
ESQUEMA 1

DE NORMA IRAM 9660-2*

Madera laminada encolada estructural

Parte 2 - Métodos de ensayo

Structural glued laminated timber
Part 2 - Test methods

**LAS OBSERVACIONES DEBEN
ENVIARSE CON EL FORMULARIO DE LA
ETAPA DE DISCUSIÓN PÚBLICA**

* Corresponde a la revisión de la IRAM 9660-2:2006.

Prefacio

El Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) es una asociación civil sin fines de lucro cuyas finalidades específicas, en su carácter de Organismo Argentino de Normalización, son establecer normas técnicas, sin limitaciones en los ámbitos que abarquen, además de propender al conocimiento y la aplicación de la normalización como base de la calidad, promoviendo las actividades de certificación de productos y de sistemas de la calidad en las empresas para brindar seguridad al consumidor.

IRAM es el representante de Argentina en la International Organization for Standardization (ISO), en la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) y en la Asociación MERCOSUR de Normalización (AMN).

Esta norma es el fruto del consenso técnico entre los diversos sectores involucrados, los que a través de sus representantes han intervenido en los Organismos de Estudio de Normas correspondientes.

Corresponde a la revisión de la IRAM 9660-2:2006.

La norma IRAM 9660 bajo el rubro general *Madera laminada encolada estructural*, se compone de las partes siguientes:

Parte 1 - Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control.

Parte 2 - Métodos de ensayo.

Índice

	Página
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	5
2 DOCUMENTOS NORMATIVOS PARA CONSULTA	5
3 CICLO DE DELAMINACIÓN	5
4 RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO EN LAS LÍNEAS DE ENCOLADO	8
5 CANTIDAD DE ADHESIVO ESPARCIDO	11
Anexo A (Informativo) Bibliografía	13
Anexo B (Informativo) Integrantes del organismo de estudio.....	14

Madera laminada encolada estructural

Parte 2 - Métodos de ensayo

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 Esta norma establece los métodos de ensayo que se aplican a la madera laminada encolada estructural para determinar su conformidad con los requisitos de la IRAM 9660-1.

1.2 Esta norma considera los métodos siguientes:

- a) resistencia a la delaminación (capítulo 3);
- b) resistencia al cizallamiento en las líneas de encolado (capítulo 4);
- c) medición del adhesivo esparcido (capítulo 5).

2 DOCUMENTOS NORMATIVOS PARA CONSULTA

Todo documento normativo que se menciona a continuación es indispensable para la aplicación de este documento.

Cuando en el listado se mencionan documentos normativos en los que se indica el año de publicación, significa que se debe aplicar dicha edición. En caso contrario, se debe aplicar la edición vigente, incluyendo todas sus modificaciones.

IRAM 9532 - Maderas. Método de determinación de la humedad.

IRAM 9660-1 - Madera laminada encolada estructural. Parte 1: Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control.

IRAM 9662-1 - Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 1: Tablas de pino Paraná (*Araucaria angustifolia*).

IRAM 9662-2 - Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 2: Tablas de eucalipto grandis (*Eucalyptus grandis*).

IRAM 9662-3 - Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 3: Tablas de pino taeda y elliotti (*Pinus taeda* y *elliottii*).

IRAM 9662-4 - Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 4: Tablas de álamo australiano 129/60' y 'Stoneville 67' (*Populus deltoides*).

3 CICLO DE DELAMINACIÓN

3.1 Resumen

Se someten las probetas a un ciclo de vacío-presión e inmersión, en autoclave, seguido de un secado en estufa.

Se determina la delaminación evaluando las líneas de encolado y observando si se despegaron las láminas en las cabezas de las probetas.

3.2 Instrumental

3.2.1 Autoclave, apto para aplicar una presión absoluta de 600 kPa a 700 kPa, y un vacío con una presión absoluta de 15 kPa a 30 kPa.

3.2.2 Cámara apta para mantener

- a) una temperatura entre 65 °C y 75 °C, a una humedad relativa comprendida entre 8% y 10%;
- b) una temperatura entre 25 °C y 30 °C a una humedad relativa entre 25% y 35%.

La velocidad de circulación del aire en su interior debe estar comprendida entre 2,0 m/s y 3,0 m/s.

3.2.3 Balanza, apta para pesar al 1 g.

3.3 Probetas

3.3.1 Las probetas provenientes de uniones de láminas deben ser representativas de la producción. Se deben extraer de elementos estructurales ya fabricados o de productos especialmente fabricados durante el proceso productivo. Se deben identificar las probetas de manera de conocer el elemento de madera laminada encolada del cual fueron tomadas.

3.3.2 Cada probeta se debe extraer de la sección transversal completa del elemento encolado y se debe cortar en forma perpendicular a la dirección de las fibras, asegurando un largo de $75 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$.

3.3.3 Si el ancho del elemento es mayor que 300 mm, se pueden tomar dos o más probetas con un ancho mínimo de 130 mm cada una. Si la altura es mayor que 600 mm, se pueden tomar dos o más probetas con un alto mínimo de 300 mm.

En estos casos, cuando se preparen dos o más probetas de una sección transversal como consecuencia del ancho o del alto del elemento, se las considera como una única probeta a los fines del muestreo indicado en el anexo A de la IRAM 9660-1. En la figura 1 se ilustra la extracción de una probeta y su colocación en la cámara.

3.4 Procedimiento

Se contemplan dos tipos de procedimientos: El procedimiento 1 para adhesivos de uso exterior y el procedimiento 2 para adhesivos de uso interior.

3.4.1 Procedimiento 1: para adhesivos de uso exterior

3.4.1.1 Se determina la masa de cada probeta al 1 g y se registra.

3.4.1.2 Se colocan las probetas en el autoclave. Se le introduce agua a una temperatura comprendida entre 10 °C y 20 °C, hasta que las probetas estén totalmente sumergidas. Se separan las probetas de modo que todas sus cabezas estén libremente expuestas al agua.

3.4.1.3 Se aplica un vacío entre 70 kPa y 85 kPa, (es decir una presión absoluta entre 15 kPa y 30 kPa) y se lo mantiene durante 30 min.

3.4.1.4 Se aplica una presión entre 500 kPa y 600 kPa (es decir una presión absoluta entre 600 kPa y 700 kPa) durante 2 h.

3.4.1.5 Se secan las probetas por un lapso entre 10 h y 15 h en la cámara regulada entre 65 °C y 75 °C, a una humedad relativa entre 8% y 10% y con una velocidad del aire circulante de entre 2 m/s y 3 m/s. Durante el secado las probetas deben estar distanciadas entre sí 50 mm, como mínimo, y las secciones transversales cortadas deben posicionarse en forma paralela al flujo de aire (ver figura 1).

3.4.1.6 Se determina la masa de las probetas al 1 g. Se debe continuar con el secado en la cámara hasta que la masa de la probeta alcance un valor comprendido entre el 100% y el 110% de la masa inicial de la probeta determinada en 3.4.1.1.

3.4.1.7 Se registra la masa final de cada probeta al 1 g y se determina el largo abierto de las uniones como se indica 3.4.3.

3.4.2 Procedimiento 2: para adhesivos de uso interior

3.4.2.1 Se determina la masa de cada probeta al 1 g y se registra.

3.4.2.2 Se colocan las probetas en el autoclave. Se le introduce agua a una temperatura comprendida entre 10 °C y 20 °C, hasta que las probetas estén totalmente sumergidas. Se separan las probetas de modo que todas sus cabezas estén libremente expuestas al agua.

3.4.2.3 Se aplica un vacío entre 70 kPa y 85 kPa, (es decir una presión absoluta entre 15 kPa y 30 kPa) y se lo mantiene durante 30 min.

Se aplica una presión entre 500 kPa y 600 kPa, (es decir una presión absoluta entre 600 kPa y 700 kPa) durante 2 h.

Este ciclo de vacío y presión debe repetirse, de manera que en total el proceso de los dos ciclos de vacío y presión alcance aproximadamente 5 h.

3.4.2.4 Se secan las probetas durante 90 h en la cámara regulada entre 25 °C y 30 °C, a una humedad relativa entre 25% y 35% y a una velocidad del aire circulante entre 2 m/s y 3 m/s. Durante el secado las probetas deben estar distanciadas entre sí a 50 mm como mínimo y las secciones transversales cortadas deben posicionarse en forma paralela al flujo de aire (ver figura 1).

3.4.2.5 Se determina la masa final de las probetas al 1 g y se determina el largo abierto de las uniones como se indica en 3.4.3.

3.4.3 Observación y medición

3.4.3.1 Después de, como máximo, 1 h de finalizado el procedimiento de secado, se mide el largo de las juntas abiertas a lo largo de las líneas de encolado. Se registra el largo de las juntas delaminadas o uniones abiertas en las líneas de encolado que existan en las dos cabezas de la probeta, con una aproximación de 1 mm.

3.4.3.2 Se registran las áreas con uniones débiles ocasionadas por la presencia de nudos u otras características que puedan afectar los resultados. Estas zonas no deben ser incluidas en la determinación de la delaminación. Tampoco se deben tener en cuenta las roturas producidas en la madera. Se deben ignorar delaminaciones aisladas menores que 2,5 mm de largo y ubicadas a más de 5 mm de la delaminación más próxima.

3.4.3.3 Para evaluar los requisitos del encolado en el interior de la probeta, las uniones pueden separarse empleando un formón. Un encolado débil ocasionado por falta de presión o fraguado prematuro se caracteriza por una apariencia lustrosa de la superficie encolada. Esta información se puede registrar en el informe.

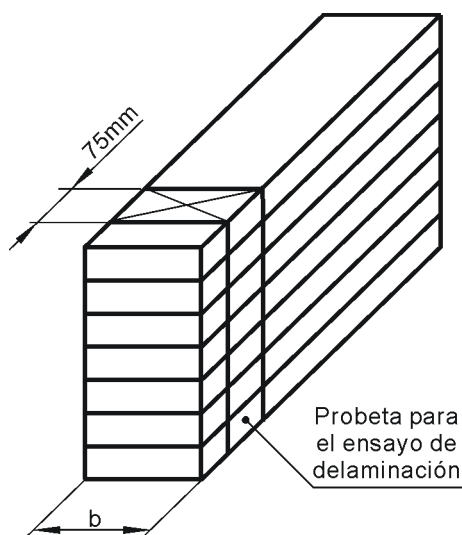


Figura 1a - Probeta

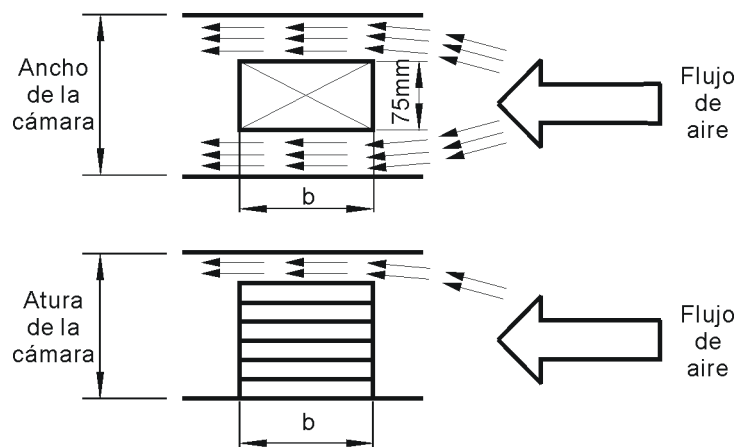


Figura 1b - Forma de ubicar la probeta en la cámara de ensayo

Figura 1 - Probeta para el ensayo de delaminación

3.5 Cálculos

3.5.1 Porcentaje de delaminación total. Se calcula para cada probeta mediante la fórmula siguiente:

$$Dt = \frac{La}{Lt} \cdot 100$$

siendo:

- Dt la delaminación total, en milímetros por cien milímetros;
- La el largo de juntas abiertas o delaminadas sobre ambas caras cortadas transversalmente, en milímetros;
- Lt el largo total de juntas en ambas caras cortadas transversalmente, en milímetros.

3.5.2 Se debe incluir el porcentaje de delaminación para cada probeta ensayada, indicando las probetas adicionales de un grupo determinado.

3.5.3 Mayor porcentaje de delaminación para una junta individual. Se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$Dt_{m\acute{a}x.} = \frac{La_{m\acute{a}x.}}{Lj} \cdot 100$$

siendo:

- Dt_{máx.} la delaminación máxima en milímetros por cien milímetros;
- La_{máx.} la longitud delaminada de la junta que presenta la mayor delaminación, considerando ambas caras cortadas transversalmente, en milímetros;
- Lj el largo de la junta que presenta mayor delaminación, considerando ambas caras cortadas transversalmente, en milímetros.

3.6 Informe

El informe debe incluir:

- a) la identificación completa de la probeta y del elemento de donde se obtuvo;

- b) la determinación realizada y la mención de esta norma IRAM;
- c) la especie de madera y la clase resistente de acuerdo con las IRAM 9662-1, IRAM 9662-2, IRAM 9662-3 o IRAM 9662-4;
- d) el tipo de adhesivo de la unión;
- e) el procedimiento de ensayo aplicado (1 ó 2);
- f) el valor del porcentaje de delaminación total y del mayor porcentaje de delaminación;
- g) cualquier observación que el responsable de la prueba considere necesaria y cualquier desvío al procedimiento de ensayo;
- h) la fecha del ensayo.

4 RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO EN LAS LÍNEAS DE ENCOLADO

4.1 Resumen

Se somete el plano de encolado de la probeta a una fuerza de cizallamiento, aplicando una carga de dirección paralela a las fibras de la madera, que se incrementa gradualmente, hasta llegar al punto de falla de la probeta. Se determina la resistencia al cizallamiento en la línea de encolado y el porcentaje de falla de madera en el área cizallada.

4.2 Instrumental

Máquina de ensayo de compresión, apta para medir las cargas de rotura con una precisión de $\pm 3\%$ y aplicar la carga a una velocidad constante, de manera que la rotura se alcance luego de 20 s, como mínimo.

Debe tener dispositivos que permitan aplicar las cargas en forma uniforme en toda la sección de la lámina y en la dirección de las fibras. En las figuras 2 y 3 se muestra un accesorio para aplicar el esfuerzo de corte o cizalla. Consiste en una pieza que transmite la carga a la probeta.

Debe estar articulada de tal forma que la carga actúe sobre la superficie transversal de la pro-

beta con una distribución uniforme de la presión en todo el ancho de la probeta.

4.3 Probetas

4.3.1 Cada probeta se debe marcar de modo que se pueda identificar el elemento del cual fue cortada.

4.3.2 En la figura 2 se representa la probeta y la forma de ensayo. Tanto el ancho (*b*) como la altura (*t*) de las probetas deben ser iguales a 50 mm. Teniendo en cuenta que el ensayo debe abarcar todo lo posible el ancho de los elementos encolados, en la tabla 1 se indica la cantidad de probetas a extraer en función del ancho del elemento encolado. En los casos donde se preparen dos o más probetas de una sección transversal debido a que el ancho del elemento

laminado lo permite, éstas se consideran como una única probeta a los fines del muestreo indicado en el anexo A de la IRAM 9660-1.

Tabla 1 - Cantidad de probetas a extraer en función del ancho del elemento laminado

Ancho del elemento laminado (mm)	$a \leq 100$	$100 < a \leq 160$	$a > 160$
Número de probetas	1	2	3

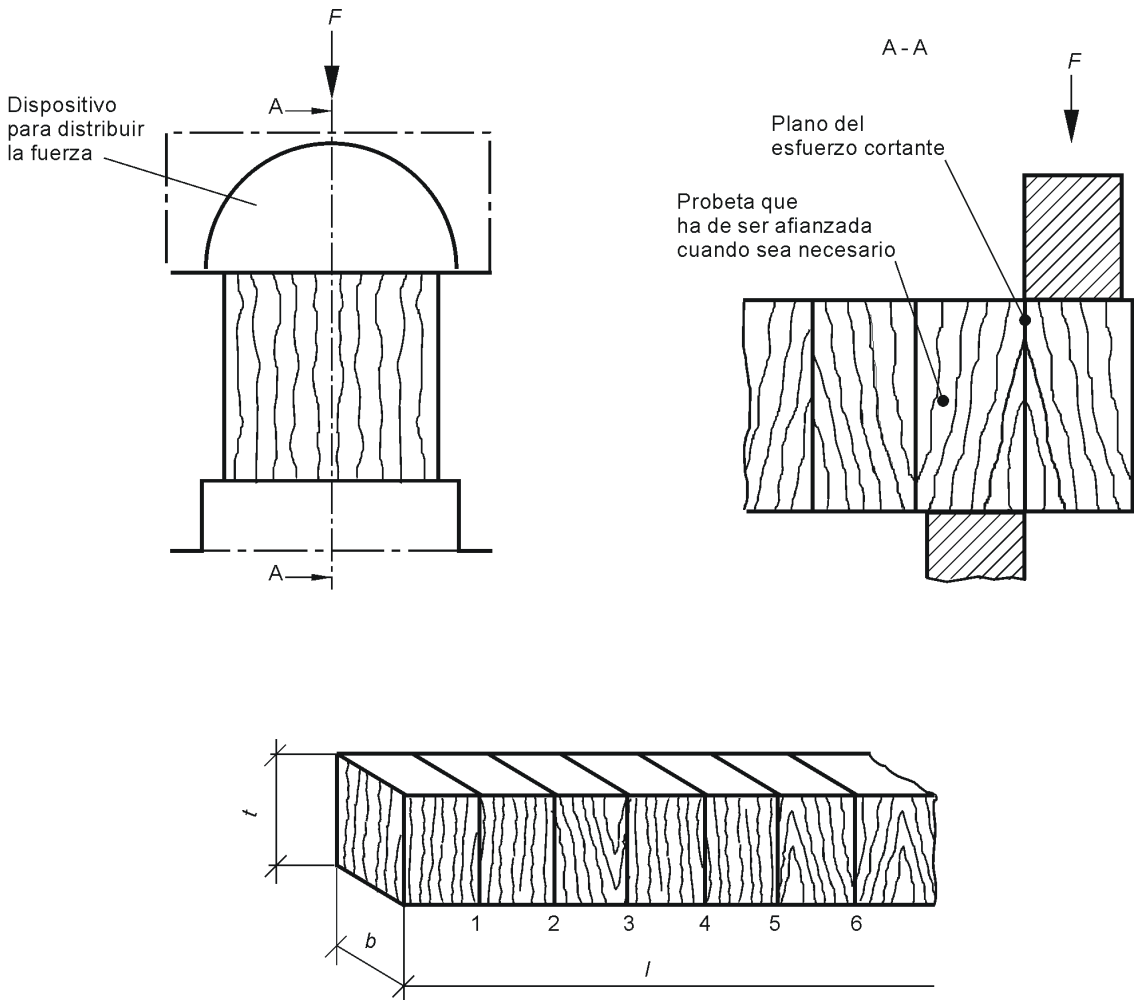


Figura 2 – Probeta y aplicación de la carga en el ensayo de cizallamiento



Figura 3 – Ejemplo de dispositivo de sujeción de la probeta para el ensayo de cizallamiento

4.3.3 Se debe asegurar que las superficies donde se aplicarán las cargas sean paralelas entre ellas y perpendiculares a la dirección de las fibras.

4.3.4 El número de líneas de encolado a ensayar en una probeta debe ser como mínimo de 3 de la parte superior, 3 de la parte central y 3 de la parte inferior. Si el número de líneas de encolado de la probeta es menor a 10 se deben ensayar todas.

4.4 Procedimiento

4.4.1 Se mide la altura (t) y el ancho (b) de la superficie encolada que se someterá al cizallamiento, con un mínimo de dos mediciones tomadas en los extremos de dicha superficie, que se deben promediar.

4.4.2 Se colocan las probetas en la máquina de ensayo y se les aplica la carga a una velocidad constante, de manera que la falla se produzca luego de 20 s, como mínimo.

4.4.3 Se registra la carga máxima f a la cual se produce la falla, en newton.

4.4.4 Se extrae la probeta de la máquina de ensayo y se obtiene de la probeta un trozo con la sección transversal ($b \times t$) sometida a cizalladura completa, a fin de determinar en ella el contenido de humedad de acuerdo con la IRAM 9532.

4.5 Cálculos

4.5.1 Se calcula la resistencia al cizallamiento para la línea de encolado de la forma siguiente:

$$f = \frac{F}{b \cdot t}$$

siendo:

- f la resistencia al cizallamiento de la línea de encolado, en megapascuales;
- F la carga de rotura, en newton;
- b el ancho de la probeta, en milímetros;
- t la altura de la probeta, en milímetros.

4.5.2 Se estima el porcentaje de falla por madera respecto del total del área sometida al cizallamiento, procediendo a la observación del plano de rotura en relación con la superficie total de la probeta.

4.6 Informe

Debe incluir:

- a) la identificación completa de la muestra y del elemento de donde se obtuvieron las probetas;
- b) la determinación realizada y la mención de esta norma IRAM;
- c) la especie de madera y la clase resistente de acuerdo con las IRAM 9662-1, IRAM 9662-2, IRAM 9662-3; IRAM 9662-4;
- d) el tipo de adhesivo;
- e) la resistencia al cizallamiento y el porcentaje de rotura por madera de cada una de las líneas de encolado ensayadas, y el promedio para cada probeta;
- f) el contenido de humedad de cada una de las probetas;
- g) cualquier observación que el responsable de la prueba considere necesaria y cualquier desvío del procedimiento de ensayo;
- h) la fecha del ensayo.

5 CANTIDAD DE ADHESIVO ESPARCIDO

5.1 Resumen

Para determinar la cantidad de adhesivo esparcido en las caras de las láminas, se determina la masa de un trozo de papel o de cinta, de superficie conocida, y se adosa a la cara de una lámina. Se aplica el encolado a la lámina con el papel o cinta y se retira esta última y se pesa. Se calcula la cantidad de adhesivo aplicada como la diferencia de masa antes y después del encolado.

5.2 Instrumental

Balanza apta para pesar al 0,1 g.

5.3 Materiales

Cualquier papel o cinta de superficie conocida u otro material que pueda ser encolado a la velocidad usada en el proceso de producción y que tenga una masa comparable con la de la cantidad de adhesivo que queda sobre él.

5.4 Procedimiento

5.4.1 Se mide la superficie del papel o cinta y se determina su masa al 0,1 g.

5.4.2 Se sujeta el papel o cinta sobre la lámina de madera.

5.4.3 Se aplica el adhesivo en la lámina de madera y por ende en el papel o cinta adosado.

5.4.4 Se extrae el papel o la cinta y se determina la masa de éste con el adhesivo, al 0,1 g.

5.5 Cálculos

Se calcula la cantidad de mezcla adhesivo aplicado, con la fórmula siguiente:

$$Ad = \frac{m_2 - m_1}{a}$$

siendo:

- Ad la cantidad de adhesivo esparcido, en gramos por metro cuadrado;
- m_2 la masa del papel o cinta con el adhesivo, en gramos;
- m_1 la masa del papel o cinta sin el adhesivo, en gramos;
- a el área del papel o cinta, en metros cuadrados.

Este valor se compara con la cantidad recomendada por el fabricante del adhesivo usado.

5.6 Informe

Debe incluir:

- a) la determinación realizada y la mención de esta norma IRAM;

- b) la masa y el área del papel o cinta antes del encolado;
- c) la masa después del encolado;
- d) el adhesivo usado y todas las características propias del proceso de esparcido de la mezcla: temperatura, dosificación del adhesivo, tipo de esparcidor, etc.;
- e) el cociente entre la masa del adhesivo esparcida y la superficie del papel o cinta, en gramos por metro cuadrado;
- f) cualquier observación o cualquier desvío del procedimiento definido;
- g) la fecha del ensayo.

Anexo A

(Informativo)

Bibliografía

En la revisión de esta norma se han tenido en cuenta los antecedentes siguientes:

IRAM - INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN

IRAM 9660-2:2006 - Madera laminada encolada estructural. Parte 2: Métodos de ensayo.

AENOR - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN

UNE-EN 391:1995 - Madera laminada encolada. Ensayo de delaminación de las líneas de adhesivo.

Anexo B (Informativo)

Integrantes del organismo de estudio

El estudio de esta norma ha estado a cargo del organismo respectivo, integrado en la forma siguiente:

Subcomité de Maderas

Integrante	Representa a:
Ing. Alfredo GUILLAUMET	UTN FRVT
Sr. Ariel MAIDANA	EDERRA S.A.
Ing. Adrián MENDIZABAL	EDERRA S.A.
Sr. Fernando MENDIZABAL	EDERRA S.A.
Ing. Esteban Alberto MORALES	INTI MADERA Y MUEBLES
Ing. Eduardo TORRÁN	UTN FRCU
Ing. Luis BISTOLETTI	IRAM

TRAMITE

La revisión de esta norma se realizó en las reuniones del 07 de Mayo de 2013 (Acta 2-2013) y 23 de Octubre de 2013 (Acta 6-2013), en la última de las cuales se lo aprobó como Esquema 1 y se dispuso su envío a Discusión Pública por el término de 30 d.

Asimismo, en el estudio de este Esquema se han considerado los aspectos siguientes:

Aspectos	¿SE HAN INCORPORADO? Sí / No / No corresponde	Comentarios
Ambientales	No	
Salud	No	
Seguridad	No	

APROBADO SU ENVÍO A DISCUSIÓN PÚBLICA POR EL SUBCOMITÉ DE MADERAS, EN SU SESIÓN DEL 23 DE OCTUBRE DE 2013 (Acta 6-2013).

FIRMADO
Ing. Luis C. Bistoletti
Coordinador del Subcomité

FIRMADO
Ing. Eduardo Torrán
Secretario del Subcomité

FIRMADO
Ing. Adriana Nuñez
Vº Bº Gerente de Química y otras Tecnologías