
ESQUEMA 1

DE NORMA IRAM 9661*

Madera laminada encolada estructural

Requisitos de los empalmes por unión dentada

Structural glued laminated timber
Finger jointed requirements

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

* Corresponde a la revisión de la IRAM 9661:2006.

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 9661:2006.

Índice

	Página
0 INTRODUCCIÓN.....	5
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	5
2 DOCUMENTOS NORMATIVOS PARA CONSULTA.....	5
3 DEFINICIONES	6
4 REQUISITOS DE LOS MATERIALES	6
5 REQUISITOS DE FABRICACIÓN.....	7
6 REQUISITO DE LA UNIÓN DENTADA.....	8
7 METODO DE ENSAYO	9
8 DENOMINACIÓN.....	10
Anexo A (Informativo) Inspección y recepción	11
Anexo B (Informativo) Perfil del diente	12
Anexo C (Informativo) Presión aplicada en la unión.....	13
Anexo D (Informativo) Símbolos empleados en esta norma.....	14
Anexo E (Informativo) Normas IRAM relacionadas con la presente norma	15
Anexo F (Informativo) Bibliografía.....	16
Anexo G (Informativo) Integrantes del organismo de estudio.....	17

Madera laminada encolada estructural

Requisitos de los empalmes por unión dentada

0 INTRODUCCIÓN

Esta norma define, las exigencias de las uniones dentadas que se realizan con láminas de madera clasificadas de acuerdo con las IRAM 9662-1, IRAM 9662-2, IRAM 9662-3 e IRAM 9662-4, sobre la base de los requisitos generales contenidos en la IRAM 9660-1.

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. Clasificación visual de las tablas por resistencia. 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 'Stonville 67' (*Populus Deltoides*).

IRAM 9663 - Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas.

IRAM 9664 - Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 Esta norma establece los requisitos mínimos de las uniones longitudinales dentadas de láminas de madera maciza, de una misma especie, destinadas a ser utilizadas en elementos de estructuras portantes.

1.2 Esta norma se aplica a las especies siguientes: pino Paraná (*Araucaria angustifolia*), eucalipto grandis (*Eucalyptus grandis*), pino taeda y elliotti (*Pinus taeda y elliottii*), álamo australiano 129/60' y 'Stoneville 67' (*Populus deltoides* 129/60 y Stonville 67).

NOTA. El alcance de la norma se acotó a las maderas mencionadas debido a que hasta el momento son las presentadas al Subcomité de maderas con el tratamiento estadístico pertinente de las características mecánicas. Es intención del organismo de estudio de esta norma que se incluyan todas las especies que se emplean en la elaboración de la madera laminada encolada estructural, una vez que se haya realizado el trabajo mencionado y que se lo haya sometido a consideración del organismo.

2 DOCUMENTOS NORMATIVOS PARA CONSULTA

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

IRAM 45055 - Adhesivos para estructuras de madera bajo carga. Adhesivo de policondensación de tipos fenólicos, aminoplásticos y de otros tipos. Clasificación y requisitos de comportamiento.

3 DEFINICIONES

Para los fines de esta norma, se aplica la definición siguiente:

unión dentada. Unión longitudinal de dos maderas macizas, como tablas y tablonés, cuyos extremos tienen forma de diente de igual paso e igual perfil, unidos el uno al otro y adheridos entre sí (ver la figura 1).

4 REQUISITOS DE LOS MATERIALES

4.1 Madera

4.1.1 La madera puede ser de una de las especies siguientes:

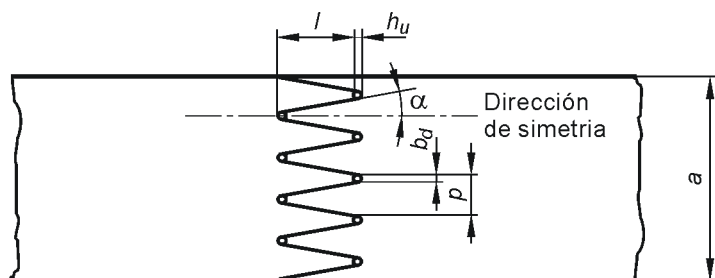
- pino Paraná (*Araucaria angustifolia*);
- eucalipto grandis (*Eucalyptus grandis*);
- pino taeda o elliotti (*Pinus taeda o elliottii*);
- álamo australiano 129/60' y 'Stoneville 67'

Las tablas de pino Paraná deben clasificarse de acuerdo con la IRAM 9662-1, las tablas de eucalipto grandis de acuerdo con la IRAM 9662-2 y la de pino taeda y elliotti de acuerdo con la IRAM 9662-3, las tablas de álamo australiano 129/60' y 'Stoneville 67' de acuerdo con la IRAM 9662-4.

4.1.2 El contenido de humedad de las tablas debe ser el que se indica en la IRAM 9660-1.

4.2 Adhesivos

Se deben utilizar adhesivos que cumplan con los requisitos de la IRAM 45055 para la condición climática correspondiente.



Referencias:

l	largo de la unión
a	ancho total
p	paso del diente
b_d	ancho del fondo del diente
h_u	holgura de la unión
α	ángulo de los flancos

Figura 1 – Ejemplo de unión dentada

5 REQUISITOS DE FABRICACIÓN

5.1 Condiciones generales

Los locales de fabricación deben reunir los requisitos de temperatura y humedad relativa ambiente que se indican en la IRAM 9660-1. Los equipos deben ser adecuados para dar cumplimiento a los requisitos establecidos en la presente norma.

5.2 Madera

5.2.1 Temperatura. La temperatura de la madera en la zona de unión, en el momento del ensamble, debe ser igual o mayor que 15 °C o la que indique el fabricante del adhesivo.

5.2.2 Humedad. La diferencia en el contenido de humedad entre las dos láminas que se van a unir, determinada según la IRAM 9532, debe ser menor o igual a 5%.

5.2.3 Presencia de defectos en la zona de la unión. Los nudos de tamaño menor que 6 mm pueden despreciarse. El tamaño del nudo se

calcula como la distancia entre las tangentes a éste (d), que sean paralelas al eje longitudinal de la pieza (ver figura 2).

La distancia entre la unión dentada y un nudo debe ser igual o mayor que tres veces el tamaño del nudo (ver figura 2).

En la zona de la unión y hasta una distancia de 75 mm de ella, la existencia de arista faltante sólo es aceptable si no se presenta en más de dos aristas. A su vez, la pérdida de sección transversal por ese motivo debe ser menor o igual al 1% del área de la sección transversal.

No se aceptan fisuras en la zona de la unión, ni desviaciones pronunciadas de las fibras, ni la presencia de defectos que puedan afectar la resistencia y la correcta adhesión del material.

5.3 Orientación de la unión dentada

Se contemplan dos tipos de uniones. En un caso los dientes son visibles en las caras de las láminas y en el otro lo son en el canto de éstas (ver figura 3).

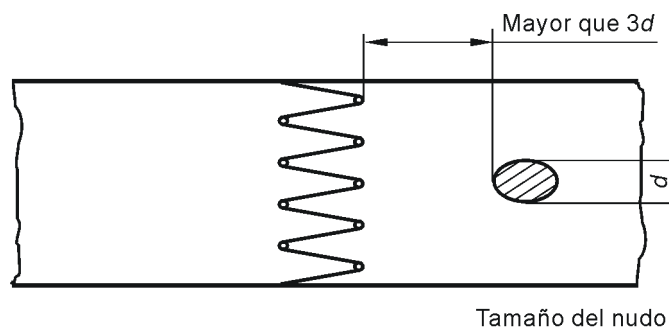


Figura 2 - Tamaño del nudo y distancia entre la zona de unión y un nudo

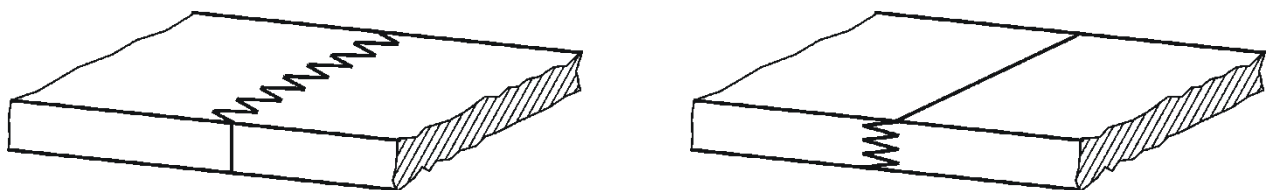


Figura 3 - Orientación de la unión dentada

5.4 Perfil del diente

En el anexo B se dan recomendaciones, a título informativo, sobre la forma y las medidas del perfil.

5.5 Ajuste

El mecanizado de los dientes debe hacerse con máquinas y herramientas apropiadas, que puedan asegurar un ajuste correcto de la unión dentada.

En todos los casos se deben arbitrar los medios para mantener limpias las superficies a encolar.

Para evitar falsos ajustes debidos a un aumento o disminución de la humedad de la madera, se deben realizar las uniones lo antes posible y siempre dentro de las 24 h posteriores al mecanizado.

5.6 Aplicación del adhesivo

El adhesivo se debe aplicar en los dos extremos a unir y en todas las superficies de los dientes. Un indicador de haber cumplido este requisito es la aparición de adhesivo en las cuatro caras de la unión cuando se aplica la presión final.

5.7 Prensado

Para el proceso de unión de la madera con uniones dentadas es suficiente un tiempo de prensado relativamente breve. La presión total debe, sin embargo, mantenerse, como mínimo, 2 s.

La presión adecuada para lograr una óptima resistencia depende fundamentalmente del perfil de los dientes, del tipo de madera, del contenido de humedad y de la sección transversal. Se recomienda establecer las características del prensado en base a esos factores. En el anexo C se indica la relación recomendable entre el largo del diente y la presión.

La presión ejercida no debe producir fisuras ni roturas por compresión en la zona de los dientes.

5.8 Endurecimiento

Las uniones dentadas deben mantenerse en reposo para su endurecimiento hasta que la madera pueda seguir procesándose sin peligro para la estabilidad de la unión dentada. Las condiciones ambientales deben cumplir con lo indicado en la IRAM 9660-1.

Las láminas que se utilizan en elementos estructurales rectos pueden adherirse sin almacenamiento intermedio, cuando a través de los procesos se garantice que las uniones no experimentan ninguna condición perjudicial. En caso contrario, se debe esperar el fraguado del adhesivo.

6 REQUISITO DE LA UNIÓN DENTADA

Resistencia a la flexión

La resistencia característica a la flexión de las uniones ($f_{m,k}$), obtenida admitiendo una función de distribución de probabilidad log-normal, debe ser mayor o igual a la resistencia característica a la flexión de las uniones dentadas declaradas por el fabricante ($f_{m,de,k}$).

La resistencia característica a la flexión de las uniones ($f_{m,k}$) se calcula para 15 probetas como se indica en el capítulo 7, mientras que $f_{m,de,k}$ es la que el fabricante informa. En todos los casos se emplean los valores ajustados a la altura de referencia, de acuerdo con la fórmula indicada en 7.3.

Cuando se adopten los valores característicos de la resistencia a la flexión para vigas laminadas de acuerdo con la IRAM 9660-1, la resistencia característica a la flexión de las uniones con las tablas de plano, declaradas por el fabricante, no debe ser en ningún caso menor que las indicadas en la tabla 1.

Los criterios de muestreo y aceptación se indican en el anexo A de esta norma.

Tabla 1 - Valores mínimos de la resistencia característica a la flexión de las uniones dentadas, declaradas por el fabricante

Espece	Clase resistente	Resistencia a la flexión* $f_{m, de k \text{ mínimo}}$ (MPa)
Pino Paraná (<i>Araucaria angustifolia</i>)	1	28,7
	2	23,8
Eucalipto grandis (<i>Eucalyptus grandis</i>)	1	28,7
	2	25,0
Pino taeda y elliotti (<i>Pinus taeda/elliottii</i>)	1	23,8
	2	15,3
Álamo australiano '129/60' y 'Stonville 67'	1	23,8
	2	21,4
* Valores ajustados a la altura de referencia de 150 mm de acuerdo con la fórmula indicada en 7.3.		



7 METODO DE ENSAYO

7.1 Determinación de la resistencia a la flexión

7.1.1 Probetas. Las probetas deben ensayarse cuando el adhesivo esté lo suficientemente fraguado y deben tener la unión dentada en el centro de su largo.

7.2 Procedimiento. La resistencia a la flexión se determina de acuerdo con la IRAM 9663 e IRAM 9664, no siendo necesario calcular la densidad aparente ni el contenido de humedad. La distancia entre apoyos debe ser igual a 15 veces el espesor de la tabla y la precisión requerida en las mediciones debe ser de $\pm 3\%$.

7.3 Cálculos

7.3.1 Cálculo de la resistencia a la flexión ajustada a la altura de referencia

Se calcula la resistencia a la flexión ajustada a la altura de referencia mediante la fórmula siguiente:

$$f_m = \frac{1}{2} \left(f_{ens} + \frac{f_{ens}}{\left(\frac{150}{h} \right)^{0,2}} \right)$$

siendo:

f_m la resistencia a la flexión ajustada a la altura de referencia, en mega pascal;

f_{ens} la resistencia a la flexión obtenida al ensayar de acuerdo con IRAM 9663, en mega pascal;

h la altura de la probeta, en milímetros.

7.3.2 Cálculo de $f_{m,15,k}$. Si se cuenta con los valores de los resultados de las últimas 15 uniones ensayadas, se calcula la resistencia característica a la flexión de las últimas 15 uniones ($f_{m,15,k}$) suponiendo una función de distribución de probabilidad log-normal, según:

$$f_{m,15,k} = \frac{k_{15} \sum_{m=1}^{15} f_m}{15}$$

siendo:

k_{15} el coeficiente estadístico para calcular el valor característico;

f_m la resistencia a la flexión ajustada a la altura de referencia **de 150 mm**, en mega pascal.

El coeficiente k_{15} depende del coeficiente de variación de la distribución de f . El coeficiente de variación se calcula de la forma siguiente:

$$CV = \frac{\sigma_f}{\mu_f}$$

siendo:

σ_f el desvío estándar de las resistencias a la flexión;

μ_f el promedio de las resistencias a la flexión.

En la tabla 2 se indica dicha relación.

Si se cuenta con datos del coeficiente de variación, el valor característico de la resistencia de las 15 uniones ensayadas puede obtenerse empleando la mencionada función de distribución. En ningún caso debe asumirse un valor inferior a 0,10 para el coeficiente de variación.

Si no se dispone del coeficiente de variación, se supone que es de 0,20.

Tabla 2 - Relación entre el coeficiente de variación y el coeficiente estadístico

Coeficiente de variación	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
k_{15}	0,84	0,77	0,70	0,64	0,58

7.4 Informe

Debe incluir:

- la identificación de la muestra: la especie y la clase resistente de la madera, el tipo de adhesivo y otros componentes utilizados;
- la determinación realizada y la cita de esta norma;
- las medidas transversales de las láminas;
- el tratamiento aplicado a la madera;
- la fecha de fabricación de la unión dentada;
- la carga a la rotura, la resistencia a la flexión, la descripción de la rotura con el porcentaje de falla por madera, y, si se realizó, la resistencia característica a la flexión de las últimas 15 uniones ($f_{m,15,k}$);
- la fecha de ensayo.

8 DENOMINACIÓN

Para la denominación de una unión dentada, se deben indicar el largo y el paso del diente, en combinación con el texto *IRAM 9661*.

Ejemplo: Denominación de una unión dentada de acuerdo con la IRAM 9661 con un largo de la unión (diente) de 15 mm y un paso del diente de 3,8 mm:

Unión dentada IRAM 9661 – 15/3,8

Anexo A

(Informativo)

Inspección y recepción

A.1 Control interno

De cada turno de trabajo y de cada línea de producción se debe tomar muestras representativas de las uniones, obtenidas al azar.

Como mínimo se debe extraer tres uniones dentro de cada turno para ser ensayadas. De cada lote de producción se debe tomar, como mínimo, una unión.

El fabricante debe establecer y mantener un sistema de calidad debidamente documentado con las características indicadas en la IRAM 9660-1, con el fin de asegurar que la ejecución de las uniones dentadas se realiza conforme a esta norma.

A.2 Control externo

El organismo externo debe seleccionar un mínimo de 15 probetas en cada inspección para efectuar los ensayos. Se deben realizar un mínimo de dos inspecciones anuales.

Las probetas y el informe correspondiente deben reunir las características indicadas en el capítulo 7.

A.3 Criterios de aceptación

La producción se considera aceptable si se cumple una de las dos condiciones siguientes:

- a) La resistencia individual a la flexión de cada unión ensayada (f_m) es igual o mayor que la resistencia característica a la flexión de las uniones, declarada por el fabricante ($f_{m,de,k}$).
- b) La resistencia característica a la flexión de las últimas 15 uniones ensayadas ($f_{m,15,k}$), provenientes de la misma línea de producción, es mayor o igual a la resistencia característica a la flexión de las uniones declarada por el fabricante ($f_{m,de,k}$).

Anexo B

(Informativo)

Perfil del diente

B.1 El largo de la unión l , el paso del diente p (ver figura 1) y el grado de debilitación v , se recomienda que tengan la relación siguiente:

$$v = b_d/p$$

$$\text{si } l \leq 10 \text{ mm : } l_{\min.} = 3,6 p (1 - 2v)$$

y

$$\text{si } l > 10 \text{ mm : } l_{\min.} = 4,0 p (1 - 2v)$$

B.2 Además es conveniente que el grado de debilitación v y el ángulo de los flancos α cumplan con las condiciones siguientes:

$$v \leq 0,18$$

$$\alpha \leq 7,5^\circ \quad (\text{para } l \leq 10 \text{ mm})$$

$$\alpha \leq 7,1^\circ \quad (\text{para } l > 10 \text{ mm})$$

Anexo C

(Informativo)

Presión aplicada en la unión

En la figura C.1 se indica una relación recomendable entre el largo del diente y la presión.

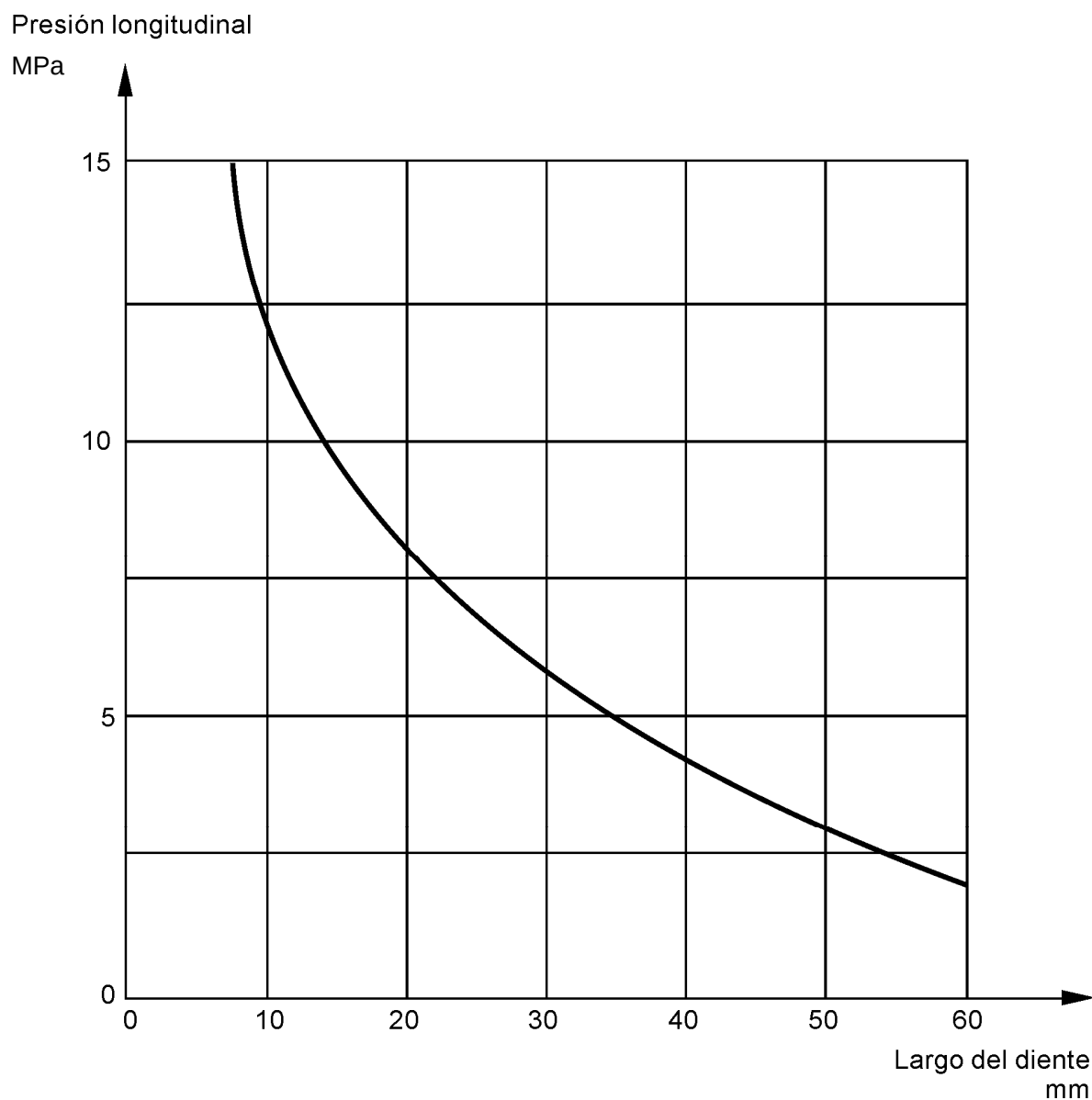


Figura C.1 - Relación recomendable entre el largo del diente y la presión

Anexo D

(Informativo)

Símbolos empleados en esta norma

a	ancho total;
b_d	ancho del fondo del diente;
CV	coeficiente de variación;
f_{ens}	la resistencia a la flexión obtenida al ensayar de acuerdo con UNE-EN 408, en newton por milímetro cuadrado;
f_m	la resistencia a la flexión ajustada a la altura de referencia de 150 mm, en newton por milímetro cuadrado;
$f_{m,de,k}$	resistencia característica a la flexión de las uniones dentadas declaradas por el fabricante;
$f_{mín.}$	valores mínimos de la resistencia característica a la flexión de las uniones dentadas, declaradas por el fabricante;
h	la altura de la probeta; (ver IRAM 9663, altura o espesor)
h_u	holgura de la unión;
k_{15}	el coeficiente estadístico para calcular el valor característico;
l	largo de la unión;
$l_{mín.}$	largo de la unión mínimo;
p	paso del diente;
α	ángulo de los flancos;
σ_f	el desvío estándar de las resistencias a la flexión;
μ_f	la media de las resistencias a la flexión;
v	grado de debilitamiento.

Anexo E

(Informativo)

Normas IRAM relacionadas con la presente norma

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

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

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 Stonville 67' (*Populus Deltoides*).

IRAM 9663 - Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas.

Anexo F

(Informativo)

Bibliografía

En el estudio de esta norma se han tenido en cuenta los antecedentes siguientes:

IRAM – INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN
IRAM 9661:2006 – Madera laminada encolada estructural. Requisitos de los empalmes por unión dentada.

Anexo G

(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:
Prof. Alfredo Aníbal GUILLAUMET	UTN F.R. VENADO TUERTO
Sr. Ariel MAIDANA	EDERRA S.A.
Sr. Adrián MENDIZÁBAL	EDERRA S.A.
Sr. Fernando Víctor MENDIZÁBAL	EDERRA S.A.
Ing. Agr. Esteban Alberto MORALES	INTI MADERA Y MUEBLES
Ing. Eduardo TORRAN	UTN FRCU
Ing. Luis BISTOLETTI	IRAM

TRAMITE

El estudio de este Esquema se realizó en las reuniones del 7 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 corresponde	
Salud	No corresponde	
Seguridad	No corresponde	

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 Bistoletti
Coordinador del Subcomité

FIRMADO
Ing. Eduardo Torran
Secretario del Subcomité

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