



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

G I D E C

Grupo de Investigación y Desarrollo de Estructuras Civiles

APTITUD DEL HÍBRIDO

Pinus elliottii var.

Elliottii x Pinus caribaea

var. *Hondurensis*

PARA LA FABRICACIÓN

DE VIGAS DE MADERA

LAMINADA ENCOLADA

ISBN: 978-987-23292-2-8

**TRABAJO EXPUESTO 23 JORNADA ARGENTINA
DE INGENIERIA ESTRUCTURAL
Buenos Aires – Argentina 2014**

AUTORES: María C. Filippetti - Alfredo A. Guillaumet - Roberto D. Manavella

APTITUD DEL HIBRIDO *Pinus elliottii* var. *Elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* PARA LA FABRICACIÓN DE VIGAS DE MADERA LAMINADA ENCOLADA

María C. Filippetti ⁽¹⁾; Alfredo A. Guillaumet ⁽²⁾; Roberto D. Manavella ⁽³⁾

(1) Ing. en Construcciones, Prof. Adjunto, GIDEC, Universidad Tecnológica Nacional FRVT

(2) Ing. en Construcciones, Prof. Titular, GIDEC, Universidad Tecnológica Nacional FRVT

(3) Ing. Civil, Profesor Titular, GIDEC, Universidad Tecnológica Nacional. FRVT

aaguillaumet@rec.utn.edu.ar

RESUMEN

La concreción del Reglamento Argentino de Estructuras de Madera, CIRSOC 601, y sus suplementos evidencia la falta de información sobre el comportamiento estructural de la madera proveniente de bosques implantados, esto genera la necesidad de aumentar los estudios para cubrir este déficit. Este trabajo presenta las propiedades mecánicas de tablas del Híbrido *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* cultivado en la Provincia de Misiones y su potencial para la fabricación de vigas de madera laminada encolada. Los ensayos se desarrollaron en la Universidad Tecnológica Nacional FRVT según normas europeas. Se realiza la comparación con las propiedades presentadas en las Normas IRAM 9660 (2006) y 9662 (2006) para la *Araucaria angustifolia*, el Pino *elliotti* y el *Eucalyptus grandis*. También se cotejan con los valores esperables para la madera de *Pópulus deltoides*, cuya Norma IRAM está en proceso de redacción. Los valores de la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad resultaron menores que los establecidos para las especies presentadas en la norma IRAM 9660-1(2006).

ABSTRACT

*The realization of the Argentine regulation of wooden structures, CIRSOC 601 and its supplements shows the lack of information on the structural behavior of timber from our forests implanted; this creates the need for increased research to cover this deficit. This paper presents the mechanical properties of tables of *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* cultivated in the province of Misiones and their potential for the manufacture of glued laminated wood beams. The tests were developed in the National Technological University FRVT according to European standards. The comparison is being carried out with properties presented in the IRAM Standards 9660(2006) and 9662 (2006) for the *Araucaria angustifolia*, Pino *elliotti* and *Eucalyptus grandis*. The task is completed by comparing the expected outcome for the wood of *Populus deltoides*, whose standard IRAM is in wording process. The values found of the bending strength and modulus of elasticity were lower than those for the species in the standard IRAM 9660-1(2006).*

1) INTRODUCCIÓN

El traspaso de la utilización de vigas laminadas encoladas, construidas con madera proveniente de especies de rápido crecimiento, en reemplazo de las vigas aserradas de madera dura en nuestro país se realiza con lentitud. Podemos considerar que los principales motivos son el desconocimiento del producto por parte de los profesionales de la construcción, la falta de información confiable sobre sus propiedades estructurales y calidades de fabricación muy variables. Esta situación comenzó a ordenarse a partir del año 2006, cuando se aprobaron las Normas IRAM 9662 -1/2/3 sobre “Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia” y también se normalizan los requisitos para su fabricación y control con las Normas IRAM 9660-1 y la 9660-2 y los requisitos de empalmes en uniones dentadas en la IRAM 9661.

El Reglamento para el Cálculo de Estructuras de Madera INTI - CIRSOC 601(2013) actualmente en trámite de aprobación, 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 Híbrido *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* implantado en la Provincia de Misiones, para uniones dentadas en el canto y para vigas laminadas encoladas, ensayadas según UNE-EN 408(2010) y UNE-EN 384(2010). Se los compara con los valores característicos obtenidos por el métodos analítico que ofrece la norma UNE-EN 1194(1999) para vigas laminadas encoladas.

Para dar contexto a los valores obtenidos para este híbrido se los comparó con los expuestos en las Normas IRAM 9662 y en el Esquema de la Norma IRAM 9660-1 (2013).

2) METODOLOGÍA

2.1) Materiales.

Para los ensayos se utilizaron tablas aserradas de árboles del Híbrido *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* implantados en la localidad de Esperanza, Provincia de Misiones, Argentina, obtenidos en operaciones de segundo raleo y provenientes de forestaciones con 10 años de desarrollo, que han tenido una poda o desrame artificial hasta los 6 m de altura.

La especie es un híbrido, resultado de una cruce entre dos especies de *Pinus*, una el *Pinus caribaea* variedad *hondurensis*, que aporta el polen y la otra el *Pinus elliottii*, que aporta la parte femenina. El material proviene de plantines logrados por semilla de una segunda generación de cruce entre las especies mencionadas, por lo tanto se la denomina comercialmente como “híbrido F2”.

Según Malan F.S., 1995 ⁽¹⁾,...el *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, es una de las especies más promisoras encontradas en Australia y Sudáfrica, en lo que

respecta a calidad de madera, resistencia al frío y crecimiento volumétrico”. El híbrido tuvo, según los resultados a los que llegó este investigador, un crecimiento volumétrico un 37 % en promedio superior al *Pinus elliottii* y un poco inferior al *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*.

“Desde la década del 80, la Argentina cuenta con antecedentes de introducciones de materiales híbridos de *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* provenientes de Australia. Sin embargo, fue a principios de los 90 cuando se realizaron introducciones desde ese país a nivel comercial, las cuales dieron origen a las casi 6.000 has implantadas en la región.”. Gauchat et al, 2005 ⁽²⁾.

Para las uniones dentadas en el canto y para las vigas laminadas encoladas se utilizaron tablas de Híbrido de 1” x 4” acondicionadas en cámara a 20° C y 65% de humedad y clasificadas en Grado 1 y 2.

Se fabricaron 15 tablas con unión dentada en el canto de 25 mm de espesor, 95 mm de ancho y 500 mm de largo, respetando los requisitos de la Norma IRAM 9661 (2006) y 16 vigas laminadas según lo indicado por la Norma IRAM 9660-1 (2006), construidas con 7 láminas de igual grado con una sección de 127 mm de altura y 87 mm de ancho, con una longitud de 2260 mm.

2.2) Método de ensayos

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 unión en tablas se realizó con una celda de carga de 10000 N de capacidad máxima con precisión de 10 N conectada a un transductor de registración continua de la lectura y se llevó a rotura. En los ensayos de vigas laminadas se utilizó una celda de 50000 N para la medición de carga. 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 (1000,1500, 2000, 2500, 3000, 3500 y 4000 Newton)

Una vez ensayadas las tablas y vigas se determinó la densidad y el contenido de humedad aplicando la IRAM 9532. 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.

Se realizaron los ensayos sobre las 15 tablas con unión dentada en el canto utilizando el mismo dispositivo que para tablas aserradas y se determinaron los valores característicos. La Figura 1 presenta el tipo de unión dentada.

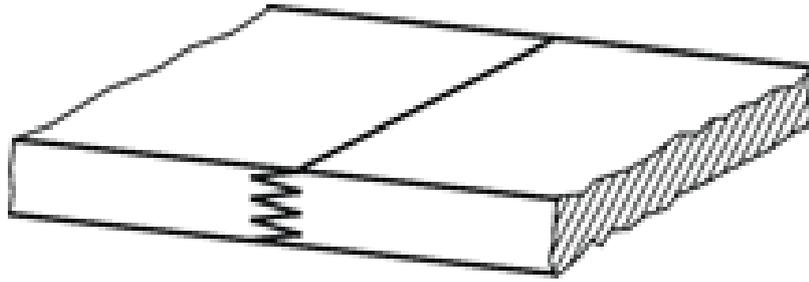


Figura 1: Detalle de unión dentada de canto

La Figura 2 plantea el esquema de aplicación de cargas para el ensayo a flexión de las vigas laminadas.

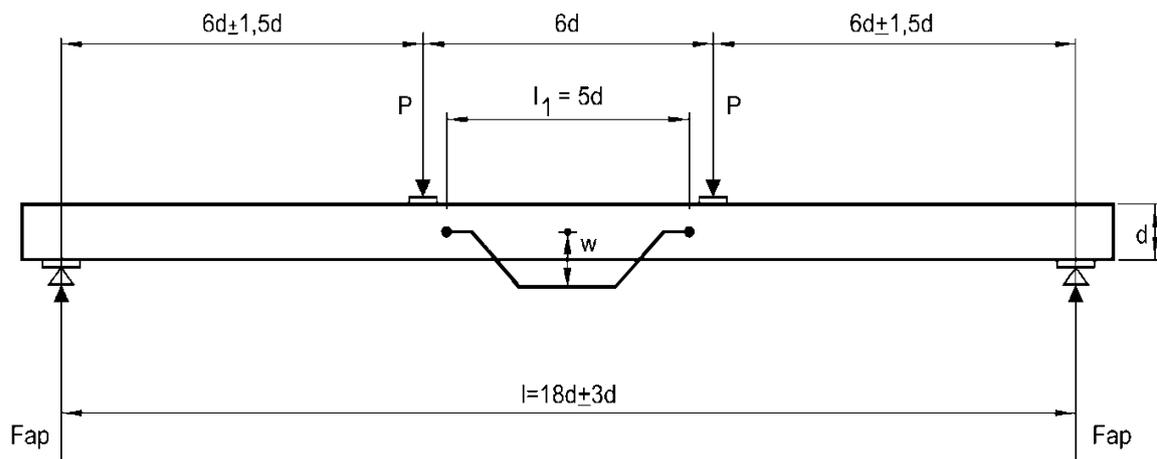


Figura 2: Esquema de aplicación de carga en vigas laminadas

La Figura 3 ilustra el dispositivo de ensayo para las vigas laminadas.



Figura 3: Ensayo de viga laminada a flexión

3) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1) Valores de la Resistencia a Flexión, Módulo de Elasticidad y densidad en tablas aserradas.

Los valores experimentales de la propiedades mecánicas para tablas aserradas se extrajeron del trabajo “*Caracterización del híbrido Pinus elliottii var. elliottii x Pinus caribaea var. hondurensis F2 para su utilización en vigas laminadas encoladas*” Guillaumet AA et al ⁽³⁾ y se muestran en las Tabla 1 y 2.

Parámetro	Unidad	Valor medio	5° Percentil	Máximo	Mínimo	N° Prob.
Resistencia a la flexión	N/mm ²	40	20	78	17	45
Módulo de elasticidad global con $G=\infty$	N/mm ²	9.106	3.964	21.270	3.802	45
Módulo de elasticidad global con $G=650\text{N/mm}^2$	N/mm ²	9.642	4.054	23.656	3.884	45
Dimensión del anillo de crecimiento anual	mm	15	7	20	6	45
Densidad	Kg/m ³	503	357	690	306	45

Tabla 1: Valores de las propiedades admitiendo en Grado 1 (anillos hasta 20 mm)

Parámetro	Unidad	Valor medio	5° Percentil	Máximo	Mínimo	N° Prob.
Resistencia a la flexión	N/mm ²	25	12	43	10	92
Módulo de elasticidad global con G=∞	N/mm ²	6.105	3.363	12.756	2.481	88
Módulo de elasticidad global con G=650N/mm ²	N/mm ²	6.325	3.426	13.602	2.516	88
Dimensión del anillo de crecimiento anual	mm	19	11	30	7	93
Densidad	Kg/m ³	468	383	736	142	93

Tabla 2: Valores de las propiedades admitiendo en Grado 2 (anillos hasta 30 mm)

Para clasificar la especie en grados, se aplicaron los mismos criterios que fija la Norma IRAM 9662/3 para el pino taeda-elliotti, pero con una exigencia para los anillos de hasta 20 mm en Grado 1 y de 30 mm en Grado 2. La Tabla 3 presenta los criterios asignados.

Defecto	Unidad	Grado 1	Grado 2
Médula		No se admite	Se admite
Nudosidad	cm/cm	Menor o igual a 1/3	Menor o igual a 2/3
Anillos de crecimiento	mm	menor de 20	menor de 30

Tabla 3: Criterios para asignar grados resistentes al híbrido

la Tabla 4 fue construida con los valores de las tablas 1 y 2 y muestra los valores característicos que presenta el híbrido para cada grado resistente en un formato similar al de la norma IRAM 9662/3.

Grado de resistencia	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Módulo de elasticidad (N/mm ²)	Densidad (kg/m ³)
1	20	12	9600	380
2	12	7	6300	380

Tabla 4: Valores característicos de las tablas aserradas de híbrido.

Para la resistencia a flexión y tracción, los valores corresponden al percentil 5% y una altura de referencia de 150 mm. Para el módulo de elasticidad el valor corresponde al valor medio con un contenido de humedad de referencia de 12 %. Para la densidad el valor corresponde al percentil del 5% y un contenido de humedad de referencia de 12 %.

3.2) Valores experimentales de la Resistencia a Flexión, Módulo de Elasticidad y densidad en tablas con unión dentada en el canto.

La Tabla 5 muestra los resultados de los ensayos de tablas con unión dentada de Grado 1 y la Tabla 6 los obtenidos para las de Grado 2.

Propiedades en tablas con unión dentada - Grado 1					
Parámetro	Unidad	Valor medio	5º percentil	Máximo	Mínimo
Resistencia a la flexión	N/mm2	30,6	26,8	35,7	26,6
Módulo de elasticidad	N/mm2	11297	8392	15500	8358
Densidad	Kg/m3	528	481	626	476

Tabla 5: Valores característicos según ensayos - Grado 1

Propiedades en tablas con unión dentada - Grado 2					
Parámetro	Unidad	Valor medio	5º percentil	Máximo	Mínimo
Resistencia a la flexión	N/mm2	19,8	17,9	22,7	17,8
Módulo de elasticidad	N/mm2	9080	7314	11819	7194
Densidad	Kg/m3	483	364	617	351

Tabla 6: Valores característicos según ensayos - Grado 2

3.3) Valores experimentales de la Resistencia a Flexión, Módulo de Elasticidad y densidad en vigas laminadas encoladas.

Las Tablas 7 y 8 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/mm2	22.87	18.35	26,7	17.5
Módulo de elasticidad	N/mm2	6226	4835	9067	4729
Densidad	Kg/m3	455	445	469	445

Tabla 7: 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/mm2	18,33	16.4	20,6	15.9
Módulo de elasticidad	N/mm2	5546	4216	6868	4001
Densidad	Kg/m3	448	418	470	405

Tabla 8: Propiedades en vigas laminadas - Grado 2

Los valores de Resistencia a la Flexión se corrigieron a un canto de referencia de 150 mm. Los valores de módulo de elasticidad global a flexión y de densidad se corrigieron a un contenido de humedad del 12%.

3.4) Comparación de las propiedades experimentales con las del método analítico de la UNE-EN1194 (1999)

La normativa europea vigente UNE-EN 1194 (1999) nos permite proyectar los valores característicos de las vigas laminadas encoladas a partir de los valores obtenidos en las tablas aserradas y en las uniones dentadas, válida para las especies de coníferas, por lo que podemos aplicarla a este híbrido.

Utilizando los valores de resistencia a tracción de la Tabla 4 y aplicando el criterio, desarrollado en la UNE-EN 1194(1999) se determinaron los valores mínimos de resistencia a flexión en tablas con unión dentada, a través de la siguiente fórmula:

$$f_{m,j,k} = 8 + 1,4 f_{t,0,l,k} \quad (1)$$

Siendo:

$f_{m,j,k}$ es la resistencia característica en flexión de las uniones dentadas con toda la anchura de la lámina, determinada según la Norma Europea UNE-EN 386 (2004), en newtons por milímetro cuadrado.

$f_{t,0,l,k}$ es la resistencia característica a tracción de las láminas, en newton por milímetro cuadrado.

GRADO	Tablas de Híbrido con unión dentada	
	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	
	Valor experimental	UNE –EN 1194 (8 + 1,4 $f_{t,0,l,k}$)
1	26.8	24,8
2	17.9	18,9

Tabla 9: Valores de resistencia a la flexión

Los resultados expuestos en la Tabla 9 muestran que los valores experimentales en las tablas con unión dentada resultan mayores que los determinados por aplicación de la norma UNE-EN 1194 (1999) para el grado 1, pero que para el grado 2 resultan menores a los determinados por la misma norma. El cumplimiento de este requisito de la norma europea, impide que la rotura de la madera laminada encolada sea producto de una baja resistencia de las uniones dentadas y no se cumpla la relación planteada entre la resistencia a tracción experimental de la tabla y las propiedades de la madera laminada.

Para adecuar el valor analítico al experimental de la resistencia a flexión en el grado 2, se determina un nuevo valor de resistencia a tracción, a partir de la fórmula (1) utilizando el valor experimental de resistencia a flexión de la unión dentada como dato. Esta determinación pone los valores del lado de la seguridad. La Tabla 10 muestra los resultados comparativamente.

GRADO	Tablas aserradas de Híbrido		
	Resistencia a la tracción (N/mm ²)		
	Valor experimental	UNE-EN 1194 ($f_{m,j,k} - 8$)/1,4	Valor a aplicar p/ Viga laminada
1	12	13.4	12
2	7,2	7,1	7,1

Tabla 10: Valores de resistencia a tracción

El Anexo A de la UNE-EN 1194(1999) nos permite calcular las propiedades de las vigas laminadas a partir del valor de resistencia a tracción de las tablas aserradas. La tabla 11 presenta los valores experimentales de la resistencia a la flexión de las vigas ajustados a una altura de referencia de 600 mm y a un espesor de 150 mm, según las prescripciones de esta norma presentadas en la fórmula (2).

$$k_{\text{tamaño}} = (b/150)^{0.05} * (h/600)^{0.1} \quad (2)$$

Las ecuaciones (3) y (4) permiten calcular los valores de resistencia a flexión y módulo de elasticidad según el método analítico propuesto por la UNE-EN 1194(2010) para madera laminada homogénea de este híbrido.

$$f_{m,g,k} = 7+1,15 \sigma_{t,0,l,k} \quad (3)$$

$$E_{m,g,k} = 1.05 * E_{0.1,medio} \quad (4)$$

Siendo:

$f_{t,0,l,k}$ es la resistencia característica a tracción de las láminas, en N/mm², determinado en la Tabla 12 despejada de la ecuación propuesta en la UNE-EN 1194(1999)

$E_{0.1,medio}$ es el módulo de elasticidad medio de la tabla aserrada, en N/ mm², se adoptó el propuesto en la Tabla 4 .

En la Tabla 11 se comparan los resultados experimentales con los valores obtenidos por aplicación de las formulas (3) y (4).

GRADO	Viga laminada de Híbrido			
	Resistencia a la flexión (N/mm ²)		Módulo de elasticidad (N/mm ²)	
	Valor experimental	UNE-EN1194 (7+1,15 $\sigma_{t,0,l,k}$)	Valor experimental	UNE-EN1194 (1,05 E _{0,1,medio})
1	18.4	20.8	6230	10000
2	16.4	15.1	5550	6600

Tabla 11: Valores de las propiedades mecánicas en vigas laminadas

Se aprecia que los valores de resistencia a la flexión experimentales son inferiores (13 %) para el grado 1 y superior (9%) para el grado 2. Para el módulo de elasticidad los valores son notoriamente inferiores, un 38% para el grado 1 y 20 % para el grado 2.

3.5) Comparación de las propiedades resistentes del híbrido con las especies contempladas en las Normas IRAM 9662

La Tabla 12 compara los valores característicos de las especies Pino Elliotti-Taeda, Pino Paraná y Eucalipto de las normas IRAM 9662-1/2/3 con los del pino híbrido de este trabajo. Se completa el cuadro con los valores propuestos en el esquema de norma IRAM 9662/4 (2013) para los álamos Stonville y Australiano del Delta del Paraná.

De los valores presentados se puede destacar que la resistencia a flexión de las tablas aserradas del híbrido resulta mayor en un 15% que a la del pino Taeda-elliotti para ambos grados, pero con un módulo de elasticidad inferior en un 15% para el Grado 1 y 10% menor para el Grado 2. La densidad es inferior que el resto de las especies (5%) y no hay diferenciación para los distintos grados.

Clase de resistencia	ESPECIE	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Módulo de elasticidad (N/mm ²)	Densidad (kg/m ³)
1	Pino Paraná	30	18	17000	460
	Eucalipto	30	18	14000	430
	Pino Taeda-elliotti	18	11	12000	420
	Pino Híbrido	20	12	9600	380
	Álamo	24	14	10200	400
2	Pino Paraná	14	8	11500	400
	Eucalipto	24	14	12500	430
	Pino Taeda-elliotti	11	7	7000	390
	Pino Híbrido	12	7	6300	380
	Álamo	18	11	9000	400

Tabla 12: Valores de las propiedades mecánicas para las especies analizadas

En la tabla 13 se presentan los valores característicos de la madera laminada encolada de pino Taeda-elliotti, pino Paraná, Eucalipto y álamo (Stonville y Australiano) presentados en el Anexo B del esquema de norma IRAM 9660-1(2006), se incorporan además los valores determinados en este trabajo para el híbrido *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* .

Especie	Grado de resistencia	Módulo de rotura a la flexión	Módulo de elasticidad en flexión
		(N/mm ²)	(N/mm ²)
Pino Taeda-elliotti	Grado 1	20	12 500
	Grado 2	13	7 500
Pino Paraná	Grado 1	24	15 000
	Grado 2	20	13 000
Eucalipto	Grado 1	24	15 000
	Grado 2	21	13 000
Pino Híbrido	Grado 1	18.4	6 230
	Grado 2	16.4	5 550
Álamo	Grado 1	23	10710
	Grado 2	19.4	9450

Tabla 13: Valores característicos de la madera laminada encolada estructural

La resistencia a la flexión corresponde al percentil del 5% ajustado a las medidas de referencia (ancho $b = 150$ mm, y alto $h = 600$ mm) conforme a la norma EN 1194:1999 – El módulo de elasticidad corresponde al valor medio ajustado a un contenido de humedad del 12% conforme a la norma UNE-EN 384:2010.

Si comparamos las propiedades este híbrido con las del pino Taeda-elliotti, con el que compite forestalmente debido a sus favorables características de rápido crecimiento y rendimiento, este ofrece un valor de resistencia a flexión menor para el grado 1 y mayor para el grado 2, pero en ambos, con un módulo de elasticidad marcadamente inferior fundamentalmente para el grado 1.

CONCLUSIONES

- Lo promisorio de los resultados obtenidos en las tablas aserradas publicados por Guillaumet et al. (3) se vieron confirmados para la resistencia a la flexión de las vigas laminadas pero no para el módulo de elasticidad.
- El reducido número de muestras ensayadas solo permite un primer acercamiento al comportamiento estructural de las vigas laminadas construidas con este material, para alcanzar resultados concluyentes debería ensayarse un número mayor de piezas.
- El escaso valor de módulo de elasticidad obtenido puede atribuirse a defectos de fabricación, clasificación de las tablas o al reducido número de piezas.
- La expectativa para esta combinación especie – procedencia, sería producir vigas laminadas encoladas con valores de resistencia similares a los de los pino Taeda-elliotti de la misma procedencia aunque con un módulo de elasticidad menor, los ensayos sobre las tablas aserradas así lo proyectan.
- Los valores experimentales de resistencia a flexión, comparado con los obtenidos aplicando el método analítico de la UNE-EN 1194(1999) resultaron sin marcadas diferencias, por lo que las ecuaciones aplicadas serían adecuados con un fin de diseño estructural para relacionar las propiedades mecánicas de las tablas aserradas con las propiedades de las vigas laminadas para esta combinación especie-procedencia.
- Para determinar de manera fehaciente las propiedades mecánicas de la especie no solo debería aumentarse el número de muestras sino también se debería utilizar madera proveniente de árboles de mayor edad.

COLABORADORES

Alumnos y graduados del GIDEC de la UTN -FRVT

AGRADECIMIENTOS

PINDÓ SA - Puerto Esperanza - Misiones. (*Proveedora de las tablas aserradas*)
MADERAS WOOD SRL - Carcarañá. Santa Fe (*Fabricante de las vigas laminadas*)

REFERENCIAS

- (1) Malan, F.S. "The Basic Wood Properties and Sawtimber Quality of South African Grown *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea*" South African Forestry Journal Volume 173, Issue 1, page. 35-41. 1995
- (2) Gauchat M.E.; Rodríguez G.H.; Belaver E.; Bischof D. (2005). "Pinus elliottii var. elliottii x P. caribaea var. hondurensis. Híbridos de alta productividad combinando crecimiento y forma". Revista IDIA XXI, Nro. 8. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina
- (3) Guillaumet AA, Manavella, Filippetti, Diab, Armas (2011) Caracterización del híbrido *Pinus elliottii* var. *Elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* "F2" para su utilización en vigas laminadas encoladas. 1º Congreso latinoamericano de la madera de construcción. Coímbra- Portugal (ISBN 978-989-96461-1-2-4)

BIBLIOGRAFIA

- Asociación Española de Normalización y Certificación UNE-EN 384 (2010) "Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad". Madrid. España
- Asociación Española de Normalización y Certificación UNE-EN 1194 (1999) "Estructuras de madera. Madera laminada encolada. Clases resistentes y determinación de los valores característicos". Madrid. España
- Asociación Española de Normalización y Certificación UNE-EN 408 (2010). "Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas". Madrid. España
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. IRAM 9660-1 (2006) "Madera laminada encolada estructural. Parte 1: Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control". Buenos Aires, Argentina.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Esquema IRAM 9660-1 (2013) "Madera laminada encolada estructural. Parte 1: Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control". Buenos Aires, Argentina
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. IRAM 9661 (2006). "Madera laminada encolada estructural. Requisitos de los empalmes por unión dentada". Buenos Aires, Argentina.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. IRAM 9662/1 (2006) “Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencias. Parte 1: Tablas de pino Paraná (*Araucaria angustifolia*). Buenos Aires, Argentina.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. IRAM 9662/2 (2006) “Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencias. Parte 2: Tablas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*). Buenos Aires, Argentina.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. IRAM 9662/3 (2006) “Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencias. Parte 3: Tablas de pino taeda y elliotti (*Pinus tadea* y *elliottii*). Buenos Aires, Argentina.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Esquema IRAM 9662/4 (2013) “Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencias. Parte 4: Tablas de álamo (Stonville y Australiano 129/60). Buenos Aires, Argentina.

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