

Identificación del Trabajo	
Área:	Materiales
Categoría:	Alumno / Graduado
Regional:	Venado Tuerto

Comparación de los valores experimentales de vigas laminadas de *Populus deltoides* “Australiano 129/60” con la norma IRAM 9662/4

Juana ARANDA, Mariana QUIROGA, Joel OGGERO

Calle Laprida N° 651, Venado Tuerto, Santa Fe, Facultad Regional Venado Tuerto, Universidad Tecnológica Nacional

E-mail de contacto: gidec@frvt.edu.ar; quirogamarianal@gmail.com;

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección del Ing. Alfredo Guillaumet, el Ing. Roberto Manavella y la Ing. María Cecilia Filippetti, en el marco del proyecto “Caracterización tecnológica de la madera Populus Deltoides 129/60 cultivada en el Delta del Río Paraná (25/z014)”.

Resumen

Este trabajo presenta los resultados experimentales de las propiedades del *Populus deltoides* “Australiano 129/60” implantado en el Delta del Río Paraná para 34 vigas laminadas encoladas ensayadas según UNE-EN 408 (2010). Las vigas se fabricaron de acuerdo a las especificaciones de la norma IRAM 9660/1 (2006). Para el análisis de las mismas se las consideró separadas en Grado 1 y 2 de acuerdo a los requisitos de la mencionada norma. Los resultados para resistencia a la flexión de las vigas laminadas resultaron superiores respecto de los expuestos en la norma referenciada, y se confirmaron los valores del módulo de elasticidad propuestos.

Palabras Claves: Vigas laminadas; *Populus Deltoides*; Propiedades mecánicas; Estructuras

1. Introducción.

El Reglamento para el Cálculo de Estructuras de Madera INTI - CIRSOC 601(2013), contempla el diseño con madera laminada encolada y adjunta los valores de las propiedades para tres combinaciones de especie - procedencia. Para completar los suplementos del Reglamento se requieren valores de resistencia mecánica para más especies y lugares de procedencia. Esto implica la necesidad de aumentar la actividad de caracterización tecnológica, para incorporar nuevos valores al mencionado suplemento.

Este trabajo presenta los resultados experimentales de las propiedades del *Populus deltoides* “Australiano 129/60” implantado en el Delta del Río Paraná, para vigas laminadas encoladas ensayadas según UNE-EN 408(2010).

Para dar contexto a los valores obtenidos, se los comparó con los expuestos en el Anexo B de la Norma IRAM 9660-1 (2015).

2. Metodología.

2.1) Materiales.

Dentro de las especies de reforestación de rápido crecimiento se destaca por su potencial el álamo, y si se considera como zona de cultivo el Delta del Río Paraná se aprecia su cercanía a un mercado de consumo potencial muy importante. “El álamo en general se presenta como una especie de rápido crecimiento, baja densidad de la madera y rigidez, pero con resultados que podrían satisfacer las condiciones para fabricación de vigas laminadas o como vigas aserradas para pequeñas luces”. Castro (2006).

Las probetas para el ensayo se extrajeron de piezas aserradas provenientes de árboles de *Populus deltoides* “Australiano 129/60”. El monte implantado en el Delta del Río Paraná poseía trece años de edad al momento de la tala y los ejemplares implantados fueron suministrados con certificación del clon. Se realizaron dos plantaciones con un esparcimiento cada una de 6m x 4m en un terreno plano. Se anegaron por lluvias en pocas oportunidades con no más de quince días de estancamiento del agua y no más de 15-20 cm de altura de agua sobre el terreno. Se les practicó poda de formación al año, poda de altura a los 4 y 7 años de edad. Se realizó control de hormigas, roleado y rastreado en sus primeros 3 años, luego se introdujo ganado. En la plantación 1 se realizó un raleo al 30% a los 9 años y en la plantación 2 a los 7 años. La tabla 1 expone los criterios establecidos por la Norma 9662-4 que fueron utilizados para la clasificación de las tablas.

Defecto	Unidad	Clase 1	Clase 2	Determinación
Médula	–	No se admite	Se admite	5.1
Nudosidad	mm/mm	Menor o igual a 1/3	Menor o igual a 2/3	5.2
Dirección de las fibras	mm/mm	Desviación menor que 1:9		5.3
Densidad	kg/m ³	No se aceptan piezas con densidad excepcionalmente baja (ver valor característico en el anexo B).		5.4
Fisuras	No pasantes	m	El largo de las fisuras no pasantes no debe ser mayor que 1,0 m ni que 1/4 del largo de la pieza.	5.5
	Pasantes	m	El largo de las fisuras pasantes no debe ser mayor que 1,0 m ni que 1/4 del largo de la pieza. En los extremos, su largo no debe ser mayor que 2 veces el ancho de la tabla.	
Combadado y encurvado	mm	Menor que 8	Menor que 12	5.6.1
Revirado	mm/mm	Menor que 1 mm por cada 25 mm de ancho.	Menor que 2 mm por cada 25 mm de ancho.	5.6.2
Abarquillado	–	Sin restricciones para el abarquillado.		5.6.3
Arista faltante	mm/mm	Transversalmente menor que 1/4 de la cara o canto donde aparece. Sin restricciones para el largo.	Transversalmente menor que 1/3 de la cara o canto donde aparece. Sin restricciones para el largo.	5.7
Ataques biológicos	–	No se admiten zonas atacadas por hongos causantes de pudrición. Se admiten zonas atacadas por hongos cromógenos. No se admiten orificios causados por insectos.		5.8
Madera de reacción	mm/mm	Menor o igual que 1/5	Menor o igual que 2/5	5.9
Otros	–	Daños mecánicos y otros defectos se limitan por analogía con alguna característica similar.		5.10

Tabla 1. Criterio de clasificación de tablas.

Cada viga fue conformada con 7 láminas ensambladas por medio de uniones dentadas en el canto. La sección de las mismas es de 1" de alto x 3" de ancho, resultando luego del cepillado, cuerpos de prueba de dimensiones finales de 64,50x150mm en la sección y 2700mm de longitud.

Se ensayaron un total de 34 vigas, divididas en 2 grados. La composición y el número de cuerpos de prueba ensayados de cada una se presenta en la Tabla 2. Para la unión de las láminas, al igual que en las uniones dentadas, se utilizó adhesivo de urea formaldehído con melamina que satisface los requisitos según la norma IRAM 45055 (2002) para adhesivos estructurales tipo II (uso interior).

La elaboración de las vigas fue realizada por la empresa WOOD SRL de la ciudad de Carcaraña, respetando los requisitos de fabricación y control establecidos en las normas IRAM 9660-1 (2006) y 9661(2006).

Grado resistente	Composición			Cantidad
Grado 1	Homogénea (G1)	7 láminas Clase 1		10
Grado 2	Homogénea (G2)	7 láminas Clase 2		24

Tabla 2. Características de las muestras.

Las vigas se preservaron en cámara a 20°C de temperatura y 65% de humedad según la normativa. En la Figura 1 se puede observar un corte transversal de la sección.



Figura 1. Corte de viga laminada.

2.2) Método de ensayo.

Para el procedimiento experimental se respetaron las prescripciones de la Norma UNE-EN 408(2010), las tareas se llevaron a cabo en los laboratorios de la Facultad Regional Venado Tuerto de la Universidad Tecnológica Nacional.

El sistema de aplicación de cargas consistió en un equipo hidráulico con válvula reguladora de caudal que permitía ajustar la velocidad de aplicación de la carga, de acuerdo a lo especificado por la norma.

La medición de cargas en ensayo de vigas laminadas se realizó con una celda de carga de 50000 N de capacidad máxima con precisión de 10 N conectada a un transductor de registración continua de la lectura y se llevó a rotura. Se midieron las deformaciones locales a través de dos comparadores de precisión de 0,01 mm, en un largo de 5 veces la altura en la zona de momento flector constante y sin influencia del esfuerzo de corte. Se tomaron lecturas para 7 escalones de carga (1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000 y 7000 Newton). La Figura 2 plantea el esquema de aplicación de cargas para el ensayo a flexión.

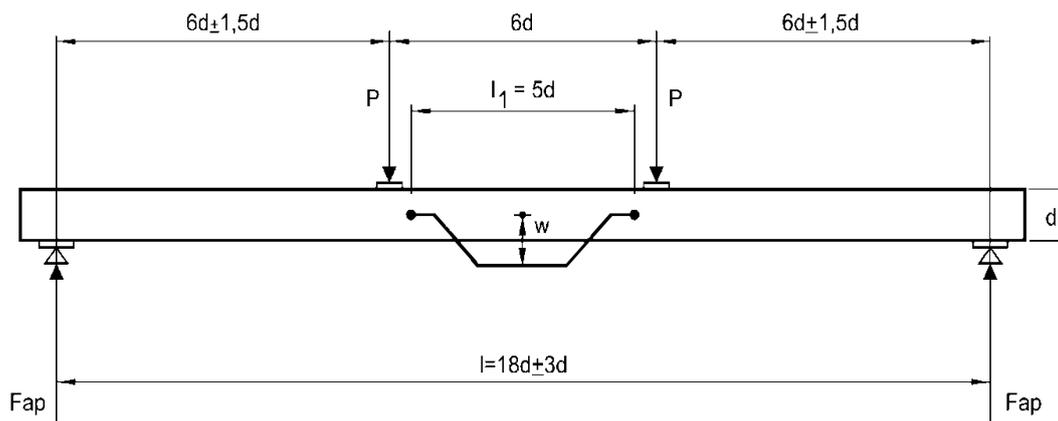


Figura 2. Esquema de aplicación de carga en vigas laminadas.

Una vez ensayadas las vigas se determinó la densidad y el contenido de humedad aplicando la Norma IRAM 9532 (1973). Se registró la ubicación de la rotura indicando si fue dentro del tercio medio o fuera del mismo, si rompió en la unión dentada o no. La Figura 3 ilustra el dispositivo de ensayo para las vigas laminadas.



Figura 3. Ensayo de viga laminada a flexión

3. Resultados.

3.1) Valores experimentales de la resistencia a flexión, módulo de elasticidad y densidad en las vigas laminadas encoladas.

Las tablas 3 y 4 muestran los valores de las propiedades mecánicas de las vigas laminadas encoladas para cada grado resistente.

Propiedades en vigas laminadas- Grado 1					
Parámetro	Unidad	Valor medio	5º percentil	Máximo	Mínimo
Resistencia a la flexión	N/mm ²	27	22	32	21
Módulo de elasticidad	N/mm ²	10.490	9.717	11.745	9.619
Densidad	Kg/m ³	400	382	432	380

Tabla 3. Propiedades en vigas laminadas - Grado 1

Propiedades en vigas laminadas- Grado 2					
Parámetro	Unidad	Valor medio	5º percentil	Máximo	Mínimo
Resistencia a la flexión	N/mm ²	27	20	34	18
Módulo de elasticidad	N/mm ²	9.998	8.759	11.160	8.178
Densidad	Kg/m ³	413	390	434	380

Tabla 4. Propiedades en vigas laminadas - Grado 2

Los valores de Resistencia a la Flexión se corrigieron a un canto de referencia de 150 mm y altura de 600 mm de acuerdo a las especificaciones de la norma UNE EN 1194 (1999). Los valores de módulo de elasticidad global a flexión y de densidad se corrigieron a un contenido de humedad del 12%, de acuerdo a las especificaciones de la norma UNE EN 384 (2010).

3.2) Comparación de las propiedades resistentes del *Populus deltoides* “Australiano 129/60” con los valores propuestos en la Norma IRAM 9660-1 (2013).

En la Tabla 5 se comparan los resultados experimentales para el *Populus deltoides* “Australiano 129/60” con los valores publicados en el Anexo B de la Norma IRAM 9660-1 (2015) para el Álamo. Teniendo en cuenta que para la Resistencia a la Flexión se tomaron los valores del percentil 5%, y el valor medio para el Módulo de Elasticidad.

Grado	Viga laminada de Populus Deltoides Australiano 129/60			
	Resistencia a la flexión (N/mm ²)		Módulo de elasticidad (N/mm ²)	
	Valor experimental	IRAM 9660-1(2013)	Valor experimental	IRAM 9660-1(2013)
1	22	20	10.490	10.500
2	20	18	9.998	9.500

Tabla 5. Valores de las propiedades mecánicas en vigas laminadas.

4. Discusión.

Se aprecia que los valores de resistencia a la flexión experimentales son superiores a los expuestos en la norma, aproximadamente en un 10%, tanto para el grado 1 como para el grado 2. Para el módulo de elasticidad los valores son notoriamente similares a los propuestos por la norma para ambos grados.

Se puede observar que el valor de la densidad del Grado 1 es levemente menor al de las muestras del Grado 2. Esto puede deberse al escaso número de muestras en el grado 1, sin embargo en ambos casos se obtuvieron valores similares a los de referencia.

5. Conclusiones.

- Los valores publicados en el Anexo B de la norma IRAM 9660-1 (2015) para resistencia a la flexión de las vigas laminadas encoladas resultaron conservadores ya que los experimentales los superaron aproximadamente en un 10%.
- Se confirmaron los valores del módulo de elasticidad expuestos en la norma.
- A pesar que se ensayó un reducido número de muestras el trabajo permite consolidar los valores propuestos por la norma en virtud que las vigas fueron confeccionadas por otro fabricante y ensayas en otro laboratorio

Reconocimientos.

Se agradece la colaboración de los alumnos Tomás O'DONOHUE, Nicolás IBARBORDE y Jonathan MAÑO por su participación en la realización de los ensayos y obtención de datos. A la empresa Wood SRL por la colaboración con el equipo de investigación.

A todos los alumnos del grupo G.I.D.E.C que con su trabajo permiten llevar adelante las tareas experimentales.

Bibliografía.

Castro G. 2006. Usos actuales y posibilidades futuras de la madera de álamo. Jornadas de Salicáceas 2006

Instituto de Racionalización Argentino de Materiales. (2015). Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por Resistencia. Parte 4: Tablas de álamo "Australiano 129/60" y "Stoneville 67" (*Populus deltoides*). IRAM 9662-4. Buenos Aires

Instituto de Racionalización Argentino de Materiales. (2015). Madera laminada encolada estructural. Parte 1: Clases de resistencia y requisitos de fabricación y control. IRAM 9660-1. Buenos Aires.

Instituto de Racionalización Argentino de Materiales. (2002). Adhesivos para estructuras de madera bajo carga. Adhesivo de policondensación de tipos fenólicos, aminoplásticos y de otros tipos. Clasificación y requisitos de comportamiento. IRAM 45055. Buenos Aires.

Instituto de Racionalización Argentino de Materiales. (2006). Madera laminada encolada estructural. Parte 1: Clases de resistencia y requisitos de fabricación y control. IRAM 9660-1. Buenos Aires.

International Organization for Standardization (E). Wood - Determination of density for physical and mechanical tests. ISO 3131 (1975).

Agencia Española de Normalización y Certificación. (2010). Determinación de los valores característicos de las propiedades y la densidad. EN 384:2010. Madrid.

European Comité for Standardization (2010). Structural timber and glued laminated timber – Determination of some physical and mechanical properties. EN 408:2010. Brussels

Agencia Española de Normalización y Certificación. (1999). Estructuras de madera. Madera laminada encolada. Clases resistentes y determinación de los valores característicos. EN 1194. Madrid.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad en Obras Civiles. (2013). Reglamento Argentino de Estructuras de Madera. CIRSOC 601. Buenos Aires