

NOTA TÉCNICA N° 3 – LATU – SECTOR PRODUCTOS FORESTALES

CARACTERÍSTICAS DE MADERA DE CHAPAS LAMINADAS (LVL)

DE PLANTACIONES DE RÁPIDO CRECIMIENTO DEL URUGUAY

Eucalyptus grandis, Populus spp., Pinus taeda, Pinus elliottii

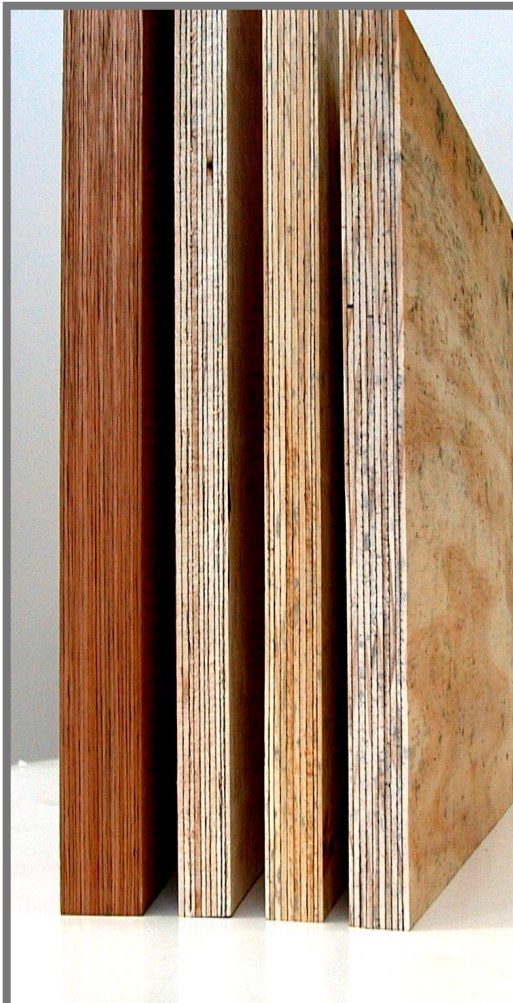
Luciano Benites – LATU (Laboratorio Tecnológico del Uruguay)

El presente trabajo es el resultado de la investigación preliminar realizada para determinar propiedades físicas y mecánicas de **Madera de chapas laminadas** elaborada a partir de madera proveniente de plantaciones de rápido crecimiento del Uruguay. El mismo se llevó a cabo como parte del “Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales” entre el Sector Productos Forestales del **LATU** y **JICA** (Agencia de Cooperación Internacional del Japón).

La utilización de madera de baja calidad (fundamentalmente la proveniente de trozas de coníferas de hasta 20 cm de diámetro aproximadamente) cuando se desea obtener productos de mejor calidad y mayor valor agregado lleva necesariamente a la adopción de nuevas técnicas de procesamiento y elaboración de la materia prima disponible. Por otro lado, a nivel mundial y fundamentalmente en países como Estados Unidos y Japón, se ha operado una importante sustitución de la madera contrachapada de uso estructural por otros tipos de tableros o combinaciones de tableros buscando optimizar el uso de la materia prima disponible.

En los últimos años se ha desarrollado un nuevo producto, la **Madera de chapas laminadas**, denominada comúnmente LVL (Laminated Veneer Lumber) que además de poseer mayor precio de venta que la madera contrachapada presenta ventajas frente a ésta y a la madera aserrada en múltiples aplicaciones, especialmente en lo relacionado a su aplicación estructural.

La **Madera de chapas laminadas** se produce encolando láminas de aproximadamente 3 mm de



espesor (elaboradas mediante el debobinado de rolos) que se colocan de forma que el grano sea paralelo al eje longitudinal de la pieza a producir. Durante el proceso se pueden eliminar los defectos (nudos de grandes dimensiones, grietas etc.) e inclusive ordenar las láminas de acuerdo a su resistencia para optimizar la resistencia final de la pieza.

Las ventajas de la Madera de chapas laminadas respecto a la madera aserrada pueden resumirse en: 1) calidad uniforme en toda su extensión, o sea con pequeña variabilidad de características en cada pieza. 2) Pequeña variabilidad entre piezas. 3) Rectitud. 4) Tamaños disponibles (solamente limitados por la posibilidad de transportarlas). 5) Facilidad de aplicación de tratamientos o de características estructurales específicas. Las características mencionadas permiten considerar al LVL como un material apto para la realización de estructuras.

Las ventajas que presenta el LVL respecto a la madera contrachapada pueden resumirse en: 1) no exige longitudes ni diámetros considerables de rolos 2) utiliza un solo espesor de chapas, 3) Permite un mejor aprovechamiento de maderas de baja calidad y en general de baja resistencia mecánica (Provenientes de raleos o remanentes de fustes de árboles utilizados para elaborar madera aserrada), 4) precio de venta sustancialmente mayor que el de la madera contrachapada en los mercados internacionales

El LVL es especialmente apto para la utilización estructural en la construcción, como vigas o pilares entre

otros como así también en armazones, andamios, escaleras etc. pero no sustituye a la madera contrachapada para encofrados de hormigón.

Para este estudio se debobinaron rollizos de aproximadamente 20 cm de diámetro provenientes del Departamento de San José (55 cm de diámetro en el caso de *E. grandis* proveniente del Departamento de Durazno) obteniéndose láminas que luego de secadas (hasta alcanzar un 5% de contenido de humedad) se analizaron en un proyector de perfiles Nikon (aumento 100 X) para determinar la frecuencia de sus grietas (expresada en número de grietas por centímetro) y la relación entre la profundidad de las grietas y el espesor (expresada en %). A partir de dichas láminas se elaboró **madera de chapas laminadas** de 25 mm de espesor, compuesta por 10 láminas. Se utilizó adhesivo de uso estructural (Resorcinol – Formaldehído), de 54% de contenido no volátil, aplicándose con rodillos 250 g/m² en una sola cara. El encolado se realizó en frío y aplicando una presión de 8 Kgf/cm² (~0,8 MPa) en el caso de *P. elliotii*, *P. taeda* y *Populus spp.* y de 12 Kgf/cm² (~1,2 MPa) para *E. grandis*.

FRECUENCIA DE GRIETAS Y PROFUNDIDAD RESPECTO AL ESPESOR DE LÁMINAS

Especie	<i>E. grandis</i>	<i>Populus spp.</i>	<i>P.taeda</i>	<i>P. elliotii</i>
Frecuencia	11,0	11,0	6,6	8,7
Profundidad	48	36	43	35

Profundidad de Grietas (%) = 100·profundidad de grieta / espesor de lámina

Estos parámetros resultan aceptables tanto para el encolado como para el lijado de la pieza.

MATERIALES, PROCESO Y PRODUCTO ELABORADO

ROLLIZO		MADERA DE CHAPAS LAMINADAS				
Especie	Diámetro (cm)	ADHESIVO		Presión (MPa)	TAMAÑO	
		Tipo	Carga (g/m ²)		(mm)	Espesor (mm)
<i>Euc. grandis</i>	55	Resorcinol-Formaldehído (Contenido no volátil 54%)	250	1,2	450 x 450	22
<i>Populus spp</i>	20			0,8		25
<i>Pinus taeda</i>	20			0,8		27
<i>Pinus elliotii</i>	20			0,8		26

Luego de su acondicionamiento a 20°C y 65%HR (aproximadamente 12 % contenido de humedad) se determinaron: contenido de humedad por el método de secado en estufa (basado en las normas ISO/DIS16979: 2001, JAS : 1978 y JAS : 1988) y densidad (método basado en las normas ISO/DIS 9427:2001 y JANS 13: 2000 - Japón, Australia y N. Zelandia). Además se determinaron: Delaminación luego de tratamiento consistente en: Baño en agua hirviendo durante 5 horas, baño en agua fría (10 ~ 25)°C y posterior secado a (60 ± 3)°C durante 24 horas en estufa con circulación forzada (método basado en las normas JAS : 2000 y APA EWS - PRL-501 : 2000), Módulo de elasticidad (MOE) y Módulo de rotura (MOR) mediante ensayo de flexión estática de probetas de 400 mm de largo (350 mm de distancia entre apoyos) y sección cuadrada, de lados iguales al espesor de las piezas de madera de chapas laminadas elaboradas (en caso de líneas de encolado verticales) y de 400 mm de largo, 30 mm de ancho y altura igual al espesor (en caso de líneas de encolado horizontales). El ensayo de flexión estática se realizó de acuerdo a la norma JAS : 2000 (Japanese Agricultural Standard), que es igual (o equivalente) a la norma APA EWS - PRL-501 (American Plywood Association : 2000), utilizándose una máquina universal de ensayos Minebea Tecnograph NMB TG 50 kN aplicando la carga en el punto medio de cada probeta a razón de 150 kgf/minuto y con distancia entre apoyos de 350 mm. El software del controlador de la máquina universal de ensayos proporciona directamente la carga máxima aplicada y los valores del MOE y MOR en N/mm², aplicando las

siguientes fórmulas:

$$MOE = \frac{l^3(F_2 - F_1)}{4b(a_2 - a_1)t^3} \qquad MOR = \frac{3F_{m\acute{a}x.}}{2bt^2}$$

donde:

l = distancia entre apoyos (en mm);

b = ancho de probetas (mm);

t = espesor de probetas (mm);

F₂ - F₁ = intervalo de fuerzas en el diagrama Fuerza/Deflexión en el que hay proporcionalidad entre fuerza aplicada y deflexión (desplazamiento vertical del punto medio de la probeta debido a la acción de la fuerza aplicada);

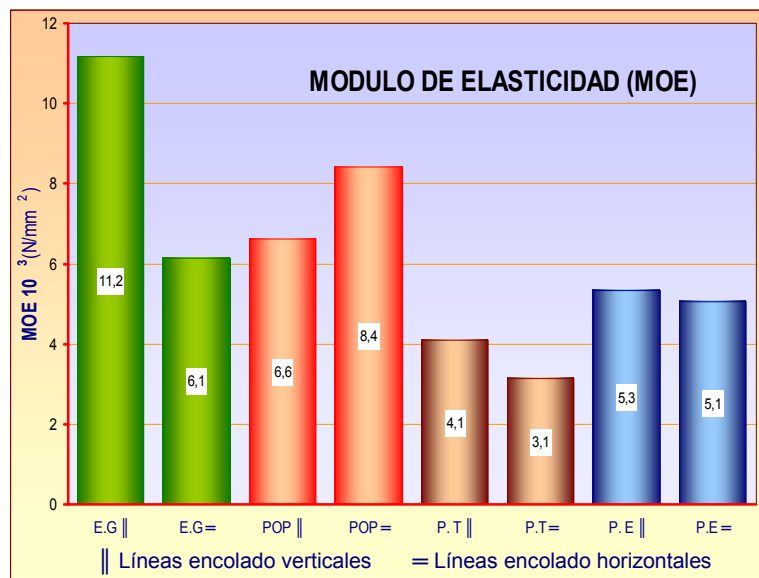
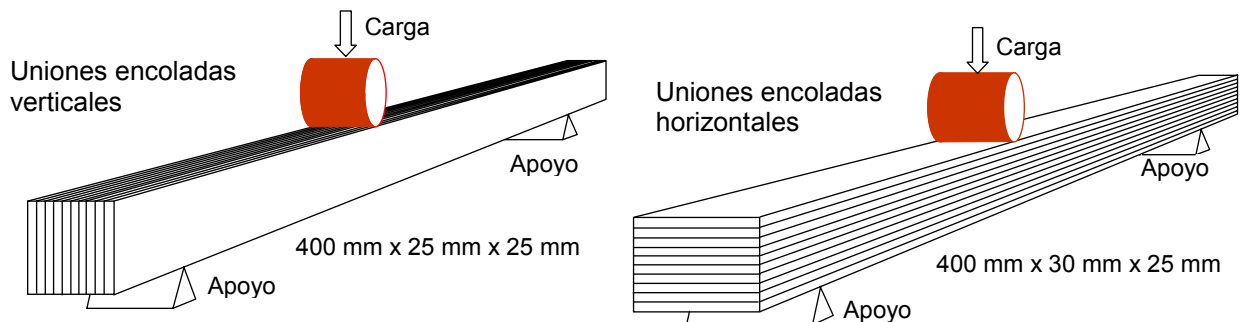
F_{máx.} = Carga máxima aplicada (Carga de rotura); **F₁, F₂** y **F_{máx.}** en N; **a₁, a₂** valores de deflexión debidos a la acción de **F₁** y **F₂** respectivamente, medidas en mm.

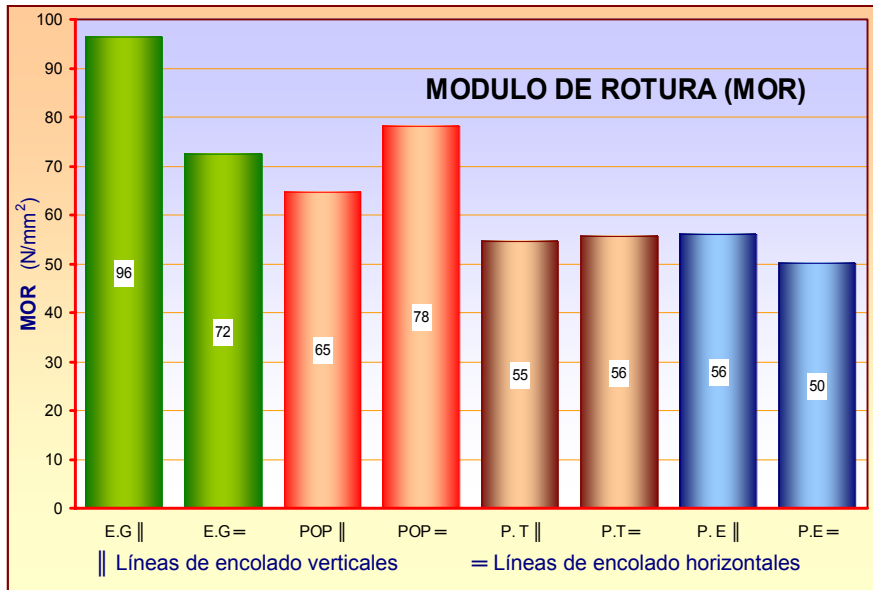
Las cargas aplicadas se midieron con precisión de 1 Newton mientras que las deflexiones se midieron en mm con deflectómetro comparador de 0,01 mm de precisión.

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD

Especie	<i>E. grandis</i>	<i>Populus spp.</i>	<i>P. taeda</i>	<i>P. elliotii</i>
C. de Humedad	11,8	12,8	13,2	13,1
Densidad	0,68	0,53	0,56	0,52

PROBETAS PARA ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA Y ESQUEMA DE CARGA





Con la finalidad de comparar los resultados obtenidos con los correspondientes a madera sólida, ya sea en pequeñas probetas libres de defectos o en tablas de tamaño real, se han recopilado datos de varios trabajos realizados en este Sector con anterioridad. Estos se realizaron sobre *P. taeda*, *P. Elliottii* y *E. grandis* de Río Negro. Hasta el momento no se dispone de datos correspondientes a ensayos mecánicos sobre madera sólida de *Populus spp.* Si bien los datos disponibles corresponden a ensayos realizados sobre probetas de madera sólida que no corresponde geográficamente a la misma zona que la utilizada para la elaboración de LVL, de todos modos sirven como aporte para la evaluación de la madera de chapas laminadas elaborada.

Eucalyptus grandis

PRODUCTO	MOE (10 ³ MPa)	MOR (MPa)	Densidad (g/cm ³)
LVL	11,2	96,4	0,68
LVL =	6,14	72,4	
Madera sólida (pequeñas probetas)	12,2	103	0,58
Madera sólida (tamaño real)	12,9	52	0,57

Populus spp.

PRODUCTO	MOE (10 ³ MPa)	MOR (MPa)	Densidad (g/cm ³)
LVL	6,65	64,6	0,53
LVL =	8,41	78,2	

Pinus taeda

PRODUCTO	MOE (10 ³ MPa)	MOR (MPa)	Densidad (g/cm ³)
LVL	4,10	54,5	0,56
LVL =	3,92	55,6	
Madera sólida (Pequeñas probetas)	5,78	65,1	0,45
Madera sólida (tamaño real)	6,34	38,3	0,44

Pinus elliottii

PRODUCTO	MOE (10 ³ MPa)	MOR (MPa)	Densidad (g/cm ³)
LVL	5,34	56,1	0,52
LVL =	5,06	50,2	
Madera sólida (Pequeñas probetas)	6,03	63,9	0,46
Madera sólida (tamaño real)	6,31	38,0	0,46

DELAMINACIÓN EN AGUA HIRVIENDO (Según norma JAS)

Especie	<i>E. grandis</i>	<i>Populus spp.</i>	<i>P. taeda</i>	<i>P. elliottii</i>
Aprueban (%)	100	100	50	50

Como se indicó al comienzo, los datos de la LVL expuestos corresponden a un estudio preliminar para evaluar algunas propiedades físicas y mecánicas.

En cuanto a la madera sólida de tamaño real, de acuerdo a las norma JAS, solamente el 21% de las tablas ensayados eran aptas para uso estructural en el caso de *Pino taeda* y el 17% en el caso de *P. elliottii* (las tablas de coníferas deben superar en MOE los 7850 MPa para uso estructural). Las tablas consideradas pertenecían a la troza basal y contenían la médula en el punto medio de su sección o eran adyacentes a éstas, lo que corresponde a trozas de aproximadamente 20 cm de diámetro (o sea de corta edad, poca resistencia mecánica y por lo tanto valor comercial muy bajo).

En el caso de *E. grandis* las tablas ensayadas pertenecían a trozas de 55 cm de diámetro y en ningún caso contenían la médula.

En el caso de la delaminación es llamativo que se haya obtenido para el caso de coníferas un porcentaje tan bajo de aprobación según la norma JAS; ello seguramente podría estar relacionado con

la forma de aplicación del adhesivo.

La elaboración de LVL permite obtener un producto de calidad uniforme y dependiendo del adhesivo utilizado se puede usar ya sea en muebles, interiores o en estructuras e inclusive a la intemperie. De todos modos, la obtención de valores característicos de resistencia demandará la realización de una cantidad importante de ensayos debido a que son varios los parámetros que influyen en la resistencia mecánica como lo son: adhesivo (carga, forma de aplicación), presión aplicada durante el encolado, temperatura y tiempo de encolado y especie utilizada. La continuación de estos trabajos permitirá ajustar durante la elaboración estos parámetros, al tiempo que se podrá avanzar con el estudio de otras propiedades como la estabilidad dimensional, cortante horizontal y la resistencia al cizallamiento por carga de compresión.