



## ESTRUCTURAS DE MADERA

### 3.5. Productos de ingeniería de madera

## 1. Introducción

2. Productos de madera sólida
3. Productos de madera encolada
4. Productos con uniones mecánicas
5. Productos de chapas de madera
6. Productos de partículas y fibras
7. Productos de virutas
8. Otros

## 3.5. Productos de ingeniería de madera



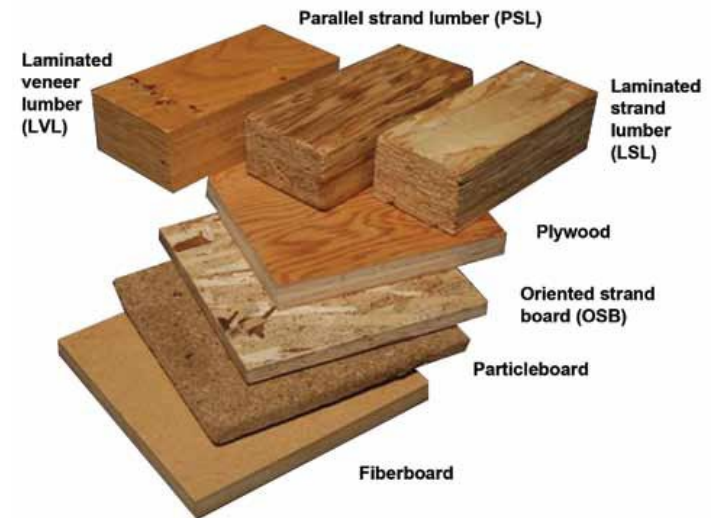
## PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA (EWP)

### Engineered Wood Products (EWP)

Materiales compuestos por **piezas de madera unidas entre sí**, ya sea mediante adhesivos estructurales o uniones mecánicas.

El producto resultante es igual o más resistente y estable que la suma de sus partes.

Los productos estructurales de madera se conforman de piezas de madera que han sido **clasificadas estructuralmente**, siguiendo normativas de clasificación visual o mecánica, y de las que se conocen sus propiedades mecánicas y su densidad.



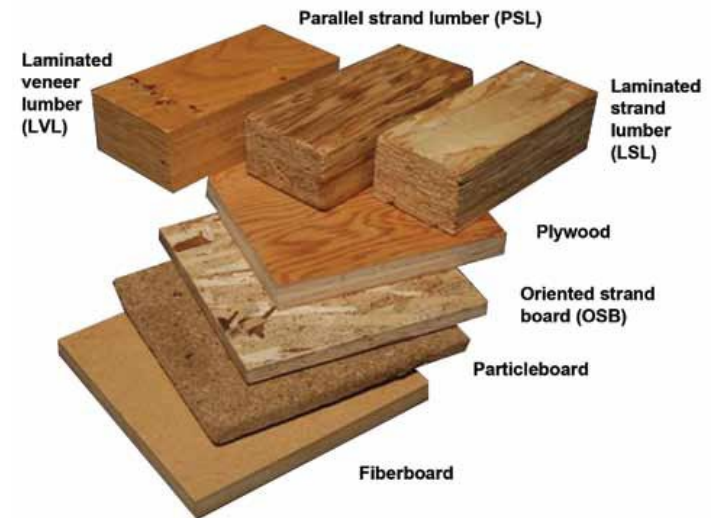
Wood Handbook (2010)

## PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA (EWP)

Surgen como respuesta a la disponibilidad y a la “calidad” de los recursos forestales

- Reducen la dependencia en el tamaño de los árboles
- Uso de especies tradicionalmente “devaluadas”
- Mayor utilización del recurso forestal en su producción

(MA=40%, LVL=52%, PSL=65%, LSL=76%)



Moya, L. (2014)

Wood Handbook (2010)

## VENTAJAS DE LOS PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA (EWP)

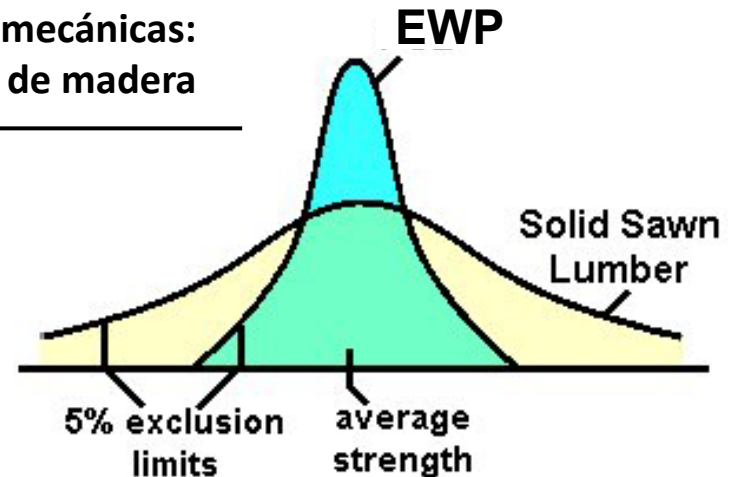
1. Generalmente, **propiedades estructurales** mayores que las de la madera aserrada

	C14	LVL	PSL	LSL
	(MPa)			
$E_{0,medio}$	7.000	12.000	13.800	9.000
$f_{m,k}$	14	17	20	12
$f_{c,0,k}$	16	18	20	10
$f_{c,90,k}$	2	5,2	4,5	2,0
$f_v$	3	4	2	3
	(kg/m <sup>3</sup> )			
$\rho_{medio}$ (kg/m <sup>3</sup> )	350	330-680		

## VENTAJAS DE LOS PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA (EWP)

1. Generalmente, **propiedades estructurales** mayores que las de la madera aserrada
2. Productos con **propiedades uniformes**: su fabricación permite eliminar o distribuir eficientemente los atributos “no deseables” (defectos) de la madera
3. Reducen los problemas asociados con los **cambios dimensionales** (contracción e hinchazón) del material
4. Posibilitan mayor **eficiencia** en la construcción

Variabilidad de las propiedades mecánicas:  
madera aserrada vs. productos de Ingeniería de madera



Moya, L. (2014)

# VENTAJAS DE LOS PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA (EWP)

En general los EWP cuentan con certificación de calidad y sus propiedades estructurales están especificadas en Tablas y Manuales que son suministrados por el fabricante.

**GP Georgia-Pacific**  
Engineered Lumber

**Residential Floor & Roof Systems Product Guide**

**WOOD BEAM**  
WIDE MATTERS

**GP LAM**  
with FiberGuard

**FiberStrong**  
Rim Board

Edition V

Engineered Lumber Residential Guide

### Design Properties For Wood I Beam™ Joists

Joist	Joist Depth	Weight* (lb/ft)	EI (10 <sup>6</sup> inch <sup>4</sup> lbs)	Allowable Moment		Allowable Shear <sup>2</sup> (lbs)	Allowable Reactions		C (10 <sup>3</sup> lb-lbs/in)
				Single <sup>1,3</sup> (ft-lbs)	Repetitive <sup>4,5</sup> (ft-lbs)		End <sup>6</sup> (lbs)	Intermediate <sup>7</sup> (lbs)	
GPI 20	9 1/2"	2.5	159	2355	2685	1135	1050	2340	0.412
	11 1/2"	2.6	274	3455	3550	1435	1100	2340	0.515
GPI 40	9 1/2"	2.9	193	2680	2767	1200	1120	2600	0.412
	11 1/2"	3.1	330	3560	3702	1460	1225	2600	0.515
	14"	3.5	482	4355	4529	1715	1250	2600	0.607
GPI 65	11 1/2"	3.1	434	5650	5878	1495	1230	2610	0.515
	14"	3.5	640	6905	7181	1740	1335	2610	0.607
	16"	3.7	877	8095	8419	2000	1345	2610	0.693
WI 40	9 1/2"	2.6	193	2355	2520	1120	1080	2160	0.412
	11 1/2"	2.9	330	3145	3365	1420	1200	2500	0.515
	14"	3.3	482	3960	4130	1710	1200	2500	0.607
WI 60	11 1/2"	3.2	396	4335	4638	1420	1200	2500	0.515
	14"	3.4	584	5320	5692	1710	1200	2500	0.607
	16"	3.7	799	6250	6688	1970	1200	2500	0.693
WI 80	11 1/2"	3.9	547	6130	6559	1420	1280	2760	0.515
	14"	4.2	802	7525	8052	1710	1280	3020	0.607
	16"	4.5	1092	8845	9464	1970	1280	3020	0.693

**NOTES:**

- Weight of joists for dead load calculations. For shipping weights contact Georgia-Pacific.
- For a single joist.
- For use when a minimum of 3 joists are spaced 24" o.c. or less.
- Allowable end reaction is based on a minimum bearing length of 1 1/2" without bearing stiffeners. For a bearing length of 4", the allowable end reaction may be set equal to the tabulated shear value. Interpolation of the end reaction between 1 1/2" and 4" bearing is permitted. For end reactions values over 1,550 lbs, bearing stiffeners are required.
- Allowable intermediate reaction is based on a minimum bearing length of 3 1/2".
- Allowable moment, shear, and reaction values are for normal duration loading and may be increased for other load durations in accordance with code.

g. APPROXIMATE DEFLECTION\* (Inches) =  $\frac{22.5 \times W \times L^4}{EI} + \frac{W \times L^3}{C}$

W = Uniform Load (lbs/foot)  
L = Span (feet)  
EI = Stiffness Constant  
C = Shear Deflection Constant

\*Constants have been adjusted to maintain unit consistency.

### Wood I Beam Joist Cross Sections

**GPI Series**

GPI 20   GPI 40   GPI 65

**WI Series**

WI 40   WI 60   WI 80

All Wood I Beam joists have FiberStrong® web

**WOOD BEAM**  
WIDE MATTERS

14 Georgia-Pacific Corporation, November 2003

1. Introducción
2. Productos de madera sólida
3. Productos de madera encolada
4. Productos con uniones mecánicas
5. Productos de chapas de madera
6. Productos de partículas y fibras
7. Productos de virutas
8. Otros

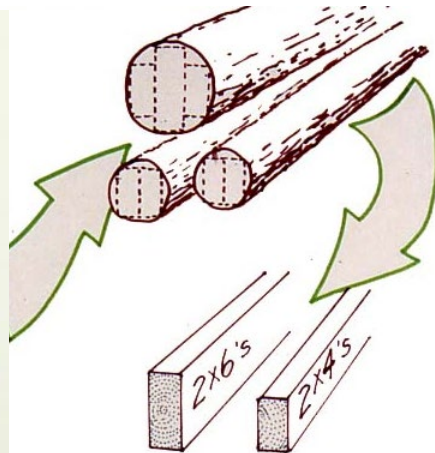
## 3.5. Productos de ingeniería de madera



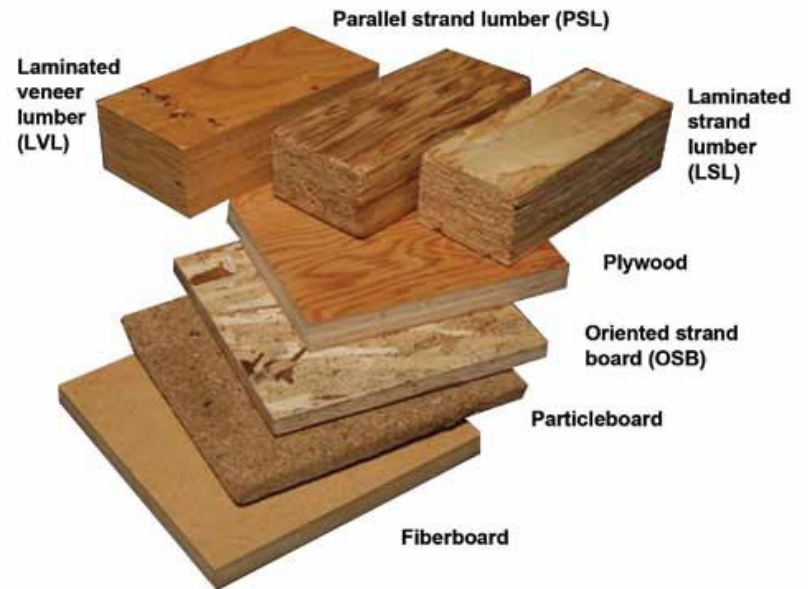


## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA SÓLIDA



### PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA



## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA SÓLIDA

#### ROLOS DE MADERA



### PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA



## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA SÓLIDA

ROLOS DE MADERA

MADERA CILINDRADA

### PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA



## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA SÓLIDA

ROLOS DE MADERA

MADERA CILINDRADA

MADERA ASERRADA



### PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA



ORT



**PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA**

```
graph TD; A[PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA] --> B[PRODUCTOS DE MADERA SÓLIDA]; A --> C[PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA];
```

**PRODUCTOS DE MADERA SÓLIDA**

**PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA**

1. Introducción
2. Productos de madera sólida
3. Productos de madera encolada
4. Productos con uniones mecánicas
5. Productos de chapas de madera
6. Productos de partículas y fibras
7. Productos de virutas
8. Otros

## 3.5. Productos de ingeniería de madera



## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

Obtenidos a partir de:

#### MADERA ASERRADA



Aquellos que están formados por la **unión, mediante encolado**, de piezas de madera aserrada. El encolado suele darse en dos planos de las piezas: en las testas, mediante una unión dentada (*finger joint*), y en las caras.

#### ADHESIVOS



### TIPOS DE ADHESIVOS ESTRUCTURALES (EN 14080)

FENÓLICOS Y AMINOPLÁSTICOS

ADHESIVOS MF, MUF, PRF, UF

POLIURETANO

POLIURETANO MONOCOMPONENTE DE CURADO EN HÚMEDO (PUR)

ISOCIANATO

ISOCIANATO Y POLÍMEROS EN EMULSIÓN (EPI)

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

## PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

MADERA ASERRADA

ADHESIVOS



COMPONENTE PARA FABRICACIÓN DE:

FINGER-  
JOINT

La madera maciza con empalmes por unión dentada (*finger joint*) en sus testas permite conseguir piezas de madera aserrada de **sección rectangular** de la **longitud deseada**, sin estar limitado por la altura del árbol o longitud de la troza. Se consideran piezas de madera aserrada y se clasifican estructuralmente como tal.



## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

MADERA ASERRADA

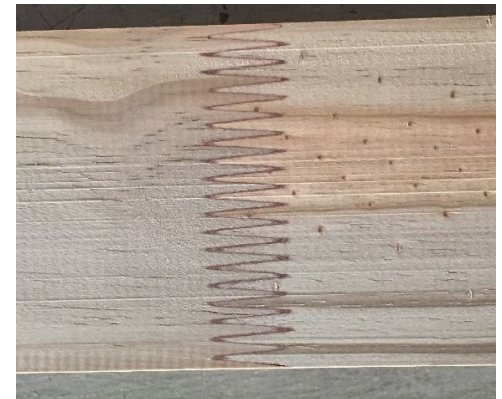
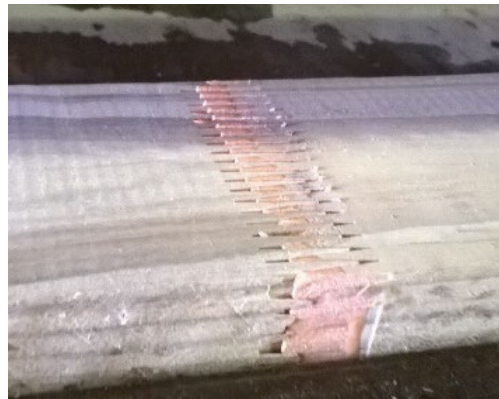
ADHESIVOS



COMPONENTE PARA FABRICACIÓN DE:



FINGER-  
JOINT



## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

MADERA ASERRADA

ADHESIVOS



COMPONENTE PARA FABRICACIÓN DE:



FINGER-  
JOINT



MME

La madera maciza encolada se conforma por 2 a 5 láminas de madera aserrada de entre 45 y 85 mm de espesor, con las fibras orientadas de forma paralela, y encoladas por las caras.

Cantos de hasta 250 mm aproximadamente y longitudes de hasta 13-16 m.

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

MADERA ASERRADA

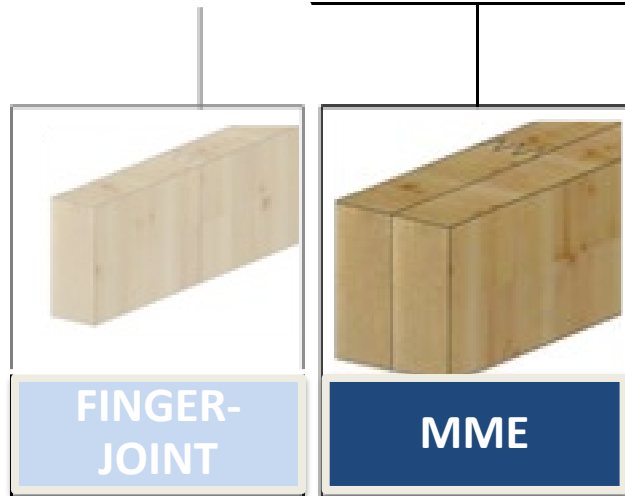
ADHESIVOS



Mayor estabilidad dimensional

Se clasifican estructuralmente como si de piezas de madera aserrada se tratase

COMPONENTE PARA FABRICACIÓN DE:



[www.schneider-holz.com](http://www.schneider-holz.com)

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

MADERA ASERRADA

ADHESIVOS



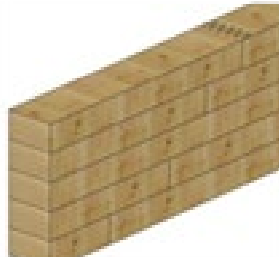
COMPONENTE PARA FABRICACIÓN DE:



FINGER-  
JOINT



MME



MLE



MADERA  
LAMINADA  
ENCOLADA



También conocida como *glulam* en inglés (*glued laminated timber*)  
Elemento estructural constituido por un mínimo de dos **láminas de madera aserrada** con la dirección paralela a la fibra y **encoladas entre sí** por la cara con adhesivos estructurales.

Las láminas se orientan horizontalmente, con espesores (t) entre 6 y 45 mm. Pueden estar unidas en las testas mediante *finger-joint* para conseguir la longitud deseada

#### **Secciones habituales:**

Anchura: 70-250 mm

Altura: hasta 2.00 m

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

MADERA ASERRADA

ADHESIVOS



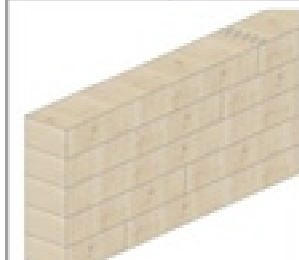
COMPONENTE PARA FABRICACIÓN DE:



FINGER-  
JOINT



MME



MLE



CLT (Cross-  
Laminated Timber)

MADERA CONTRALAMINADA



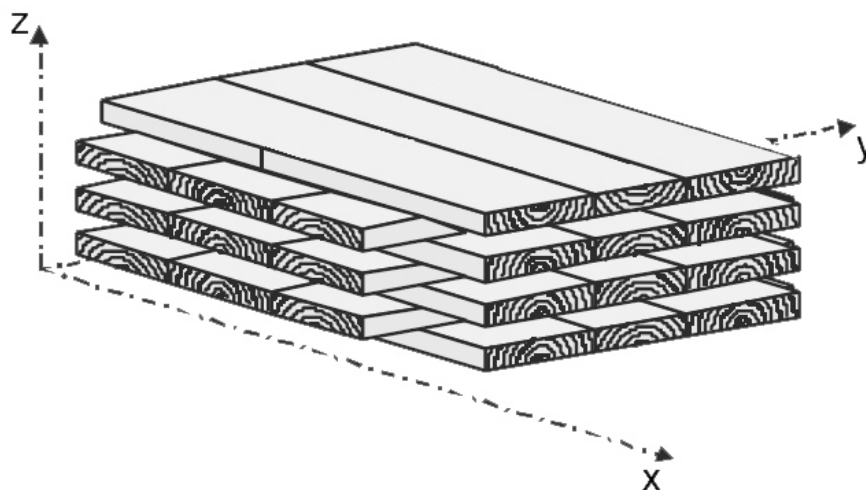
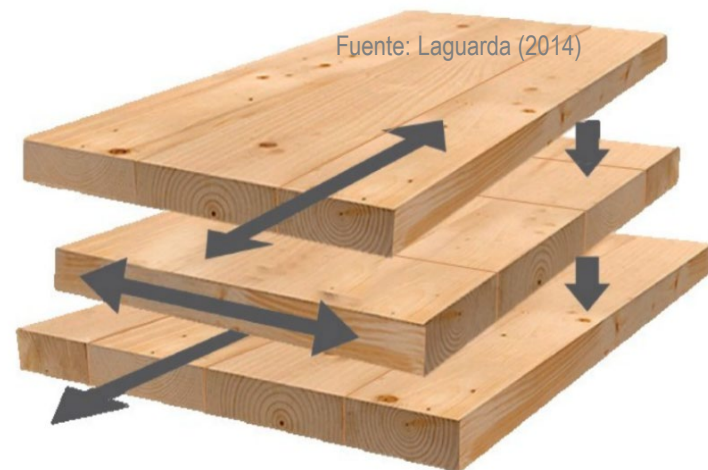
24.04.2018

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

Los paneles de madera contralaminada son conocidos internacionalmente como CLT (*Cross Laminated Timber*) o como CrossLam.

Consiste en capas sucesivas —de madera aserrada (de espesor menor a 40 mm)— encoladas entre sí. Cada capa —integrada por varias tablas unidas según su canto— se dispone y encola perpendicularmente a la adyacente, formando así paneles estructurales de grandes dimensiones



MADERA CONTRALAMINADA



24.04.2015

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

La mayoría de los paneles son **simétricos** respecto la capa central y están formados por 3, 5 ó 7 capas, aunque pueden ser más. Los espesores de panel varían en función del espesor de la tabla y de la cantidad de capas; habitualmente varían entre **51 y 400 mm**. El ancho y el largo del panel se define en función de cada proyecto y depende de la capacidad de prensado de la industria que lo fabrica; las dimensiones máximas actuales son **3.5 x 18 m<sup>2</sup>**.



MADERA CONTRALAMINADA





## CLT COMERCIAL: ENTREPISOS

predimensionamiento  
de panelesEGO-CLT  
2 apoyosEGO-CLT MIX  
2 apoyos  
(Montantes a 625)

h [mm]	luz máxima A [m]										
$q_{d1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
$q_d$ [daN/m <sup>2</sup> ]	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
60	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7
73	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0
81	3,9	3,5	3,3	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3
99	4,7	4,3	3,9	3,7	3,5	3,4	3,2	3,1	3,0	2,9	2,9
135	6,2	5,7	5,3	5,0	4,7	4,5	4,4	4,2	4,1	3,9	3,8
165	6,7	6,2	5,7	5,4	5,2	4,9	4,8	4,6	4,5	4,3	4,2
225	8,8	8,1	7,6	7,2	6,9	6,7	6,4	6,2	6,0	5,8	5,7
190	6,2	5,7	5,4	5,1	4,8	4,7	4,5	4,3	4,2	4,1	4,0
230	7,1	6,6	6,2	5,9	5,7	5,4	5,2	5,1	4,9	4,8	4,7
300	8,5	8,0	7,6	7,2	6,9	6,7	6,5	6,3	6,1	5,9	5,8
330	9,0	8,5	8,1	7,7	7,4	7,2	6,9	6,7	6,6	6,4	6,2

1kg = 1daN  
1kN = 100kg  
1MPa = 1N/mm<sup>2</sup>

Módulo de Young,  $E = 10.000 \text{ N/mm}^2$   
Límite elástico,  $f_{m,d} = 10 \text{ N/mm}^2$   
Densidad,  $\rho = 450 \text{ kg/m}^3$

\*carga por m<sup>2</sup> aplicada con un intereje de 625mm

\*\*efectos de fatiga no considerados

Nota: espesores especiales bajo consulta.



[futureofstructures.com](http://futureofstructures.com)

## CLT COMERCIAL: MUROS



**EGO-CLT 160**

sección 1	d (mm)	ρ (kg/m³)	λ (W/mK)	μ (-)	R
EXTERIOR	160	450	0,130	50	0,040
EGO-CLT	-	-	-	-	1,231
INTERIOR	-	-	-	-	0,130
Σ	160				R <sub>T,1</sub> 1,401 KW

peso por m² 72,0 kg  
transmitancia térmica U = **0,71** W/(m²K)



**EGO-CLT 280**

sección 1	d (mm)	ρ (kg/m³)	λ (W/mK)	μ (-)	R
EXTERIOR	280	450	0,130	50	0,040
EGO-CLT	-	-	-	-	2,154
INTERIOR	-	-	-	-	0,130
Σ	280				R <sub>T,1</sub> 2,324 KW

peso por m² 126,0 kg  
transmitancia térmica U = **0,43** W/(m²K)



**EGO-CLT 200**

sección 1	d (mm)	ρ (kg/m³)	λ (W/mK)	μ (-)	R
EXTERIOR	200	450	0,130	50	0,040
EGO-CLT	-	-	-	-	1,538
INTERIOR	-	-	-	-	0,130
Σ	200				R <sub>T,1</sub> 1,708 KW

peso por m² 90,0 kg  
transmitancia térmica U = **0,59** W/(m²K)



**EGO-CLT 240**

sección 1	d (mm)	ρ (kg/m³)	λ (W/mK)	μ (-)	R
EXTERIOR	240	450	0,130	50	0,040
EGO-CLT	-	-	-	-	1,846
INTERIOR	-	-	-	-	0,130
Σ	240				R <sub>T,1</sub> 2,016 KW

peso por m² 108,0 kg  
transmitancia térmica U = **0,50** W/(m²K)



base de cálculo: UNE EN ISO 6945:1997  
características de material: ficha técnica de nuestros proveedores  
UNE EN 4136-4 y UNE EN 12524

base de cálculo: UNE EN ISO 6945:1997  
características de material: ficha técnica de nuestros proveedores  
UNE EN 4136-4 y UNE EN 12524



# CLT PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELES COMERCIALES (CROSSLAM-Brasil)



1. SELECCIÓN DE LA MADERA

2. SECADO

*Pinus taeda (Eucalyptus grandis)*



3. CLASIFICACIÓN VISUAL



4. FINGER-JOINT



5. ARMADO DE LOS PANELES



6. ENCOLADO Y PRENSADO



7. CORTE CONTROL NUMÉRICO

Cada panel es **diseñado** especialmente para cada **proyecto**. Su prefabricación incluye los huecos, realizados mediante sistemas computarizados de control numérico, para aberturas, instalaciones, conectores y ductos.



Moya L. 2014

# CLT REQUISITOS DE FABRICACIÓN

## 1. CONDICIONES DE PRODUCCIÓN

ZONA FABRICACIÓN: Tª LOCAL  $\geq 15^{\circ}\text{C}$  Y H.R. AIRE: 40-75%

ZONA DE CURADO DEL ADHESIVO EN EL PANEL: H.R. AIRE  $\geq 30\%$

ZONA ALMACENAMIENTO

norma  
española

UNE-EN 16351

Febrero 2016

**TÍTULO**

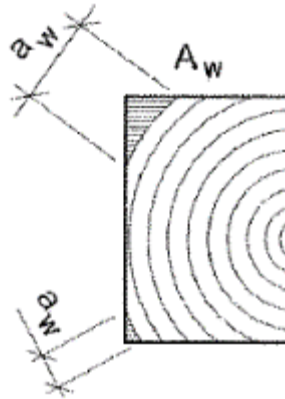
Estructuras de madera

Madera contralaminada

Requisitos

## 2. RECLASIFICACIÓN DE LAS TABLAS

### CLASIFICACIÓN VISUAL O MECÁNICA



#### Leyenda

$a_w$  Diagonal máxima de la gema

$A_w$  Área de la gema

**Figura I.1 – Sección transversal de madera con gema**

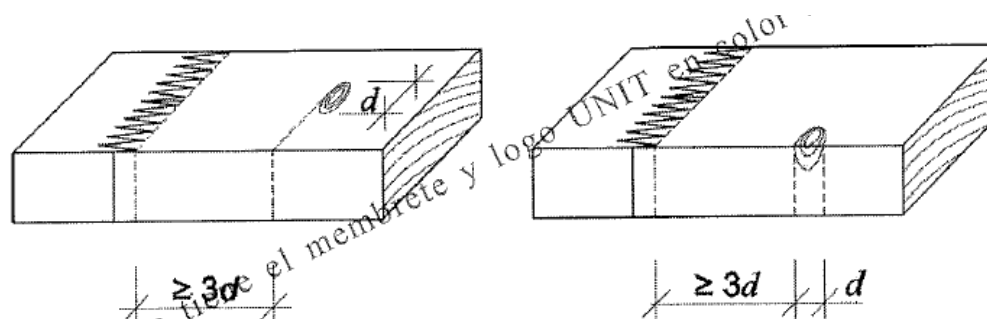


## 3. FINGER JOINT ENTRE LÁMINAS

Tabla I.1 – Geometrías recomendadas del diente

Longitud del diente $l_j$ (mm)	Paso $p$ (mm)	Anchura del diente $b_{\text{corte}}$ (mm)	Factor de reducción $\nu$
15	3,8	0,42	0,11
20	3,8	0,6	0,16
20	5,0	0,5	0,10
30	6,2	1,0	0,16

## 4. NUDOS Y DESVIACIÓN LOCAL DE LA FIBRA



Leyenda

 $d$  Diámetro del nudo $l_j$  Longitud del diente

Figura I.3 – Distancia mínima entre la base del empalme por unión dentada y un nudo

5. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA EN EL ENCOLADO: 6-15%

6. SUPERFICIE DE ENCOLADO Y APLICACIÓN DEL ADHESIVO



MANUAL



AUTOMATIZADA

7. INTERVALO ENTRE ENTRE MECANIZACIÓN *FINGER JOINT* Y ENCOLADO:  $\leq 6h$

8. CONDICIONES DE PRESIÓN Y CURADO DEL *FINGER JOINT*

9. CONDICIONES DE ENCOLADO, PRESIÓN Y CURADO DE LAS CAPAS

OOPEA's Wooden Puukuokka Housing Block of Jyväskylä, Finland, Photo Source Archdaily



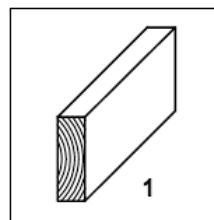


# PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

## PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

MADERA ASERRADA

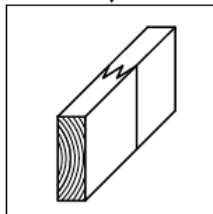
ADHESIVOS



EN 14081

2

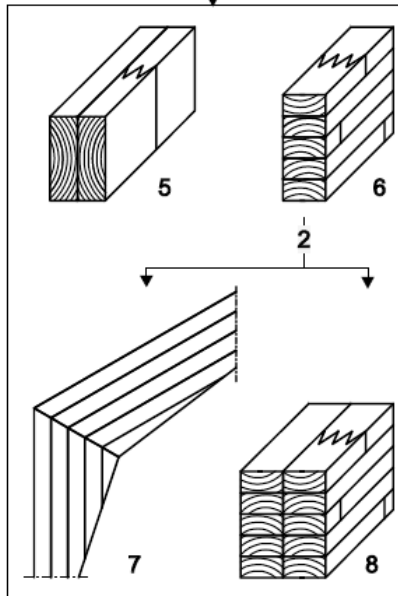
3



EN 15497

Madera maciza con empalmes por unión dentada

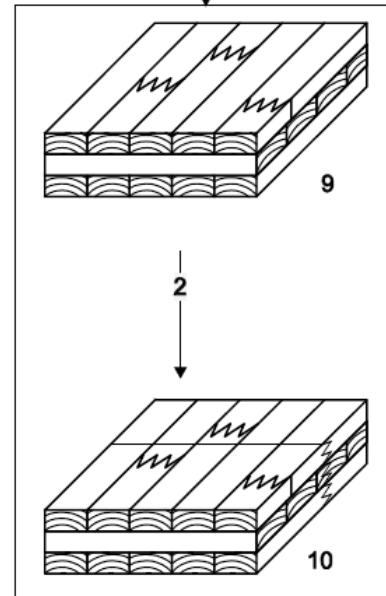
4



EN 14080

Madera laminada encolada

2



EN 16351

Madera contralaminda

2

1. Introducción
2. Productos de madera sólida
3. Productos de madera encolada
4. Productos con uniones mecánicas
5. Productos de chapas de madera
6. Productos de partículas y fibras
7. Productos de virutas
8. Otros

## 3.5. Productos de ingeniería de madera



## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

## PRODUCTOS CON UNIONES MECÁNICAS

## MADERA ASERRADA



## UNIONES MECÁNICAS



Se consideran productos de madera con uniones mecánicas aquellos que están formados por la **unión**, mediante **conectores**, de piezas de madera aserrada. Estos productos, junto con los paneles CLT y las piezas de MLE, se clasifican como “*Mass Timber*”.

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

## PRODUCTOS CON UNIONES MECÁNICAS

MADERA ASERRADA

UNIONES MECÁNICAS



Brettstapel

Fue inventado por el Ing. Julius Natterer en la década del 70 en Suiza, utilizando madera de picea y de abeto con bajas propiedades mecánicas.

Se conforman paneles a partir de **piezas de madera aserrada** colocadas de canto conectadas por las caras mediante **fijación mecánica**. Los fabricantes pueden producir paneles de hasta **12-15 m** de longitud, siendo las longitudes más comunes de 6-7 m y con espesores de hasta **240 mm** aproximadamente.



## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS CON UNIONES MECÁNICAS

MADERA ASERRADA

UNIONES MECÁNICAS



Brettstapel

*Dowel Brettstapel o Dowel Laminated Timber (DLT)*



Utiliza **conectores** de madera de frondosa/latifoliada (principalmente **haya**) como pasadores insertos perpendicularmente a las tablas de madera. Para ello se realiza un pre-taladro en las tablas, con un contenido de humedad entre el 12 y el 15%, y se introducen los pasadores a un contenido de humedad del 8% aproximadamente. El panel queda unido sólidamente cuando la madera hincha hasta alcanzar la humedad de equilibrio con el ambiente.

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS CON UNIONES MECÁNICAS

MADERA ASERRADA

UNIONES MECÁNICAS



Brettstapel

*Nailed Brettstapel o Nail Laminated Timber (NLT)*



La fijación entre tablas se realiza a través de clavos

1. Introducción
2. Productos de madera sólida
3. Productos de madera encolada
4. Productos con uniones mecánicas
5. Productos de chapas de madera
6. Productos de partículas y fibras
7. Productos de virutas
8. Otros

## 3.5. Productos de ingeniería de madera



## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

Obtenidos a partir de:

MADERA ASERRADA



CHAPAS DE MADERA

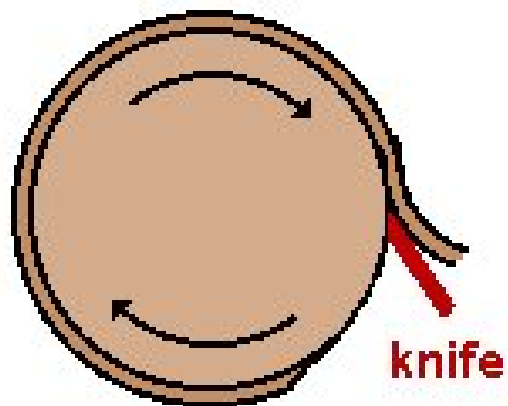
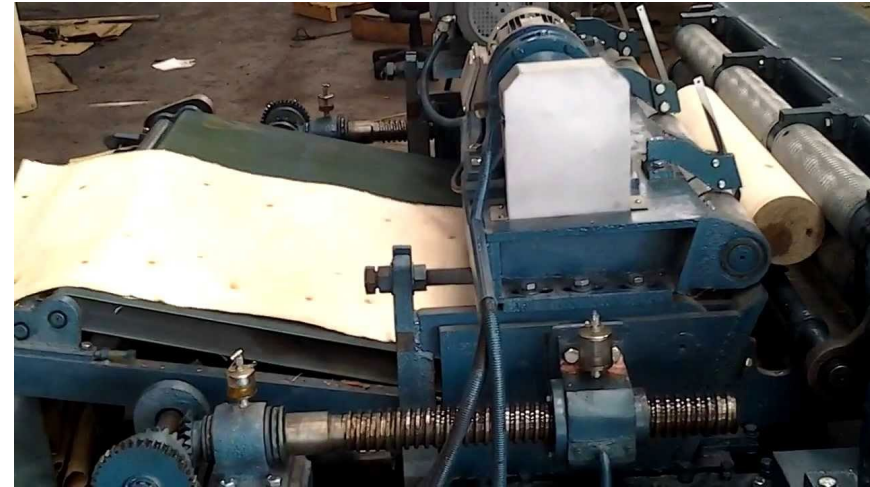


**CHAPAS O LÁMINAS DE MADERA**

Obtenidas mediante “**debobinado**” de la troza

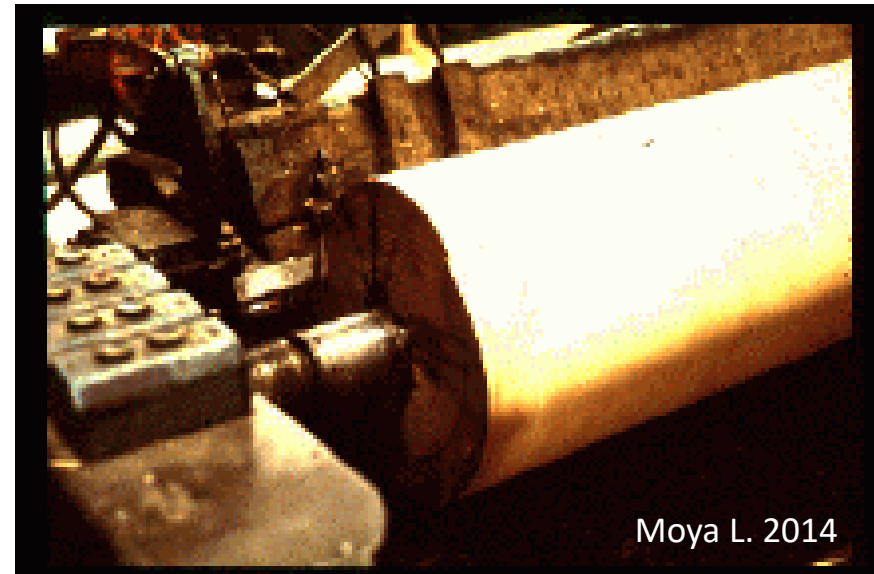
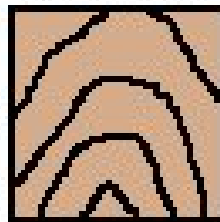
Permite crear una superficie tangencial continua.

Las chapas son obtenidas a partir del debobinado de trozas y se secan y clasifican estructuralmente previo a la fabricación del producto final.



**knife**

**rotary  
grain  
pattern**

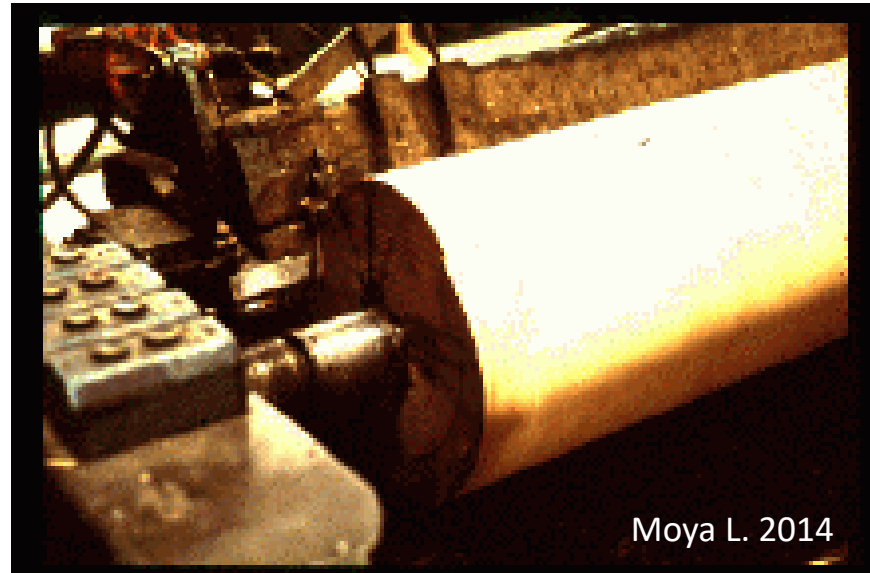
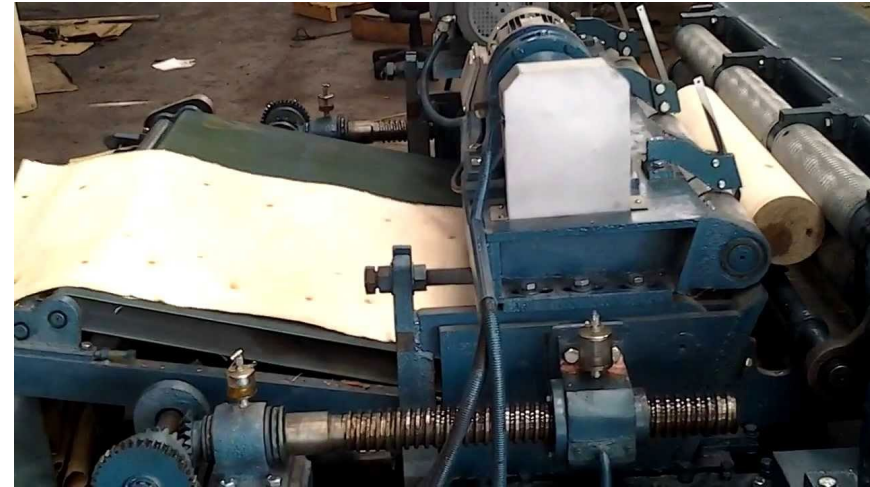
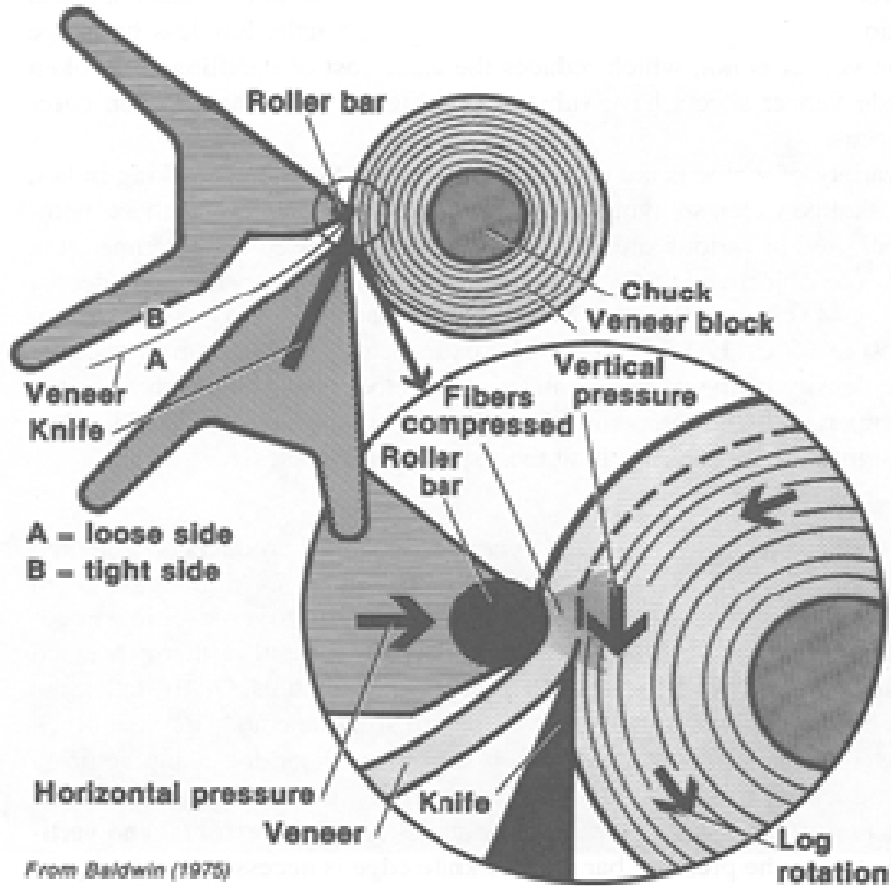


Moya L. 2014

## CHAPAS O LÁMINAS DE MADERA

Obtenidas mediante “**debobinado**” de la troza

Permite crear una superficie tangencial continua.

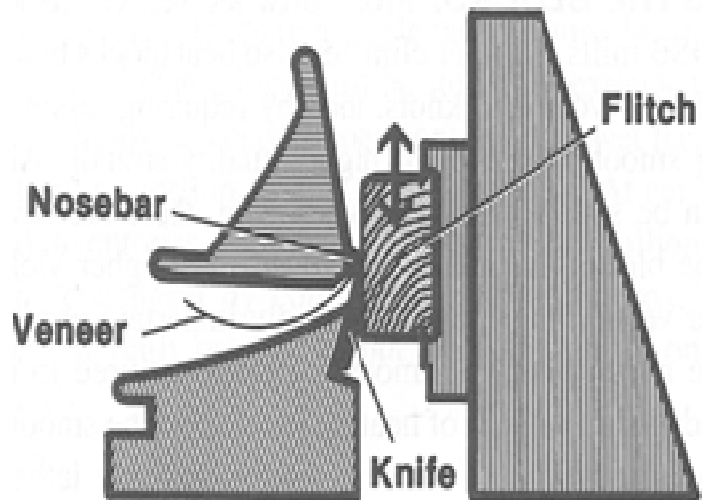


Moya L. 2014

**CHAPAS O LÁMINAS DE MADERA**

Obtenidas mediante “**rebanadas**” de la troza

Permite obtener superficies paralelas a la dirección radial u otras direcciones.



Moya L. 2014

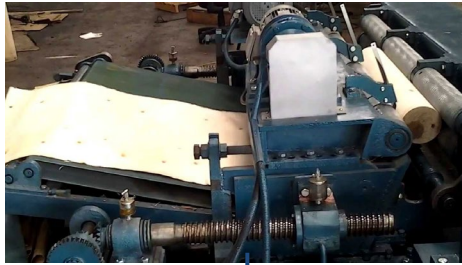
## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

Obtenidos a partir de:

MADERA ASERRADA

CHAPAS DE MADERA



**Dimensiones:**

Superficie: 1,22 x 2,44 m<sup>2</sup>

Espesores: entre 3 y 36 mm

Son productos fabricados a partir del **encolado** de **chapas** de **debobinado** de fustes de madera, pero que, en este caso, se encolan de modo que la **orientación** de la fibra de cada chapa con respecto a la contigua sea de forma **ortogonal**.

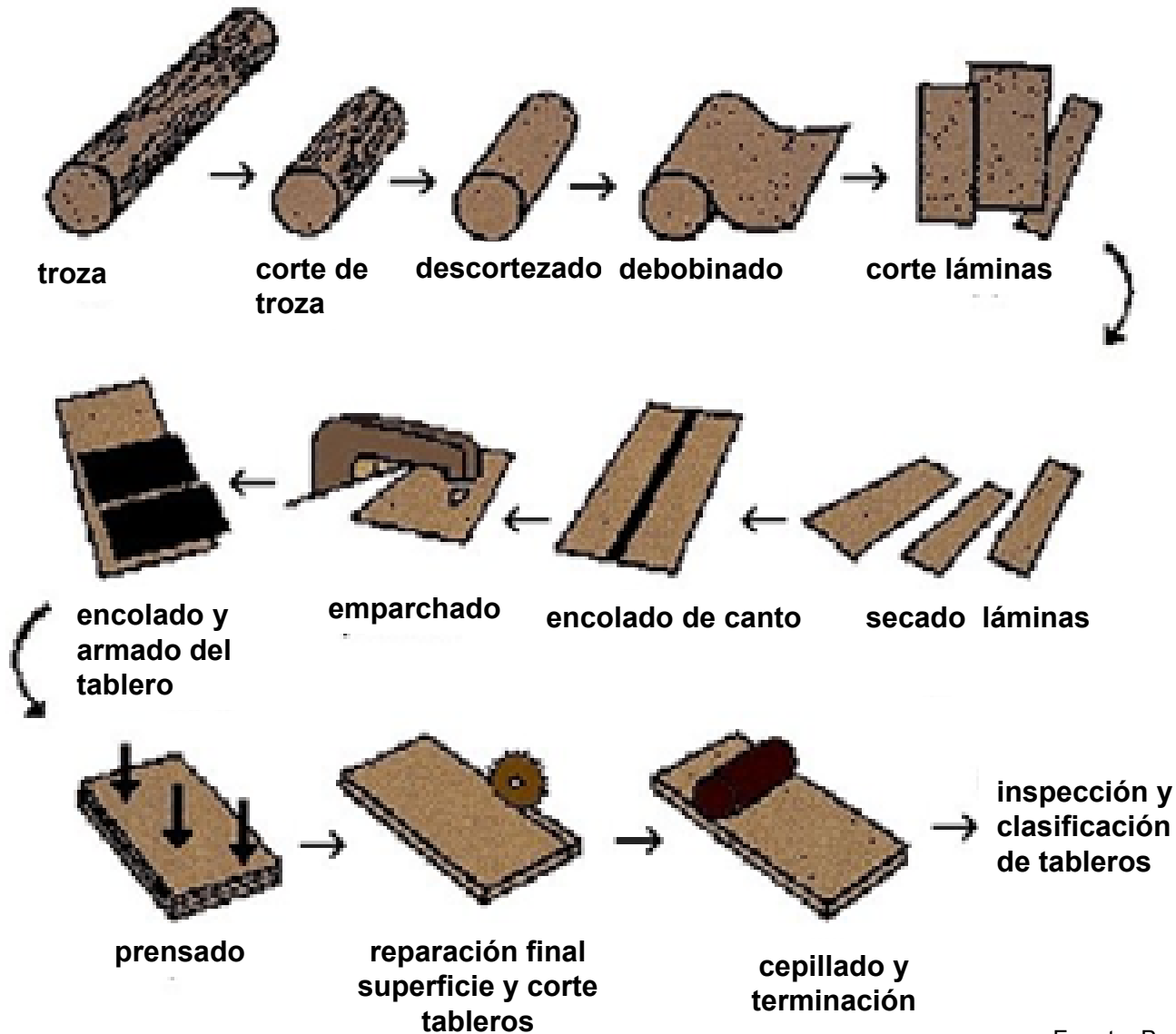


**PLYWOOD** (contrachapado)



## Esquema del proceso de fabricación

## PLYWOOD (contrachapado)



Fuente: Bowyer et al. 2002-Wood and wood products

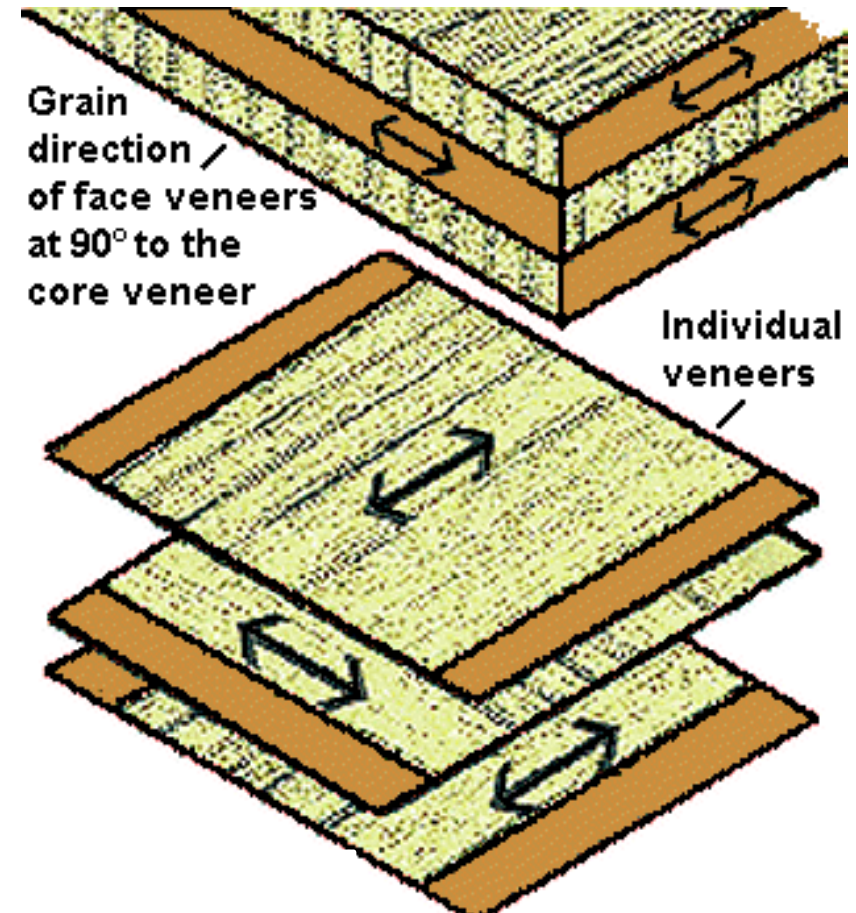
**ORIENTACIÓN DE LAS LÁMINAS**

Las láminas exteriores tienen su grano orientado paralelo a la dimensión mayor (lado largo) del panel

**SECADO DE LAS LÁMINAS**

Las láminas cortadas se secan hasta CH= 3-6%

El secado se realiza a 205° C durante 8-10 min

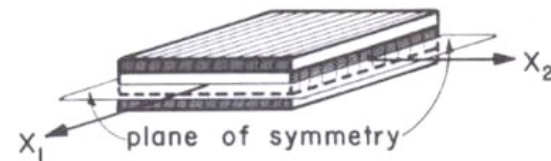
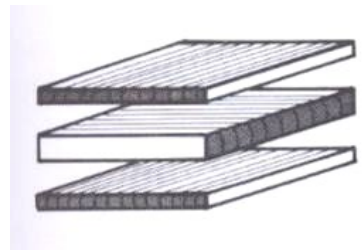
**PLYWOOD (contrachapado)**

## ARMADO DEL TABLERO

## PLYWOOD (contrachapado)

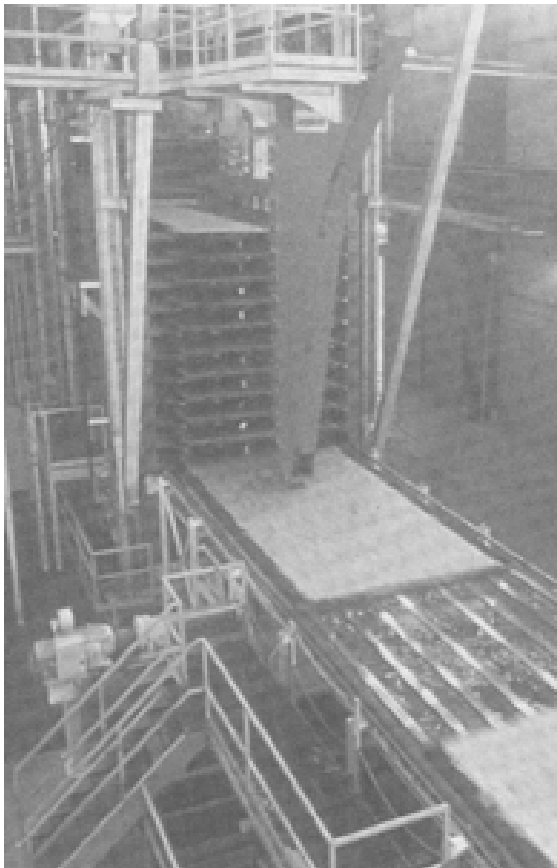
Construcción simétrica con respecto al plano central horizontal del tablero

- Capas opuestas de igual densidad
- Capas opuestas de igual espesor
- Capas opuestas con igual CH



**PRENSADO EN FRÍO****PLYWOOD (contrachapado)**

Temperatura ambiente: para reducir la incidencia de movimiento de las láminas al ser colocadas en la prensa caliente.

**PRENSADO EN CALIENTE**

Presión aplicada: 4,8- 6 MPa

Tiempo de prensado: 3-6 min dependiendo del espesor del tablero y la densidad de las especies

Tiempo de almacenado: 24 h (para completar el curado).

Adhesivo termoestable: PF, isocianatos, etc.

## Species

EUCALYPTUS

PINE

## Quality

CDX

CCX-PTS

BCX

TRP

**Eucalyptus TRP**

Offered in 12mm, 15mm, 18mm

**Eucalyptus CCX-PTS**

Offered in 12mm, 15mm, 18mm

**Eucalyptus CDX**

Offered in 12mm, 15mm, 18mm

**Pine BCX**

Offered in 12mm, 15mm, 18mm

**Pine CCX-PTS**

Offered in 12mm, 15mm, 18mm

**Pine CDX**

Offered in 12mm, 15mm, 18mm

**PLYWOOD LUMIN URUGUAY**

Dimensiones: 1,22 m x 2,44 m; e= 9, 12,15,18 mm

Madera: *P. elliotii*, *P. taeda*, *E. grandis*

Fenol formaldehído

**PLYWOOD LUMIN URUGUAY: PROPIEDADES MECÁNICAS**

Harmonised technical specification: EN 13986:2004+A1:2015

Essential Characteristics			Performance for indicated Panel Thickness (mm)					
			9	12	15	18	21	22
<b>Panel Layup</b> <sup>1)</sup>				PPPP PEEP	PPPPP PEPEP PEEEP	PPPPP PPEPP PEPEP PEEEP		
<b>Characteristic Strength</b> <sup>2) 3)</sup>								
Bending – parallel	$f_{m,0,k}$	(N/mm <sup>2</sup> )		15.0	15.0	15.0		
Bending – perpendicular	$f_{m,90,k}$	(N/mm <sup>2</sup> )		10.0	10.0	10.0		
Compression	$f_{c,0,k}$	(N/mm <sup>2</sup> )		NPD	NPD	NPD		
Tension	$f_{t,0,k}$	(N/mm <sup>2</sup> )		NPD	NPD	NPD		
Panel Shear	$f_{v,k}$	(N/mm <sup>2</sup> )		3.0	3.0	3.0		
Planar Shear	$f_{r,k}$	(N/mm <sup>2</sup> )		0.5	0.5	0.5		
<b>Mean Stiffness (MOE)</b> <sup>4)</sup>								
Bending – parallel	$E_{m,0}$	(N/mm <sup>2</sup> )		2500	2500	2500		
Bending – perpendicular	$E_{m,90}$	(N/mm <sup>2</sup> )		1000	1000	1000		
Compression	$E_{c,0}$	(N/mm <sup>2</sup> )		NPD	NPD	NPD		
Tension	$E_{t,0}$	(N/mm <sup>2</sup> )		NPD	NPD	NPD		
Panel Shear	$G_v$	(N/mm <sup>2</sup> )		300	300	300		
Planar Shear	$G_r$	(N/mm <sup>2</sup> )		20	20	20		
<b>Density</b>								
Characteristic Density	$\rho_k$	(kg/m <sup>3</sup> )		410	410	410		
Mean Density	$\rho_{mean}$	(kg/m <sup>3</sup> )		450	450	450		



**CERTIFICATE OF CONFORMITY OF THE FACTORY PRODUCTION CONTROL**

Notified Body No. 1234  
 In compliance with Regulation 305/2011/EU of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 (the Construction Products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction product  
**Phenol Formaldehyde bonded hardwood/softwood plywood intended for use as Structural components in External, Internal Humid and Internal Dry conditions. The product complies with EN 636 and Formaldehyde Class E1.**  
 produced by  
 Uruply S.A  
 Uruply S.A  
 Ruta 5, Km 400, 5  
 Tacuarembó  
 45000 - Uruguay  
 and produced in the manufacturing plant  
 Uruply S.A  
 Uruply S.A, Ruta 5, Km 400, 5, Tacuarembó, 45000 - Uruguay.  
 This certificate attests that all provisions concerning the assessment and verification of constancy of performance described in Annex ZA of the standard(s)  
 BS EN 13986:2004 + A1:2015 Wood Based Panels

<https://www.lumin.com/wp-content/uploads/2017/07/EUROPE-DoP-Performance-PINE-English.pdf>

## PLYWOOD LUMIN URUGUAY: PREDIMENSIONADO

Declared Performance (cont'd)

Harmonised technical specification: EN 13986:2004+A1:2015

Essential Characteristics	Performance for indicated Panel Thickness (mm)					
	9	12	15	18	21	22
<b>Panel Layup</b> <sup>1)</sup>		PPPP PEEP	PPPPP PEPEP PEEEP	PPPPP PPEPP PEPEP PEEEP		
<b>Reaction to fire class for Flooring</b>						
<b>Roofing – Cat. of Use H – spacing :</b>		<b>610mm</b>	<b>815mm</b>	<b>1220mm</b>		
Characteristic Point Load $F_{max,k}$ (kN)		2.59	3.36	4.58		
Mean Stiffness $R_{mean}$ (kN)		107	109	77		
Serviceability Point Load $F_{ser,k}$ (kN)		1.81	2.35	3.20		
Soft Body Impact Resistance Class		II	II	II		
<b>Flooring – Cat. of Use A – spacing :</b>				<b>500mm</b>		
Characteristic Point Load $F_{max,k}$ (kN)		NPD	NPD	4.32		
Mean Stiffness $R_{mean}$ (kN)		NPD	NPD	328		
Serviceability Point Load $F_{ser,k}$ (kN)		NPD	NPD	3.02		
Soft Body Impact Resistance Class		NPD	NPD	I		
<b>Racking Resistance for Walls</b>		NPD	NPD	NPD		
<b>Soft Body Impact Resistance Class for Walls</b>		NPD	NPD	NPD		

1) P = Pine ; E = Eucalyptus

<https://www.lumin.com/wp-content/uploads/2017/07/EUROPE-DoP-Performance-PINE-English.pdf>

**NOTE: Panels used for Flooring or Roofing application shall have their short edge supported by the joists and their long edge either tongued & grooved or entirely supported by and fixed to a noggling or batten.**

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

Obtenidos a partir de:

MADERA ASERRADA

CHAPAS DE MADERA



**LVL (*Laminated Veneer Lumber*)**



**LVL (microlaminada)**

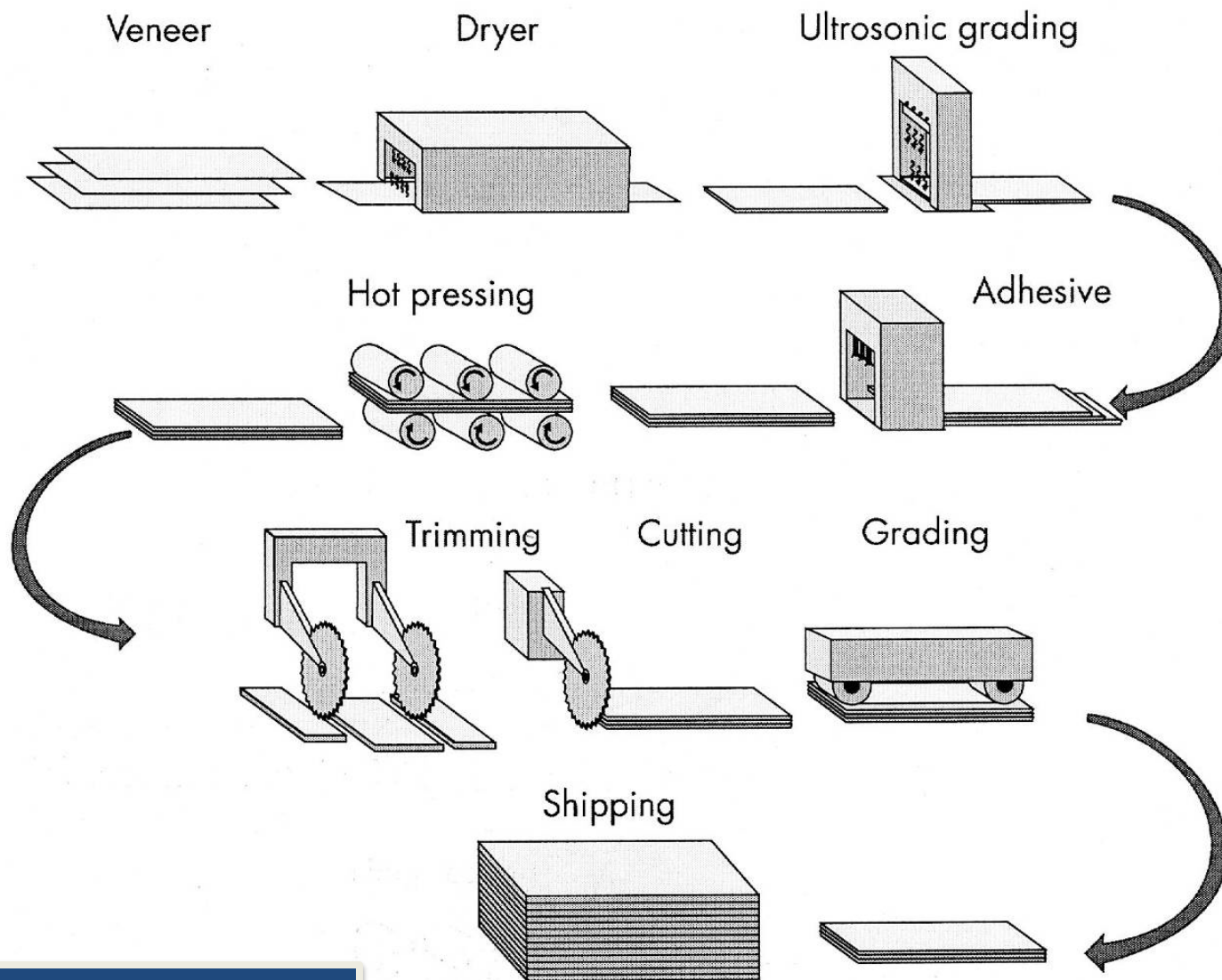
Producto fabricado a partir del encolado y prensado de **chapas** de madera, de 3 mm de espesor aproximadamente, orientadas de forma **paralela**.

Los elementos que se pueden obtener son vigas, paneles y *studs* o pies derechos.

Los espesores habituales de las vigas varían entre 27 y 90 mm y el canto entre 200 y 600 mm.



## Esquema del proceso de fabricación (clasificación de láminas por ultrasonido)



**LVL (microlaminada)**

Fuente: APA Wood Engineering Handbook

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA



LVL (microlaminada)

<http://www.kuriositas.com>

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

MADERA ASERRADA

CHAPAS DE MADERA



LVL (microlaminada)

1. Introducción
2. Productos de madera sólida
3. Productos de madera encolada
4. Productos con uniones mecánicas
5. Productos de chapas de madera
6. Productos de partículas y fibras
7. Productos de virutas
8. Otros

## 3.5. Productos de ingeniería de madera



## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

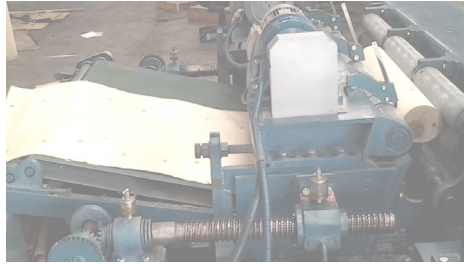
### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

Obtenidos a partir de:

MADERA ASERRADA



CHAPAS DE MADERA



FIBRAS Y PARTÍCULAS



focolsa.co

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

Obtenidos a partir de:

MADERA ASERRADA

CHAPAS DE MADERA

FIBRAS

Fabricados a partir de fibras de madera, mediante un proceso mecánico de desfibrado.



**MDF** (tablero de fibras de densidad media)

600 Kg/m<sup>3</sup>

*Medium Density Fibreboard*



Los MDF son fabricados a partir de la unión de las **fibras** mediante **adhesivos** y un proceso de **prensado en caliente**. Sus aplicaciones están asociadas a la carpintería y mobiliario principalmente.

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

Obtenidos a partir de:

MADERA ASERRADA

CHAPAS DE MADERA

FIBRAS

Fabricados a partir de fibras de madera, mediante un proceso mecánico de desfibrado.



800 Kg/m<sup>3</sup>

**HDF** (tablero de fibras de densidad alta)

*High Density Fibreboard*

Los HDF se caracterizan por **no usar adhesivos** en su proceso de fabricación, sino que las fibras se entrelazan a través de sus propiedades termoplásticas mediante el **prensado**. Las aplicaciones son más diversas: mobiliario, industria del automóvil, juguete o calzado, aislamiento, etc.

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

Obtenidos a partir de:

MADERA ASERRADA

CHAPAS DE MADERA

PARTÍCULAS

Formados por varias capas de partículas de madera de unos pocos mm de espesor y longitudes de hasta 30 mm, secas y posteriormente encoladas y prensadas.



Los espesores habituales varían entre 3 y 50 mm. El uso de prensas continuas permite obtener cualquier longitud, quedando limitada la anchura a la de la prensa. La densidad habitual ronda los 650 Kg/m<sup>3</sup>.

Los tableros de partículas se clasifican en 7 tipos, los P1, P2 y P3 son no estructurales, y entre P4 y P7 son estructurales, con diferentes usos en función de la humedad ambiente.



[periodicohora25forestal.blogspot.com.uy](http://periodicohora25forestal.blogspot.com.uy)

**TABLERO DE PARTÍCULAS**



1. Introducción
2. Productos de madera sólida
3. Productos de madera encolada
4. Productos con uniones mecánicas
5. Productos de chapas de madera
6. Productos de partículas y fibras
7. Productos de virutas
8. Otros

## 3.5. Productos de ingeniería de madera



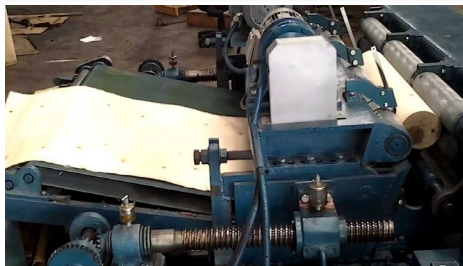
## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

#### MADERA ASERRADA



#### CHAPAS DE MADERA



#### FIBRAS Y PARTÍCULAS



#### VIRUTAS



[www.siempelkamp-usa.com](http://www.siempelkamp-usa.com)

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

Obtenidos a partir de:

MADERA ASERRADA

CHAPAS DE MADERA

FIBRAS Y PARTÍCULAS

VIRUTAS



[www.sodimac.cl](http://www.sodimac.cl)



**OSB**  
(oriented strand lumber)

Formados por varias capas de **virutas** de madera, **orientadas** de tal modo que, en cada capa, las virutas estén orientadas de forma **ortogonal** a la siguiente capa.

Las virutas se encolan con **adhesivos** y se **presan en caliente** para conformar el tablero.

Las dimensiones habituales son 1,22 x 2,44 m<sup>2</sup>

Su densidad varía con la especie de madera utilizada, pero suele rondar los 650 Kg/m<sup>3</sup>.

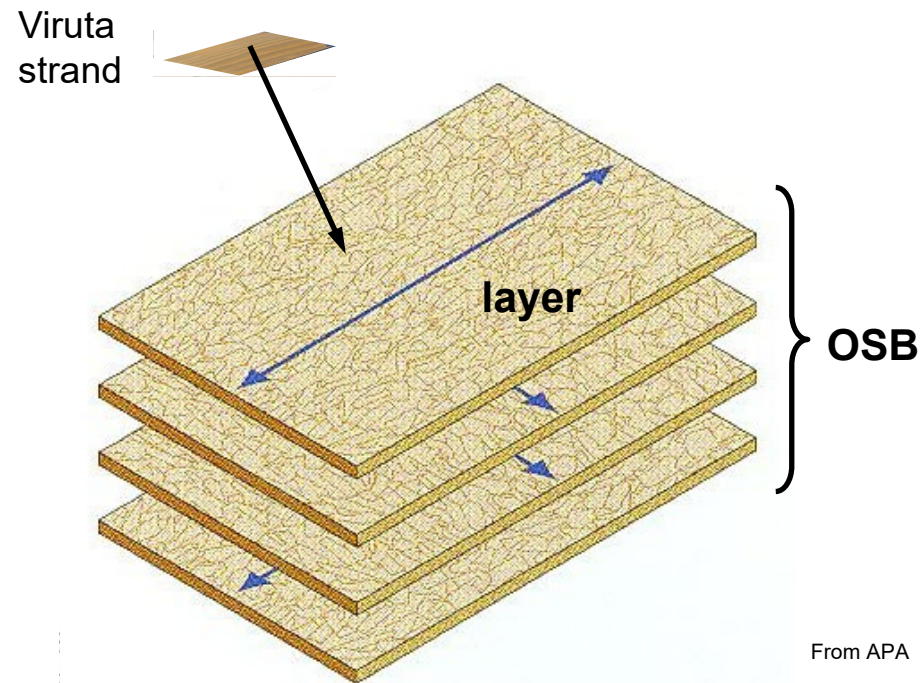
Número impar de capas. Cada capa está compuesta virutas de 12mm x 120mm x 0,5 mm

Construcción simétrica con respecto al plano central horizontal del tablero

Resistencia y rigidez similar a las del contrachapado

Ausencia de nudos o huecos

Existen cuatro tipos de tableros OSB, siendo los comprendidos entre los tipos 2 y 4 los considerados estructurales y variando su aptitud en función del contenido de humedad ambiental donde se coloquen. Los usos más comunes son como cerramientos de paredes y cubiertas.



Madera: especies de baja densidad (Álamos)

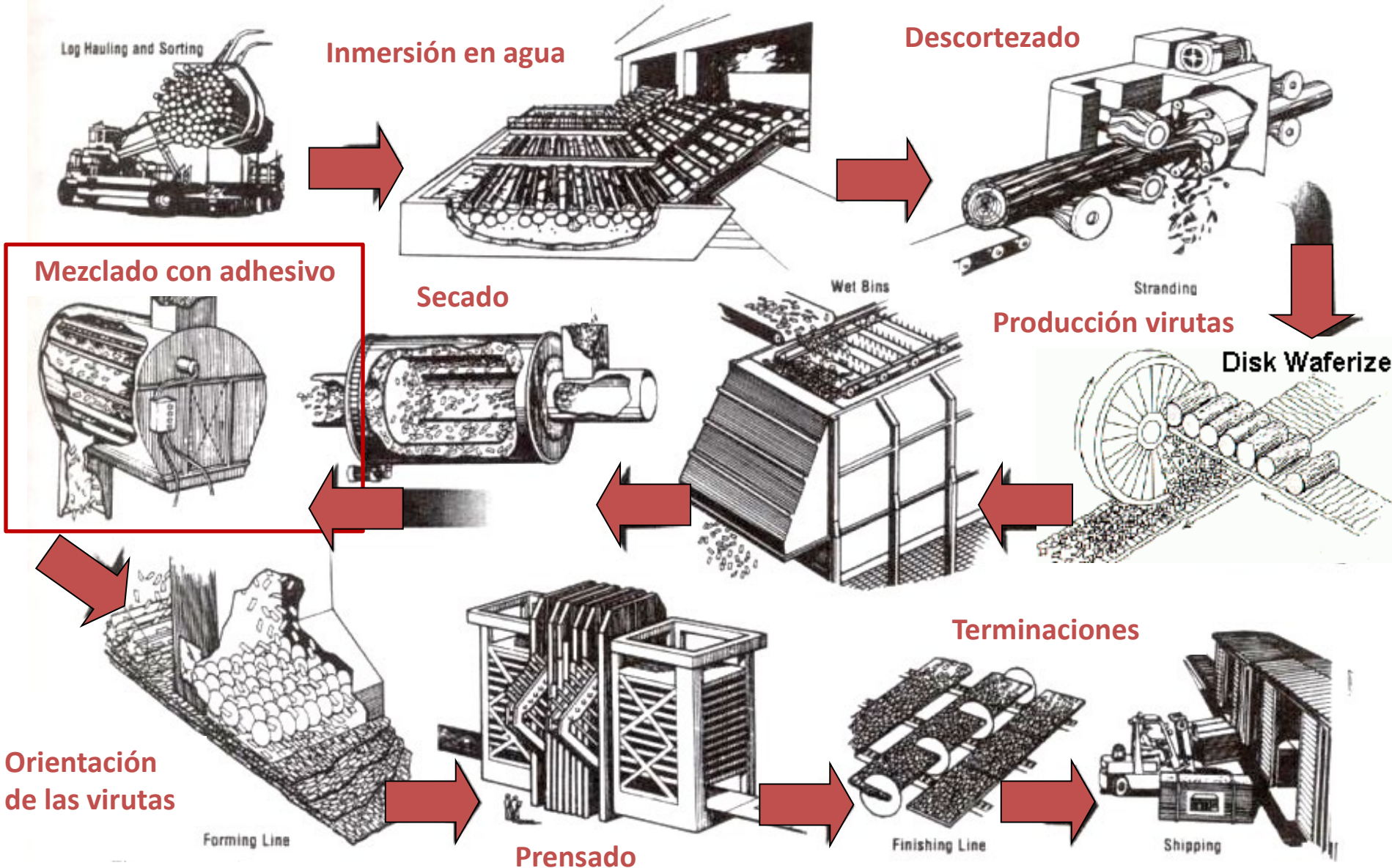
Adhesivos: principalmente fenol formaldehído

Dimensiones: 1,22 m x 2,44 m; e= 9, 12,15,18 mm

**OSB**  
(oriented strand lumber)

From APA

# Esquema del proceso de fabricación



USDA, 1999. "Wood Handbook -Wood as an Engineering Material". Forest Product Laboratory, Madison,WI

## Mezclado de virutas y adhesivo



Adhesivos (PF o ISOCIANATOS)

Aditivos: Cera, que proporciona cierta repelencia al agua



## Orientación de las virutas



- Orientación mecánica
  - las virutas de las capas externas se orientan en dirección paralela (c/una tolerancia de  $15^\circ$ ) a la dirección de la cinta de producción, mediante series de discos giratorios.
  - las virutas de las capas internas se orientan en forma perpendicular a las externas
- Orientación electrostática
  - la orientación de las virutas se produce por la interacción entre campos eléctricos y la polaridad de las fibras de la madera

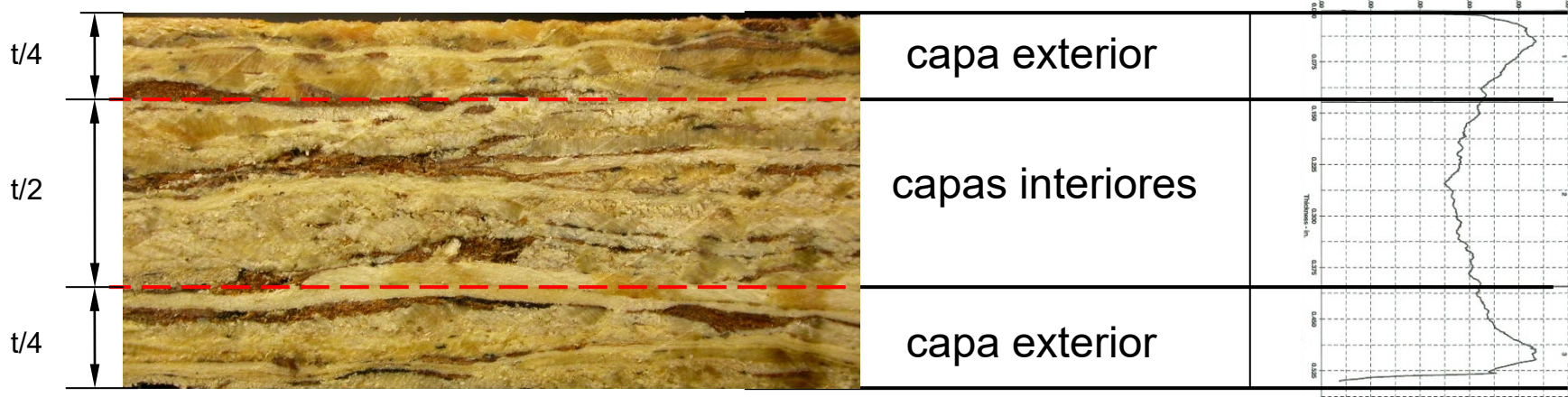
## Propiedades mecánicas en flexión- OSB

Propiedad	$E_{0,med}$ (MPa)	$E_{90,med}$ (MPa)	$f_{m,0,k}$ (MPa)	$f_{m,90,k}$ (MPa)
Grado O1 - O2	4500 - 5500	1300 - 1500	23,4- 29,0	9,6 – 12,4

## Densidad- OSB

- Densidad media del panel: 330-450 kg/m<sup>3</sup>.

Perfil vertical de densidad (VDP)



## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

### PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

Obtenidos a partir de:

MADERA ASERRADA

CHAPAS DE MADERA

FIBRAS Y PARTÍCULAS

VIRUTAS

Productos formados por **virutas** de madera, con una relación longitud-espesor de viruta de aproximadamente 300, **orientadas** de forma **paralela**, encoladas y prensadas, para formar vigas, postes y otros elementos estructurales.



[www.weyerhaeuser.com](http://www.weyerhaeuser.com)



PSL

(parallel strand lumber)

Las secciones habituales de las vigas cuentan con anchuras de hasta 180 mm y cantos de hasta 500 mm aproximadamente



# PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

## PRODUCTOS DE MADERA ENCOLADA

Obtenidos a partir de:

MADERA ASERRADA

CHAPAS DE MADERA

FIBRAS Y PARTÍCULAS

VIRUTAS

[www.weyerhaeuser.com](http://www.weyerhaeuser.com)



**PSL**

(parallel strand lumber)



[www.weyerhaeuser.com](http://www.weyerhaeuser.com)



1. Introducción
2. Productos de madera sólida
3. Productos de madera encolada
4. Productos con uniones mecánicas
5. Productos de chapas de madera
6. Productos de partículas y fibras
7. Productos de virutas
8. Otros

## 3.5. Productos de ingeniería de madera



## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

PRODUCTOS DE MADERA SÓLIDA

PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA

PRODUCTOS COMPUESTOS

VIGAS I



Las vigas I (*I-joists* en inglés) están compuestas por alas de madera aserrada o de LVL y alma que puede ser de panel contrachapado o de tablero OSB, entre otros.

Los anchos de viga varían entre 38 y 89 mm y los cantos entre 241 y 508 mm aproximadamente, con longitudes habituales hasta 20m.

## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

PRODUCTOS DE MADERA SÓLIDA

PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA

PRODUCTOS COMPUESTOS

VIGAS I



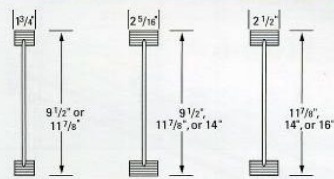
[blog.weyerhaeuser.com](http://blog.weyerhaeuser.com)

# Propiedades mecánicas - vigas I (mercado norteamericano)

Joist	Joist Depth	Weight <sup>a</sup> (lbs/ft)	EI (10 <sup>6</sup> inch <sup>2</sup> lbs)	Allowable Moment		Allowable Shear <sup>f</sup> (lbs)	Allowable Reactions		C (10 <sup>6</sup> ft-lbs/in)
				Single <sup>b,f</sup> (ft-lbs)	Repetitive <sup>c,f</sup> (ft-lbs)		End <sup>d,f</sup> (lbs)	Intermediate <sup>e,f</sup> (lbs)	
GPI 20	9 1/2"	2.3	159	2585	2688	1135	1050	2340	0.412
	11 3/8"	2.6	274	3455	3593	1435	1100	2340	0.515
GPI 40	9 1/2"	2.9	193	2680	2787	1200	1120	2600	0.412
	11 3/8"	3.1	330	3560	3702	1460	1225	2600	0.515
GPI 65	14"	3.5	482	4355	4529	1715	1250	2600	0.607
	11 3/8"	3.1	434	5650	5876	1495	1230	2610	0.515
GPI 65	14"	3.5	640	6905	7181	1740	1335	2610	0.607
	16"	3.7	877	8095	8419	2000	1345	2610	0.693
WI 40	9 1/2"	2.6	193	2355	2520	1120	1080	2160	0.412
	11 3/8"	2.9	330	3145	3365	1420	1200	2500	0.515
WI 40	14"	3.3	482	3860	4130	1710	1200	2500	0.607
	11 3/8"	3.2	396	4335	4638	1420	1200	2500	0.515
WI 60	14"	3.4	584	5320	5692	1710	1200	2500	0.607
	16"	3.7	799	6250	6688	1970	1200	2500	0.693
WI 80	11 3/8"	3.9	547	6130	6559	1420	1280	2760	0.515
	14"	4.2	802	7525	8052	1710	1280	3020	0.607
WI 80	16"	4.5	1092	8845	9464	1970	1280	3020	0.693

## Wood I Beam Joist Cross Sections

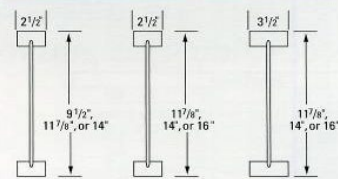
### GPI Series



GPI 20      GPI 40      GPI 65

All Wood I Beam joists have FiberStrong® web

### WI Series



WI 40      WI 60      WI 80

SAMPLE TRADEMARK (Position of trademark on I-joist may vary by manufacturer)

The I-joist alternative to 2 x 10 lumber with a net depth of 9-1/2". Also available in 11-7/8", 14", and 16"

Identifies I-joists as being manufactured in conformance with APA Standard PRI-400, Performance Standard for APA EWS I-Joists

Joist designation

The on-center spacing of the I-joists (optional information)

**9-1/2" PRI™-40**

SPACING  
SIMPLE SPAN    12    16    19.2    24  
                         18-0   16-6   15-7   14-1  
MULTIPLE SPAN 19-7   17-2   15-8   14-0

APA EWS  
Guard Residential Floors  
PLANT 000 • PRI-400

The residential floor clear span that can be achieved for a glued-nailed floor system at the indicated spacing for a live load of 40 psf and a dead load of 10 psf (optional information)

Plant number

Conforms with APA Standard PRI-400, Performance Standard for APA EWS I-Joists



Los *Timber-concrete composites* son elementos estructurales que combinan la madera y el hormigón para la creación de un compuesto que trabaja solidariamente.

En su conformación pueden usarse vigas de madera aserrada u otros productos de ingeniería de madera unidos, mediante conectores metálicos, a una capa de compresión de hormigón armado. Son principalmente usados en forjados.

# PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

PRODUCTOS DE MADERA SÓLIDA

PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA

PRODUCTOS COMPUESTOS

VIGAS I

MADERA-HORMIGÓN



[www.spillner-ssb.de](http://www.spillner-ssb.de)



## PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

PRODUCTOS DE MADERA SÓLIDA

PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA

PRODUCTOS COMPUESTOS

VIGAS I

MADERA-HORMIGÓN

MADERA-ACERO





# PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE MADERA

PRODUCTOS DE MADERA SÓLIDA

PRODUCTOS DE INGENIERÍA DE MADERA

PRODUCTOS COMPUESTOS

VIGAS I

MADERA-HORMIGÓN

MADERA-ACERO

MADERA-PLÁSTICO



[tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.uy](http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.uy)



GRACIAS POR  
LA ATENCIÓN

