortará de un elemento fabricado de madera laminada encolada. Las muestras serán representativas de la producción.

5.5.2 Para estructuras en clase de servicio 3, se realizarán ensayos de deslaminación de acuerdo al método A de la norma prEN 391.

Para estructuras en clase de servicio 1 ó 2 se realizará ó bien el ensayo de deslaminación según el método A de la norma prEN 391 ó el ensayo de resistencia al esfuerzo cortante en línea de adhesivo según la norma prEN 392.

NOTA: Para controles de calidad rutinarios los métodos de ensayo mencionados pueden sustituirse por los siguientes: Para elementos que van a ser utilizados en clase de servicio 3, el método de deslaminación A puede ser sustituido por el método de deslaminación B de la norma prEN 391.

5.5.3 Dependiendo del método y número de ciclos, el porcentaje de deslaminación total en la sección transversal en cada muestra deberá ser menor que los valores dados en la tabla 1.

Para todos los métodos de deslaminación, el porcentaje máximo de deslaminación será menor ó igual al 40 %

5.5.4 El resultado del ensayo de esfuerzo cortante en línea de adhesivo sobre la sección transversal de cada muestra deberá cumplir los siguientes requisitos en cuanto a resistencia y porcentaje de fallo por madera.

La resistencia al esfuerzo cortante en cada línea de adhesivo será como mínimo 6,0 N/mm². Para coníferas y chopos, una resistencia de 4,0 N/mm² se considerará aceptable sólo si el porcentaje de fallo por madera es de 100.

El valor medio del porcentaje de fallo por la madera, en la sección transversal de una muestra, así como cualquier valor individual, deberá superar los valores indicados en la tabla 2.

6 Requisitos de fabricación.

6.1 Condiciones de producción.

6.1.1 Generalidades.

El personal tendrá la capacitación necesaria para la producción de madera laminada encolada así como para la clasificación de la madera.

6.1.2 Locales.

6.1.2.1 Los locales serán los adecuados para todas las fases de la producción, teniendo en cuenta los requisitos definidos en esta norma.

Se habrá de tomar en especial consideración:

- Tamaño de las piezas a fabricar.
- Temperatura del aire.
- Humedad relativa del aire.

6.1.2.2 La temperatura en la zona de producción será como mínimo de 15°C. Durante el fraguado de los elementos se requiere una temperatura superior (ver punto 6.4.4). Este requisito puede limitarse solamente a una zona específica de los locales (zona donde se realiza el fraguado).

6.1.2.3 La humedad relativa del aire, durante la producción, estará comprendida entre 40 % y 75 %. Se aceptará un 30 % en el fraguado. A lo largo del día, sólo serán

Tabla 1. Valores máximos del porcentaje de deslaminación total

Método	Tipo de adhesivo al que se aplica	Porcentaje máx. después del ciclo n°		
		1	2	3
A	Tipo I		5	10
B	Tipo I	4	8	
C	Tipo II	10		

Tabla 2. Valor mínimo del porcentaje de fallo por madera, PFM, en función de la resistencia al esfuerzo cortante f. Para valores intermedios, se deberá interpolar linealmente

		Valores medios		Valores individuales	
Resistencia al esfuerzo cortante, f, en N/mm ²	6	8 ≥ 11	de 4 a 6	6 ≥ 10	
Valor mínimo del porcentaje de fallo por madera, % (*)	90	72	45	100	74

(*) Para valores medios, PFM en % = 144 - 9 x f.

Para valores de resistencia al esfuerzo cortante f: mayores o iguales a 6,0 N/mm²; los valores individuales de PFM en % = 153,3 - 13,3 x f.

Tabla 3. Valores máximos del espesor t y del área de la sección transversal A en las láminas cepilladas, según sus clases de servicio

	Clase de servicio 1		Clase de servicio 2		Clase de servicio 3	
	t mm	A mm ²	t mm	A mm ²	t mm	A mm ²
Tipo de madera:						
Coníferas	45	10000	45	9000	35	7000
Frondosas	40	7500	40	7500	35	6000

NOTA: Se recomienda realizar ranuras en las láminas tal como se describe en el punto 6.4.1.2, cuando el área de la sección exceda de 7500 mm².

Tabla 4. Presiones de prensado recomendadas

Espesor de las láminas, t mm	Presión, en N/mm ²	
35 < t ≤ 45		t ≤ 35
Presión, en N/mm ²	0,8 con ranuras	0,6
	1,0 sin ranuras	

		6.1.3.10	Equipo para ensayar la resistencia de los empalmes por unión dentada.
		6.1.3.11	Equipo para ensayar la integridad de las líneas de adhesivo.
		6.2 Madera	
		6.2.1	Especies. Sólo se utilizarán especies ó una mezcla de especies de validez contrastada para la fabricación de madera laminada (2).
		6.2.2	Contenido de humedad. El contenido de humedad de las láminas depende de si la madera ha sido tratada ó no. -Madera no tratada: durante el armado, el contenido de humedad de cada lámina deberá estar comprendido entre el 8 % y el 15 %. La variación del contenido de humedad de las láminas en el elemento de madera laminada encolada no debe ser superior al 4 %. -Madera tratada: el contenido de humedad de cada lámina durante el armado deberá estar comprendido entre el 11 % y el 18%. La variación del contenido de humedad de las láminas en el elemento de madera laminada encolada no deberá ser superior al 4 %.
		6.2.3	Especificaciones del espesor y del área de la sección transversal. Los espesores y el área de la sección transversal de cualquier lámina cepillada no excederá de los valores dados en la tabla 3. En elementos curvos, el espesor máximo está determinado por el radio de curvatura r y la especie usada. El espesor final t no deberá exceder de
			$t \leq \frac{r}{250} \left(1 + \frac{f_{m,x}}{80} \right)$
			donde $f_{m,x}$ está expresado en newtons por mm ² , N/mm ² .
		6.3 Adhesivos.	
			Los adhesivos deberán cumplir con lo indicado en el aptdo. 5.3
		6.4 Fabricación.	
		6.4.1 Láminas.	
		6.4.1.1	Las láminas se formarán con tablas empalmadas hasta su longitud final antes del cepillado. Durante el cepillado, la temperatura de la madera no deberá ser inferior a 15°C.
		6.4.1.2	Se permite la realización de ranuras para reducir el efecto de abarquillado. Se permite en cada lámina una ranura en la zona central de su sección, con una anchura máxima de 4 mm y una profundidad máxima de un tercio del espesor. Las ranuras en láminas adyacentes estarán alternadas en una distancia de al menos el espesor de las láminas.
		6.4.1.3	Cuando los empalmes dentro de cada lámina sean por unión dentada, estos se harán de acuerdo con la norma prEN 385.
	aceptables desviaciones respecto a estos márgenes durante cortos periodos de tiempo.		
6.1.2.4	Se dispondrá de medios para el secado y almacenamiento, con suficiente capacidad, para alcanzar en la madera, la temperatura y el contenido de humedad requeridos.		
6.1.2.5	Cuando se utilice madera secada previamente, se dispondrá de medios de almacenamiento, con el fin de mantener en la madera el contenido de humedad requerido.		
6.1.2.6	Si la resina y el endurecedor no son bombeados directamente desde los tanques de almacenamiento y mezclados automáticamente durante su aplicación, deberá existir un local separado para la preparación del adhesivo (mezcla de resina y endurecedor). Deberá haber también medios para almacenar la resina y el endurecedor así como una zona con los elementos necesarios para realizar la limpieza de los equipos de preparación del adhesivo. La resina y el endurecedor deben ser almacenados de tal forma que se siga el procedimiento <i>primero en entrar, primero en salir</i> .		
6.1.3 Equipos.			
	Se dispondrá de los siguientes equipos:		
6.1.3.1	Registadores continuos de la temperatura y humedad en las zonas de almacenamiento, producción y fraguado (termohigrógrafos).		
6.1.3.2	Xilohigrómetros para medir el contenido de humedad de la madera y calibradores de los xilohigrómetros.		
6.1.3.3	Equipo para realizar una clasificación mecánica y/o visual, cuando estas operaciones sean realizadas por el fabricante.		
6.1.3.4	Equipo para hacer empalmes por uniones dentadas en las láminas, con la suficiente resistencia y fiabilidad.		
6.1.3.5	Equipo para medir el espesor de las láminas.		
6.1.3.6	Equipo para proporcionar superficies que cumplan los requisitos establecidos en cuanto a tolerancias de espesor y calidad superficial (normalmente una cepilladora. Ver apartados 6.4.1.5 y 6.4.1.6).		
6.1.3.7	Equipo para pesar y mezclar la resina y el endurecedor en las proporciones adecuadas.		
6.1.3.8	Equipo para la aplicación uniforme del adhesivo y en la cantidad adecuada.		
6.1.3.9	Equipo para proporcionar la presión requerida en la línea de adhesivo así como para mantener la temperatura y humedad relativa del aire adecuados durante el fraguado del adhesivo.		
		(2) Las siguientes especies de madera, disponibles en la mayoría de los países europeos, válidas para estos fines son: Abeto (<i>Picea abies</i> , <i>Abies alba</i>), Pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i>), Pino oregón (<i>Pseudotsuga menziesii</i>). Además, las siguientes especies han sido empleadas para fabricar madera laminada encolada: Hemlock (<i>Tsuga heterophylla</i>), Pino laricio (<i>Pinus nigra</i>), Alerce (<i>Larix decidua</i>), Pino pinaster (<i>Pinus pinaster</i>), Chopo (<i>Populus alba</i> , <i>Populus robusta</i>), Pino insignis (<i>Pinus radiata</i>), Picea plateada (<i>Picea sitchensis</i>) y Cedro rojo (<i>Thuja plicata</i>).	



NOTA INFORMATIVA:

el contenido de humedad de las tablas habrá de cumplir con el apartado 6.2.2 de esta norma. Las especificaciones menos exigentes que se reflejan en el apartado 6.2 de la norma prEN 385: 1991 no son válidas para las uniones dentadas en elementos de madera laminada encolada.

6.4.1.4 Cuando las láminas que constituyen la madera laminada horizontal consisten en dos piezas colocadas canto con canto y éstos no están encolados, los cantos en láminas adyacentes estarán alternados lateralmente a una distancia de por lo menos el espesor de la lámina. Para elementos utilizados en las clases de servicio 1 ó 2, las tablas de la lámina exterior de cada borde estarán encoladas por sus cantos. Para elementos expuestos a las condiciones de servicio de clase 3, las cuatro láminas exteriores de cada borde deberán tener las tablas con los cantos encolados.

Las láminas en madera laminada vertical, para ser usada en clases de servicio 1 y 2 no requieren tener los cantos de las tablas encolados, pero en láminas adyacentes los cantos estarán alternados lateralmente a una distancia de al menos un tercio de la anchura de la tabla. En elementos para ser usados en la clase de servicio 3, las tablas de las láminas exteriores estarán encoladas por sus cantos.

6.4.1.5 Las láminas se cepillarán antes del encolado. El encolado se realizará en un plazo no superior a 24 horas después del cepillado, a no ser que la especie y las condiciones ambientales de la zona de almacenamiento sean tales que no se puedan provocar cambios inaceptables en la superficie. Si la especie es difícil de encolar ó si las láminas han sido tratadas con protectores, el encolado se realizará en un plazo no superior a 6 horas después del cepillado. Ejemplos de tales especies son los pinos, alerces y pino oregón.

6.4.1.6 La desviación máxima permitida del espesor, respecto al espesor medio en 1 m de longitud de lámina, es de 0,2 mm. Cuando se empleen adhesivos de urea de tipo normal, la máxima desviación no excederá de 0,1 mm. La diferencia de espesores a lo largo de la anchura de la lámina deberá ser inferior al 0,15 % de la anchura y en ningún caso excederá de 0,3 mm.

6.4.2 Encolado.

6.4.2.1 En el momento del encolado, las superficies de las láminas tendrán que estar limpias.

6.4.2.2 La aplicación del adhesivo será uniforme y en suficiente cantidad (3), de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del adhesivo.

6.4.2.3 Las láminas generalmente tendrán la médula orientada al mismo lado (ver figura 2a). La madera laminada encolada para clase de servicio 3, tendrá la médula de las láminas externas de cada borde orientada hacia el exterior (ver figura 2b).

6.4.3.2 La presión será la especificada en las instrucciones del fabricante del adhesivo. En la tabla 4 se recomiendan una serie de valores de presión. En elementos curvos se aplicarán presiones de prensado mayores y de tal forma que las láminas puedan deslizarse una sobre otra en dirección longitudinal para evitar la abertura de las líneas de adhesivo.

6.4.3 Prensado.

6.4.3.1 El sistema de prensado debe asegurar una presión uniforme sobre toda la línea de adhesivo.

6.4.3.3 Se mantendrá una presión suficiente durante el prensado. Se comprobará la presión cuando sea necesario, y en todos los casos inmediatamente después del prensado inicial.

6.4.4 Fraguado y acondicionado.

6.4.4.1 Se seguirán las instrucciones dadas por el fabricante del adhesivo. El fraguado se llevará a cabo en su mayor parte en una zona con una temperatura del aire de al menos 20°C cuando la temperatura inicial de la madera sea superior a 18°C y de 25°C cuando la temperatura inicial de la madera sea superior a 15°C.

La temperatura durante el fraguado será inferior a la máxima temperatura señalada por el fabricante del adhesivo.

6.4.4.2 El tiempo transcurrido entre el prensado inicial y el momento de alcanzar la temperatura correspondiente al nivel de fraguado, no será superior a 8 horas.

6.4.4.3 Durante el fraguado la humedad relativa del aire no será menor del 30 %. Ver también el apartado 6.1.2.3.

6.4.4.4 Los elementos de madera laminada encolada no se someterán a cargas ó se expondrán a temperaturas inferiores a 15°C hasta que el adhesivo no haya fraguado completamente.

NOTA: se recomienda proteger los elementos durante 72 horas después del final del prensado para adhesivos fenólicos y 24 horas para adhesivos aminoplásticos.

7 Control de calidad.

7.1 Control de la producción en fábrica (control interno).

7.1.1 Generalidades. El fabricante establecerá y mantendrá un control interno y documentado de la producción. La finalidad del control es asegurar que la producción de madera laminada se realiza conforme a esta norma.

El control documentado de la producción se implantará eficazmente por medio de procedimientos e instrucciones.

7.1.2 Empalmes por unión dentada.

7.1.2.1 Por cada turno de trabajo y por cada línea

(3) Normalmente se requiere un mínimo de 350 gr/m², excepto para fraguado a alta frecuencia, donde el mínimo es de 200 gr/m².

de producción, se extraerá una muestra representativa de empalmes por unión dentada, y se ensayará a flexión de cara tal y como se describe en la norma prEN 385. Los ensayos se realizarán sobre la sección transversal total de la lámina. Para cada línea de producción y turno de trabajo, la resistencia a la flexión será aceptable si se alcanza una de las dos condiciones siguientes:

7.1.2.2

A: La resistencia a la flexión de cada empalme f_m es mayor ó igual que la resistencia característica requerida a la flexión de los empalmes por unión dentada $f_{m,k,r}$

$$f_m \geq f_{m,k,r}$$

B: La resistencia característica a la flexión de los 15 últimos empalmes ensayados de la línea de producción

$f_{m,k,15}$ es mayor ó igual que la resistencia característica requerida de los empalmes por unión dentada $f_{m,k,r}$

$$f_{m,k,15} \geq f_{m,k,r}$$

La resistencia característica requerida a la flexión de los empalmes por unión dentada

$f_{m,k,r}$ se define en el apartado 5.4.

La resistencia característica a la flexión $f_{m,k,15}$ se determinará tal como se indica en el apartado 7.1.4 de la norma prEN 385: 1991.

7.1.3 Registro de encolado.

7.1.3.1 El registro de encolado debe incluir:

Fecha y orden de fabricación, especie, calidad de la madera, dimensiones del elemento, contenido de humedad de la madera, hora del comienzo de la aplicación del adhesivo, hora del comienzo y del final del proceso de prensado, presión de prensado, resina y endurecedor, cantidad de adhesivo empleado (gr/m^2), calibración del xilohigrómetro.

El registro estará firmado por el responsable de signado.

7.1.3.2 En el registro se reflejará la temperatura y humedad relativa del aire en el almacén de madera, en la zona de encolado y en la de prensado.

7.1.4 Integridad de las líneas de adhesivo.

7.1.4.1 La integridad de las líneas de adhesivo se evaluará en una sección transversal completa de la muestra, que será obtenida de un elemento de madera laminada ya fra guado.

En cada turno de trabajo en que se realice encolado se tomará, por cada prensada ó por cada $10 m^3$ de producción una muestra de una sección transversal completa. Si todos los ensayos son correctos duran te un periodo de 3 meses, su número puede ser reducido a no menos de la mitad de los indicados anteriormente.

7.1.4.2 Los resultados de los ensayos de integridad de la línea de adhesivo se documentarán tal como se describe en las normas prEN 391 y prEN 392 para deslaminación y esfuerzo cortante respectivamente.

7.2 Organización del control de la producción.

7.2.1 Responsabilidad y autoridad.

Deberá definirse claramente la responsabilidad, autoridad e interrelación de todo el personal que trabaja en el control de calidad, especialmente para el personal que necesite libertad de acción y autoridad para:



2a: Orientación general.



2b: Orientación en madera lamina encolada para clase de servicio 3.

Figura 2: Orientación de las láminas en una sección transversal.

a) Iniciar acciones para prevenir la aparición de elementos defectuosos de madera laminada.

b) Identificar y registrar cualquier problema de calidad en elementos de madera laminada.

7.2.2 Director del control de la producción.

En cada fábrica se designará una persona que tendrá la autoridad, conocimientos y experiencia requeridos sobre la producción de madera laminada. Se responsabilizará de la dirección y supervisión de los procesos de control de la producción y garantizará que se introducen y mantienen los niveles exigidos en esta norma.

7.2.3 Revisión por la dirección.

El sistema de control de la producción adoptado para cumplir los requisitos de esta norma, se revisará en intervalos de tiempo apropiados por la dirección de producción para asegurar su vigencia y efectividad. Se archivarán los informes de dichas revisiones.

7.3 Documentación del sistema de control de calidad.

7.3.1 La documentación del fabricante, los procedimientos e instrucciones reflejarán los aspectos relevantes y el proceso de control de la madera laminada. Serán descritos adecuadamente en el manual de calidad, que comprenderá:

a) Los objetivos de calidad y la estructura organizativa, responsabilidades y poderes de la dirección con respecto a la conformidad de la madera laminada.

b) Los procedimientos para especificar y verificar la calidad de la madera y del adhesivo.

c) La fabricación, control de la producción y otras técnicas, procesos y acciones sistemáticas que serán utilizadas.

d) Las inspecciones y ensayos que serán realizados antes, durante y después de la fabricación así como la frecuencia con la que se realizarán.

7.3.2 La documentación de los ensayos de empalmes por unión dentada, el registro de encolado y los ensayos a la línea de adhesivo se deben registrar y guardar independientemente.

7.3.3 Toda la documentación se guardará al menos durante 10 años.

7.3.4 Toda la documentación será guardada de tal forma que la materia prima y las condiciones de producción para cada elemento de madera laminada puedan ser identificadas, al menos dentro de la semana y año de producción.



7.4 Inspección y ensayos.

7.4.1 Generalidades.

Se dispondrá de todos los medios, equipo y personal precisos para llevar a cabo las inspecciones y ensayos necesarios. Este requisito también se puede cumplir por medio de un contrato del fabricante ó su representante con otra entidad que tenga los medios, equipo y personal precisos. Para demostrar la conformidad de los elementos de madera laminada a las especificaciones exigidas, el fabricante controlará, calibrará e inspeccionará los equipos, ya sean ó no de su propiedad. El nivel de incertidumbre del equipo utilizado será conocido y estará en concordancia con la precisión de medida exigida.

7.4.2 Acciones en caso de no conformidad.

Si existen razones para dudar de la calidad en cualquier fase de la producción ó de las materias primas usadas, se aumentará e intensificará el control interno de la calidad.

La organización inspectora será informada inmediatamente si son descubiertos defectos graves.

7.4.3 Control de la madera laminada no conforme.

Si el resultado del ensayo ó la inspección de un elemento de madera laminada da un resultado incorrecto, el fabricante está obligado a dar inmediatamente los pasos necesarios para rectificar el defecto. Los elementos de madera laminada que no cumplan con las especificaciones serán retirados y marcados según proceda. Cuando la causa del defecto haya sido rectificada, el ensayo ó inspección en cuestión será repetido sin demora, siempre que sea técnicamente posible y que sea necesario como evidencia de que se ha subsanado.

Se notificará a los clientes, en caso de ser necesario, con objeto de evitar daños debidos a elementos defectuosos de madera laminada que hayan sido expedidos antes de estar disponibles los resultados de los ensayos.

7.5 La organización inspectora (control externo).

7.5.1 El propósito del control externo es supervisar el control interno, comprobar por medio de muestras la calidad de los empalmes y las líneas de adhesivo y obtener un conocimiento de la producción de madera laminada de tal forma que la certificación pueda ser retirada ó mantenida.

7.5.2 Se realizarán un mínimo de dos inspecciones anuales. Estas deben ser sin anuncio previo a no ser que por razones especiales sea necesario anunciarla.

7.5.3 La organización inspectora tendrá acceso a todos los almacenes y zonas de producción, y el fabricante responderá a cualquier pregunta técnica. La organización inspectora considerará toda la información técnica como confidencial.

7.5.4 Durante la inspección se comprobarán ó inspeccionarán los siguientes aspectos:

- a) Materias primas.
- b) Fabricación de acuerdo con las especificaciones establecidas.
- c) Componentes de los elementos de madera laminada (empalmes por unión dentada, láminas).
- d) Elementos de madera laminada acabados.

7.5.5 La selección de muestras para ensayos externos (empalmes y muestras de sección transversal completa para ensayos sobre la integridad de la línea de adhesivo será realizada normalmente por la organización inspectora).

El número de muestras será de 15 empalmes como mínimo para los ensayos a uniones dentadas y por lo menos 6 muestras de secciones transversales completas para los ensayos de integridad de la línea de adhesivo.

Dichas muestras se tomarán en cada inspección. Si se pueden probar resultados muy superiores a los exigidos en el ensayo externo proveniente de la última inspección y del control interno de la producción, la toma de muestras puede ser omitida.

En empalmes por unión dentada se considerará que los resultados son muy superiores a los exigidos, cuando la resistencia a la flexión sea esencialmente mayor a la resistencia característica requerida. Para uniones dentadas ver también el apartado 7.5.5 de la norma prEN 385: 1991.

En ensayo de corte para las líneas de adhesivo se considerará que los resultados son muy superiores a los exigidos cuando la resistencia a dicho esfuerzo sea al menos 8,0 N/mm².

En el ensayo de deslaminación de las líneas de adhesivo se considerará que los resultados son muy superiores a los exigidos cuando el porcentaje de deslaminación total sea menor que las 2/3 partes del máximo valor dado en la tabla 1.

7.5.6 La organización inspectora preparará un informe de cada inspección.

7.5.7 El fabricante puede ser requerido para entregar, a la organización inspectora, cada ciertos intervalos de tiempo, información sobre la producción y resultados de ensayos.

8 Marcado

La madera laminada conforme a esta norma deberá ser marcada. La marca indeleble mostrará el nombre ó identificación del fabricante, la clase resistente u otra identificación de resistencia, el tipo de adhesivo, la fecha de fabricación (mes y año), número de certificado y el número de la norma.