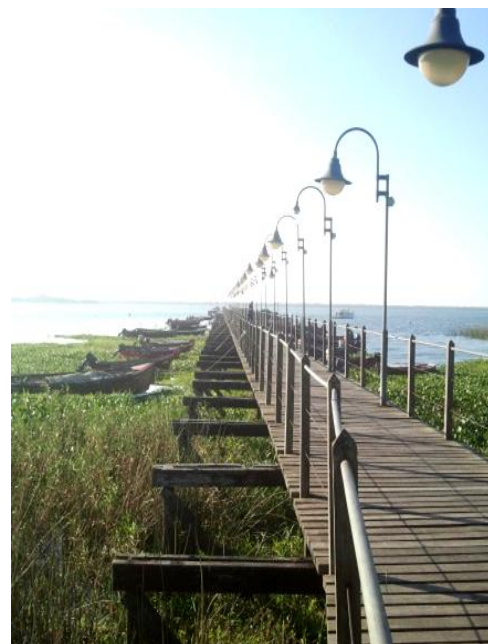


INFORME 01

2014

**NORMATIVA Y MERCADO DE LA MADERA
ESTRUCTURAL EN URUGUAY**



Vanesa Baño



INSTITUTO DE ESTRUCTURAS Y TRANSPORTE Prof. JULIO RICALDONI
Departamento de Estructuras. Facultad de Ingeniería. Universidad de la República

INFORME 01

NORMATIVA Y MERCADO DE LA MADERA ESTRUCTURAL EN URUGUAY

29 de enero de 2014

Elaborado por: IET. Instituto de Estructuras y Transporte. Departamento de Estructuras
Facultad de Ingeniería. Universidad de la República

Tfno. (+598) 2711 0524 ext.107

Contacto: Vanesa Baño

vanesab@fing.edu.uy



INDICE

0. INTRODUCCIÓN	4
1. NORMATIVA APLICABLE	4
1.1. Acciones	4
1.2. Normativa de cálculo	4
2. ESPECIES DE MADERA ESTRUCTURAL CULTIVADAS EN URUGUAY	9
3. CLASIFICACIÓN RESISTENTE DE LA MADERA DE PROCEDENCIA URUGUAYA	10
4. DURABILIDAD NATURAL E IMPREGNABILIDAD	12
5. EMPRESAS SUMINISTRADORAS DE MADERA	13
5.1. Secciones y longitudes disponibles.....	13
5.2. Tratamiento de impregnación	15
BIBLIOGRAFÍA	16



0. INTRODUCCIÓN

El presente informe recoge la información actual disponible sobre normativa aplicable a estructuras de madera en Uruguay y de las propiedades mecánicas de la madera cultivada en este país, así como algunas de las empresas proveedoras de madera estructural, especificando las dimensiones más comunes y estimación de costes de venta al público.

1. NORMATIVA APLICABLE

En Uruguay no existen reglamentos de obligado cumplimiento para el cálculo estructural. Las normas técnicas son realizadas a nivel nacional por comités especializados y publicadas por el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT).

1.1. Acciones

La determinación de acciones sobre la edificación en Uruguay se recogen en dos documentos, uno para las cargas a utilizar en el proyecto de edificios (*UNIT 33:91*) y la otra para la acción del viento sobre las construcciones (*UNIT 50:84*). Esta última, presenta la metodología para la determinación de la fuerza de empuje del viento a partir de la velocidad característica (v_k), definida como la velocidad media de una ráfaga de 3 segundos de duración, considerando un período de recurrencia de 20 años ($R=20$ años).

1.2. Normativa de cálculo

1.2.1. IE4-50

En la actualidad no existe norma UNIT de cálculo estructural con madera. El único documento publicado que hace referencia a una metodología de cálculo, en base al método de las tensiones admisibles, es el elaborado por el Instituto de Estructuras y Transporte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República en el año 1950 (*IE4-50*). Al final del documento se incluyen cuadros con las propiedades mecánicas para diferentes especies de madera (Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4), aunque ninguna de ellas se basa en datos provenientes de ensayos sobre madera de procedencia uruguaya y se desconoce el nombre científico y si los datos presentados se corresponden con valores medios o característicos.



Tabla 1. CUADRO I. Coeficientes de trabajo de las maderas (Kg/cm²). Madera común-Empleo seco (IE4-50)

Nombre Comercial	Flexión y/o Tracción		Compresión Normal		Compresión Paralela		Tangencial Paralela		Módulo de Elasticidad
Abeto Douglas o Pino Oregon (Douglas Fir-Coast)	85.0		23.0		62.0		5.0		110000
Abeto Rojo (Douglas Fir, Rocky M.)	62.0		20.0		45.0		6.0		85000
Pino Blanco (Western White, Norway)	50.0	62.0	17.5	21.0	42.0	45.0	5.0	5.0	70000 85000
Pino tea (Pitch pine, South Yellow)	84.0	100.0	23.0	27.0	62.0	73.0	6.0	7.0	110000 110000
Pino spruce (Red, white, sitka)	62.0		17.5		42.0		5.0		85000
Pino Brasil de 1ª (Pinho Paraná)	80.0		10.0		60.0		8.0		100000
Roble	80.0		35.0		56.0		8.0		105000
Quebracho	130.0		35.0		120.0		15.0		110000

Tabla 2. CUADRO II. Grupos de especies (IE4-50)

Grupo	Maderas
A	Pino blanco y Spruce
B	Abeto Douglas (Montañas rocosas) y Pinos Norway y California
C	Abeto Douglas (Costa y Pino tea)
D	Roble

Tabla 3. CUADRO IV. Peso específico para diferentes especies de madera (IE4-50)

Madera	Pesos Específicos	C	Observaciones	
Pino Blanco	0.37 0.42	7.90 9.20		
Abeto Douglas	0.51	14.75		
Pino Tea	0.59 0.64	16.70 15.00 20.50 18.50	d ≤ 4.5 mm d ≤ 4.5 mm	d ≥ 4.5 mm d ≥ 4.5 mm
Roble	0.69	31.50		
Pino Spruce	0.40	8.90		

Tabla 4. CUADRO VI. Características resistentes de las maderas (Kg/cm^2) obtenidas en pequeños ejemplares de madera verde (IE4-50)

Nombre comercial	Nombre original y variedades	Resistencia a la flexión	Límite elástico en compresión normal a las fibras	Resistencia por compresión paralela a las fibras	Resistencia al corte paralelo a las fibras
Abeto Douglas o Pino Oregón	Douglas fir (Coast)	600	50	390	45
Abeto Rojo	Douglas fir (Rocky mountain)	430	40	280	50
Pino Blanco	Inferior (Western, White) Norway	350	35	260	45
Pino Tea	Pitch pine o Southern yellow dense	580	700	50	55
Pino Spruce	Spruce (Red, White, Sitka)	430	35	260	45
Pino Brasil de 1ª	Pinho Parana	550	20	350	70
Roble		550	70	350	65
Quebracho		900	70	750	125

1.2.2. EUROCÓDIGO 5

Es tradición en Uruguay el empleo de normas europeas para el cálculo estructural y para la realización de ensayos de laboratorio de diferentes materiales constructivos, cuando no existe normativa nacional que lo resuelva. En el año 2013 se dictó el primer curso de posgrado de diseño y cálculo de estructuras de madera, englobado dentro de la Maestría de Ingeniería Estructural impartida por el Instituto de Estructuras y Transporte (IET) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. La norma de referencia para el cálculo estructural fue el Eurocódigo 5 (EN 1995-1-1 y EN 1995-1-2) (CEN, 2010; CEN, 2011).

El Eurocódigo 5 define el cálculo de estructuras de madera basado en el método de los Estados Límite.

La utilización del Eurocódigo 5 en el cálculo estructural parten de las acciones determinadas según el Eurocódigo 1 (CEN, 2005), el cual considera la velocidad del viento como un valor medio para una duración de la ráfaga de 10 minutos y considerando un período de retorno de 50 años. El empleo de la normativa de acciones de Uruguay y la norma europea para el cálculo estructural en madera requiere de la conversión de la velocidad del viento según norma UNIT a velocidad del viento según Eurocódigo, que se define en la Tabla 5.

Tabla 5. Conversión de la velocidad del viento según UNIT a velocidad básica según EUROCÓDIGO1

	UNIT 50:84	ASCE 7	EUROCÓDIGO 1
R	20 años	50 años	50 años
t	3 segundos	3 segundos	10 minutos
CONV.1	$V_{50\text{años-3sg}}=1.0568 \cdot V_{20\text{años-3sg}}$		
CONV.2	$V_{50\text{años-10min}}=0.676 \cdot V_{50\text{años-3sg}}$ (Zhou et al., 2002)		

donde,

R , es el período de recurrencia o período de retorno (años).

t , es el tiempo de duración de la ráfaga de viento en el cual se calcula la velocidad media.

$CONV.1$, es la conversión de la velocidad del viento para un período de recurrencia de 20 años. en un período de recurrencia de 50 años.

$CONV.2$, es la conversión de la velocidad del viento para una duración de la ráfaga de 3 segundos en una duración de 10 min.

Como referencia de las normativas cálculo y de las propiedades mecánicas de la madera en los países colindantes, se presenta un breve resumen del contenido de las normas de cálculo estructural con madera en Argentina (*CIRSOC, 2013*) y en Brasil (*NBR, 2011*).

1.2.3. CIRSOC-601

El “Reglamento Argentino de Estructuras de Madera” (*CIRSOC-601, 2013*) emplea el método de las tensiones admisibles para el cálculo estructural y está basada en la National Design Specification for Wood Construction (*ANSI/AWC, 2005*). La Tabla 6 presenta las especies de procedencia argentina de las que se conocen los valores de diseño, que podrían servir de referencia cuando no existen datos de propiedades mecánicas de madera en Uruguay.

Tabla 6. Especies de madera y procedencia de las regiones argentinas (CIRSOC-601,2013)

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	PROCEDENCIA
Pino Paraná	<i>Araucaria angustifolia</i>	Misiones
Eucalipto grandis	<i>Eucalyptus grandis</i>	Entre Ríos, Corrientes y Misiones
Pinos taeda y elliotti	<i>Pinus taeda</i> y <i>Pinus elliottii</i>	Noreste argentino

El documento incorpora una serie de “Suplementos” con los valores de diseño para el cálculo estructural, según el método de las tensiones admisibles y según la normativa de cálculo CIRSOC-601, de las diferentes especies de madera aserrada, madera laminada encolada y de rollizos de madera descortezados.

Para la madera aserrada de *P.taeda/P.elliottii* establece dos clases y para la madera aserrada de *E.grandis* establece 3 clases, cuyos valores de cálculo se relacionan con los valores característicos de las Clases Resistentes definidas en el Eurocódigo 5 tal y como se muestra en la Tabla 7 (*Piter, 2013*).



Tabla 7. Relación entre las clases de valores de diseño de la CIRSOC-601 con las propiedades mecánicas para el cálculo según el Eurocódigo 5 (Piter, 2013)

Especie	Clasificada según:	IRAM 9662-3 (2006)			IRAM 9670 (2002)		
		$f_{m,k}$ (N/mm ²)	$E_{0,mean}$ (N/mm ²)	ρ_k (Kg/m ³)	$f_{m,k}$ (N/mm ²)	$E_{0,mean}$ (N/mm ²)	ρ_k (Kg/m ³)
<i>P.taeda/elliottii</i>	Clase 1	18	12.000	420	19.8	9.000	420
	Clase 2	11	7.000	390	10.4	7.500	390
		Clasificada según:			IRAM 9662-2 (2006)		
		$f_{m,k}$ (N/mm ²)	$E_{0,mean}$ (N/mm ²)	ρ_k (Kg/m ³)			
<i>E. grandis</i>	Clase 1	30	14.000	430			
	Clase 2	24	12.500	430			
	Clase 3	18	11.600	430			

1.2.4. NBR-7190

La norma brasileira de “Projeto de estruturas de madeira” (NBR-7190, 2011) emplea el método de los Estados Límite para el cálculo estructural, basándose en su diseño original (NBR-7190, 1997) en el Eurocódigo 5 y establece clases de resistencia similares a las de éste. Los datos de las propiedades mecánicas se obtienen principalmente a partir de pequeñas probetas libres de defectos y la asignación de la clase se basa en la resistencia a compresión paralela a la fibra, en lugar de en la resistencia a flexión que considera el Eurocódigo 5.

2. ESPECIES DE MADERA ESTRUCTURAL CULTIVADAS EN URUGUAY

Para el período comprendido entre 2010 y 2030, el 71% del volumen de madera disponible en Uruguay tendrá como destino la producción de celulosa. El 29% restante (4.2 millones de m³) corresponde a la industria de transformación mecánica (productos para la construcción y la carpintería), de los cuales 3 millones de m³ corresponden a pinos, fundamentalmente *P. taeda*, y 1.2 millones de m³ al grupo de Eucalipto grandis (*Dieste, 2012*). En la Tabla 8 se presenta el agrupamiento de las principales especies cultivadas en Uruguay y en la Figura 1 se muestran imágenes de plantaciones de pino y de eucalipto.

Tabla 8. Grupo de especies forestales y el destino asignado (*Dieste, 2012*)

Grupo	Especie	Destino
Eucalipto grandis	<i>Eucalyptus grandis</i>	Celulosa y madera de transformación mecánica
	<i>E. saligna</i>	
	<i>E. grandis</i> + <i>E. saligna</i>	
	<i>E. grandis</i> + <i>E. maidenii</i>	
Eucalipto globulus	<i>E. globulus</i> ssp. <i>globulus</i>	Celulosa
	<i>E. globulus</i> ssp. <i>maidenii</i>	
	<i>E. globulus</i> ssp. <i>globulus</i> + <i>E. globulus</i> ssp. <i>maidenii</i>	
<i>E. dunnii</i>	<i>E. dunnii</i>	Celulosa
<i>E. maidenii</i>	<i>E. maidenii</i>	
<i>E. viminalis</i>	<i>E. viminalis</i>	
Pino	<i>Pinus taeda</i>	Madera de transformación mecánica
	<i>P. elliottii</i>	
	<i>P. pinaster</i>	
	<i>P. radiata</i>	
	<i>P. taeda</i> + <i>P. elliottii</i>	
	<i>P. elliottii</i> + <i>P. pinaster</i>	
	<i>P. canariensis</i>	
<i>P. sp.</i>		



Figura 1. Plantaciones de *P.elliottii*/*P.taeda* y *E.grandis* en Uruguay

La especie mayoritaria en el grupo “Eucalipto grandis” y “Pino” son *E. grandis* y *P. taeda* respectivamente. A nivel de comercialización de madera de pino, habitualmente no se diferencia entre *P.taeda* y *P.elliottii*.

3. CLASIFICACIÓN RESISTENTE DE LA MADERA DE PROCEDENCIA URUGUAYA

Aunque no existe norma de clasificación resistente de la madera en Uruguay, hay datos publicados de valores medios y/o característicos para las especies anteriormente citadas. La mayoría de los valores publicados proceden de muestras de madera sin agrupación en función de una clasificación visual previa, por lo que los resultados se engloban en una única clase resistente. Debe tenerse en cuenta que, tras una diferenciación de muestras en función de una clasificación visual previa, se podría obtener un valor mayor.

Para un total de 618 probetas de madera de *P.elliottii* y 818 vigas *P.taeda* de sección 51x152mm y de las procedencias y edades mostradas en la Tabla 9, se presentan los valores de las propiedades mecánicas en la Tablas 10 y Tabla 11 (O'Neill et al., 2013), viendo reflejada la gran influencia que la edad del árbol tiene en sus propiedades de rigidez y de resistencia.

Tabla 9. Muestreo de las especies *P.taeda* y *P.elliottii* de 51x152mm de sección (O'Neill et al., 2013)

<i>Pinus elliottii</i> (103 árboles, 183 trozas y 618 vigas)	San José , febrero 2001, edad 43 años, 18 árboles, 18 trozas básales (Pro)
	Río Negro , agosto 2001, edad 24 años, 30 árboles, 30 trozas básales (Pro)
	Río Negro , agosto 2001, edad 24 años, 30 árboles, 60 trozas, 30 segundas y 30 terceras (GT)
	Rivera , julio 2003, edad 24 años, 25 árboles, 75 trozas (GT)
<i>Pinus taeda</i> (145 árboles, 275 trozas y 818 vigas)	Rivera , setiembre 1999, edad 17 años, 15 árboles, 15 trozas básales (Pro)
	Río Negro , setiembre 2001, edad 24 años, 30 árboles, 30 trozas básales (Pro)
	Río Negro , setiembre 2001, edad 24 años, 30 árboles, 60 trozas, 30 segundas y 30 terceras (GT)
	Rivera , mayo 2002, edad 24 años, 25 árboles, 75 trozas (GT)
	Rivera , julio 2003, edad 24 años, 5 árboles, 15 trozas (GT)
	Paysandú , abril 2006, edad 12 años, 20 árboles, 40 trozas, 20 primeras y 2 segundas (PDT)
	Tacuarembó , setiembre 2006, edad 12 años, 20 árboles, 40 trozas, 20 primeras y 2 segundas (PDT)

Tabla 10. Propiedades mecánicas de las 618 probetas de *Pinus elliottii* (O'Neill et al., 2013)

Propiedad / Sitio	Río Negro 24 años (GT)	Rivera 24 años (GT)	Río Negro 24 años (Pro)	San José 43 años (Pro)
Número de vigas	194	249	96	79
MOR 5to percentil (MPa)	14,4	13,2	19,2	28,0
MOE medio Máq. Universal (MPa)	6499	6959	8261	9172
MOE 5to percentil (MPa)	4701	4087	5088	6322
Densidad Ap. Corriente media (g/cm ³)	0,404	0,411	0,477	0,486
Densidad Ap. Corriente 5to percentil (g/cm³)	0,343	0,347	0,412	0,429
Clase Resistente (EN 338:2010)	< C14	< C14	C14	C18

Tabla 11. Propiedades mecánicas de las 818 probetas de *Pinus elliottii* (O'Neill et al., 2013)

Propiedad / Sitio	Río Negro 24 años (GT)	Río Negro 24 años (Pro)	Rivera 24 años (GT)	Rivera 17 años (Pro)	Paysandú 12 años (PDT)	Tacuarembó 12 años (PDT)
Número de vigas	212	92	225	50	119	120
MOR 5to percentil (MPa)	14,6	21,0	13,5	22,3	10,9	8,7
MOE medio Máq. Universal (MPa)	7769	9310	7084	6370	5017	5397
MOE 5to percentil (MPa)	5294	5091	4099	3274	3514	3390
Densidad Apa. Corriente media (g/cm ³)	0,456	0,511	0,472	0,479	0,388	0,416
Densidad Apa. Corriente 5to percentil (g/cm ³)	0,405	0,440	0,413	0,414	0,334	0,374
Clase Resistente (EN 338:2010)	C14	C14	<C14	<C14	<C14	<C14

La clase resistente que se asignaría a un total de 291 de probetas de madera de *P. taeda* y *P. elliottii* de 50x50x760mm obtenidas de árboles de 25 años de edad (muestra M1-Tabla 12), corrigiendo los valores a un contenido de humedad del 12%, sería de una C14 de acuerdo a la norma europea EN 338 (CEN, 2010), limitada por el valor de módulo de elasticidad medio. La Tabla 12 recoge los valores de las propiedades mecánicas de esta muestra M1 y de una muestra M2, correspondiente esta última a probetas obtenidas a partir de árboles de 15 años de edad, (Moya et al., 2013).

Tabla 12. Propiedades mecánicas de las muestras M1 y M2 de *P.taeda/P.elliottii* de procedencia uruguaya

Sample source ^b	MC	SG			MOE (MPa)			MOR (MPa)			C-parallel strength (MPa)			C-perpendicular strength (MPa)			Shear strength (MPa) ^c		
		Mean	SD	5th percentile	Mean	SD	5th percentile	Mean	SD	5th percentile	Mean	SD	5th percentile	Mean	SD	5th percentile	Mean	SD	5th percentile
M1	12%	0.488	0.065	0.376	7,444	2,511	3,925	65.6	14.9	42.2	37.2	9.4	25.0	9.7	2.6	6.3	9.3	1.4	7.8
	~14%	0.477	0.065	0.369	7,196	2,427	3,794	62.4	14.2	40.1	33.7	8.5	22.6	9.7	2.6	6.3	9.0	1.4	6.7
	Green	0.412	0.057	0.318	5,498	2,204	2,411	38.6	8.8	25.8	17.5	4.0	12.4	3.6	0.91	2.4	5.5	0.94	4.3
M2	12%	0.401	0.058	0.314	5,124	1,680	2,857	46.8	11.5	28.9	27.2	5.3	20.6	7.1	1.6	4.8	8.1	1.2	6.1
	~14%	0.393	0.058	0.309	4,953	1,624	2,762	44.5	10.9	27.5	24.6	4.8	18.6	7.1	1.6	4.8	7.6	1.2	5.9
	Green	0.352	0.045	0.277	3,894	1,314	2,121	30.4	6.0	21.3	13.8	3.1	9.9	3.2	0.75	2.2	4.9	1.08	3.19

^a MC = moisture content; SG = specific gravity; MOE = modulus of elasticity; MOR = modulus of rupture; C-parallel = compression parallel to the grain; C-perpendicular = compression perpendicular to the grain.

^b M1 and M2 are samples from 25-year-old Paysandú and 15-year-old San José plantations, respectively.

^c Mean of tangential and radial shear strength.

Los datos de las propiedades mecánicas de *Eucalyptus grandis* disponibles no están presentados como valores característicos según la norma EN 384 (CEN, 2010). A modo de ejemplo, los valores medios para 257 tablas de 50x150mm de sección y 2.8 m de longitud procedentes del centro de Uruguay, con un contenido de humedad medio del 11.7%, son: $E=11.588 \text{ N/mm}^2$, $f_m=46 \text{ N/mm}^2$ y $\rho=504 \text{ Kg/m}^3$ (GT2, 2006).



4. DURABILIDAD NATURAL E IMPREGNABILIDAD

No existen datos de durabilidad natural de los pinos de procedencia uruguaya. De acuerdo a la norma EN 350-2 (CEN, 1995), la madera de *P. elliottii* y *P. taeda* procedente de Centro-América y América del Norte, no presenta durabilidad natural frente al ataque de hongos e insectos. La madera empleada en Uruguay proviene generalmente de ejemplares jóvenes, que no forman madera de duramen, por lo tanto la impregnabilidad de la misma sería la correspondiente a la madera de albura, clasificada como impregnable según la norma anterior.

Dicha norma no presenta datos de la durabilidad natural ni de la impregnabilidad de la madera de *Eucalyptus grandis*. En base a estudios realizados en Uruguay sobre plantaciones de *E. grandis* de 16 años de edad (Böthig, 2008), se muestran, en la Tabla 13, los resultados de durabilidad natural frente al ataque de hongos e insectos.

Tabla 13. Durabilidad natural de la madera de *E. grandis* de procedencia uruguaya (Böthig, 2008)

RESISTENCIA DEL <i>E. grandis</i> A:	DESCOMPOSICIÓN FÚNGICA (<i>G. Trabeum</i>) TERMITAS	MADERA JUVENIL	Moderadamente durable
			MADERA ADULTA O EN TRANSICIÓN
			Moderada o seriamente atacable

En el país existen experiencias de utilización de madera de *E. grandis* impregnado en albura para su uso como postes de tendido eléctrico, Figura 2, aunque esto no garantiza la durabilidad de la madera. La fendas suponen un punto de entrada de los hongos a la madera de duramen (no impregnable), provocando la pudrición del mismo.



Figura 2. Postes de *E. grandis* impregnados en albura en Uruguay

5. EMPRESAS SUMINISTRADORAS DE MADERA

Las empresas suministradoras de madera en Uruguay se pueden clasificar en los grandes grupos definidos en la Tabla 14, donde se citan algunas empresas del país y los datos de contacto.

Tabla 14. Algunas empresas suministradoras de madera en Uruguay

ESPECIALIDAD	EMPRESA	WEB/TFNO.	CONTACTO
ASERRADO	DANKA/FYMNSA	www.fymnsa.com	Gustavo Balerio gbalerio@balerio.com.uy (+598) 2409 9999
	FORESTAL BANCARIA CAJA	www.forestalcajabancaria.com.uy	Roberto Bavosi rbavosi@forestalbancaria.com.uy
ASERRADO Y TRATAMIENTO EN AUTOCLAVE	MATRA, S.A.	www.matra.com.uy	Ignacio Mendoza Ignacio.mendoza@matra.com.uy (+598) 2924 4332
	OXIPAL	www.oxipal.com.uy	ventas@oxipal.com (+598) 4223 5147
	LUISSI	www.luissi.com	ventas@luissi.com (+598) 4223 1143
ASERRADO Y LAMINADO EUCALIPTO	RAICES SRL	www.raices.com.uy	Gustavo Pérez gustavoperez@raices.com.uy (+598) 2401 9122
	LUDINEL	www.ludinelmaderas.com	Fernando Schneider ludinelsa@adinet.com.uy (+598) 4722 4594
LAMINADO EUCALIPTO	URUFOR	www.urufor.com.uy	Nicolás López NLopez@ciaforestal.com.uy (+598) 2200 5759
ALMACENES STOCK MADERA	BARRACA PARANA	www.barracaparana.com	bruno.battistin@barracaparana.com (+598) 2200 0845
	ASERRADERO EL PUNTAL	www.elpuntal.com.uy	elpuntal@elpuntal.com.uy (+598) 2924 2091
	GABYCAR	www.gabycar.com	info@gabycar.com (+598) 2200 2068
	MADERAS VICTORIA	-	(+598) 2209 2446

5.1. Secciones y longitudes disponibles

Las secciones y longitudes disponibles en los almacenes de madera varían en función de la barraca suministradora, no existiendo secciones estándar comunes a todo el país. En el caso de la compra directa con los aserraderos, cortan a medida en función de la demanda.

5.1.1. Madera aserrada

En la Tabla 15 se describen las secciones más comunes disponibles en almacenes de stock de madera aserrada (denominadas en Uruguay como *barracas*).

Tabla 15. Dimensiones habituales de madera aserrada disponible en barracas uruguayas

EMPRESA	ESPECIE	PROCEDENCIA	ANCHURA (mm)	ALTURA (mm)	LONGITUD (m)	
BARRACA PARANA	Pino CCA	nacional	76	203	8	
			51	152	5.5	
					4.5	
					3.3	
LUISSI	Pino CCA	nacional	76	305	4.5	
					3.4	
EL PUNTAL	<i>E. grandis</i>	nacional	25			
			38	152	2.4	
			51	203	3.3	
				76		
	Pino CCA	nacional	51	152	2.4	
			76	203	3.3	
102			254	4.5		
					305	

Aunque el coste de la madera depende del volumen de compra y de las secciones y longitudes necesarias, el precio de venta al público de madera de pino impregnada, para las secciones más comunes presentadas en la Tabla 15, es de aproximadamente 900 US\$/m³ (Maderas Victoria, 2013; Luissi, 2013).

5.1.2. Madera laminada encolada

Los fabricantes de madera laminada encolada en Uruguay trabajan con madera de *Eucalipto grandis* y normalmente con medidas estándar, aunque tienen capacidad de fabricación a medida y de empleo de otra especie diferente al eucalipto. En la Tabla 16 se presentan las secciones estándar y/o máximas de las empresas RAÍCES y URUFOR. La empresa RAÍCES tiene, además, la capacidad de fabricación de vigas curvas.

Tabla 16. Dimensiones de madera laminada encolada en Uruguay

EMPRESA	ESPECIE	ANCHURA (mm)	ALTURA (mm)	LONGITUD (m)
RAICES SRL	<i>E. grandis</i>	50/75/100/130	100/150/200	Max. 11 m
		Max. 140	Max. 1000	Max. 16 m
		45	45	4.5/6.0
URUFOR	<i>E. grandis</i>	45	152	4.5/6.0
		73	196	4.5/6.0

El precio de venta al público en barracas de la madera laminada encolada de Eucalipto para las secciones estándar presentadas en la Tabla 16 es de aproximadamente 1700 US\$/m³ (Barraca El Puntal, 2013; Barraca Paraná, 2013)

5.2. Tratamiento de impregnación

En el 2008 en Uruguay existían 19 plantas de impregnación de madera, con una producción anual de 100.000 m³ de madera tratada, en su mayoría, con sales CCA (Cobre-Cromo-Arsénico) (Böthig, 2008). En la Tabla 17 se incorporan datos de producción y tratamiento de dos de ellas.

Tabla 17. Producción de madera de pino impregnado en Uruguay y tipo de tratamiento (www.matra.com.uy; www.oxipal.com.uy)

EMPRESA	PRODUCCIÓN ANUAL (m ³)	TIPO DE TRATAMIENTO	DURABILIDAD PREVISTA (años)	NORMATIVA REFERENCIA	CERTIFICADOS DE CALIDAD
MATRA, S.A.	40.000	Wolman CCA	>25	AWPA	Wolmanized ISO 9001 ISO 14001
OXIPAL	21.900	Wolman CCA	20-25	AWPA	Wolmanized ISO 9001

BIBLIOGRAFÍA

ANSI/AWC (2005). *National Design Specification (NDS) for Wood Construction*. American Wood Council. Leesburg. VA 20175.

ASCE (1999). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. ASCE 7-98, Reston, Va

AWPA (2013). American Wood Protection Association

Böthig, S.; Sánchez, A.; Doldán, J. (2008). *Durabilidad natural de madera de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden de plantaciones de rápido crecimiento*. INNOTEC-7, No.3. Publicación anual del Laboratorio Tecnológico del Uruguay, LATU.

Böthig, S. (2008). *Preservación de madera en Uruguay*. IRG/WP 08-30492. IRG American Regional Meeting. Costa Rica

CEN (1995). UNE EN 350-2 1995. *Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Parte 2. Guía de la durabilidad natural y de la impregnabilidad de especies de madera seleccionadas por su importancia en Europa*

CEN (2005). EN 1991-1-4. Eurocode 1. *Basis of Design and Actions on Structures—Part 2-4: Actions on Structures—Wind actions*.

CEN (2010). UNE EN 338. *Madera estructural. Clases resistentes*

CEN (2010). UNE EN 384. *Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad*

CEN (2010). UNE EN 1995 1-1:2010. *Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para la edificación*

CEN (2011). UNE EN 1995 1-2:2011. *Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego*

CIRSOC 601:2013. *Reglamento argentino de estructuras de madera*. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Secretaría de Obras Públicas de la Nación

Dieste, A. (2012). *Programa de promoción de exportaciones de productos de madera*. Dirección Nacional de Industrias. Ministerio de Industrias, Energía y Minería. Consejo Sectorial Forestal-Madera. Uruguay

GT2 (2006). *“Propiedades mecánicas de Eucalyptus grandis Maiden del Centro de Uruguay”*. Informe nº 6. Grupo Técnico de Madera Aserrada de Eucalipto “GT2”.

IE4-50: 1950. *Norma para proyectos de estructuras de madera para edificios*. Facultad de Ingeniería. Instituto de Estructuras y Transporte

IRAM 9662-2 (2006). *Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 2. Tablas de Eucalyptus grandis*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires

IRAM 9662-3 (2006). *Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 2. Tablas de pino taeda y elliotii (Pinus taeda y elliotii)*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires

IRAM 9670 (2002). *Madera estructural. Clasificación y requisitos. Clasificación en grados de resistencia para la madera aserrada de pinos resinosos (Pinus elliotii y Pinus taeda) del noroeste argentino mediante una evaluación visual*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires

Moya, L.; Laguarda, M.F.; Cagno, M.; Cardoso, A.; Gatto, F.; O'Neill, H. (2013). *Physican and mechanical properties of Loblolly and Slash pine Wood from Uruguayan plantations*. Forest Products Journal. Vol. 63, No. 2

NBR 7190:2011. *Projeto de estruturas de madeira*. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas

O'Neill, H.; Tarigo, F.; Cardoso, A.; Cagno, M. (2013). *Comportamiento mecánico de la madera de Pinus taeda y Pinus elliotii proveniente de plantaciones de rápido crecimiento para uso estructural en la construcción en el Uruguay*. LATU. Nota Técnica Nº12

Piter, J. C. (2013). *Derivación de los valores de diseño de referencia a partir de los característicos*. Documento de trabajo interno de la Comisión Redactora del CIRSOC y de la Comisión Permanente Supervisora

UNIT 50:84 (1984). *Acción del viento sobre construcciones*. Instituto Uruguayo de Normas Técnicas

UNIT 33:91 (1991). *Cargas a utilizar en el proyecto de edificios*. Instituto Uruguayo de Normas Técnicas

Zhou, Y., Kijewsky, T. & Kareem, A. (2002). *Along-wind load effects on tall buildings: comparative study of major international codes and standards*. J. Struct. Eng., 128:6 (788)