



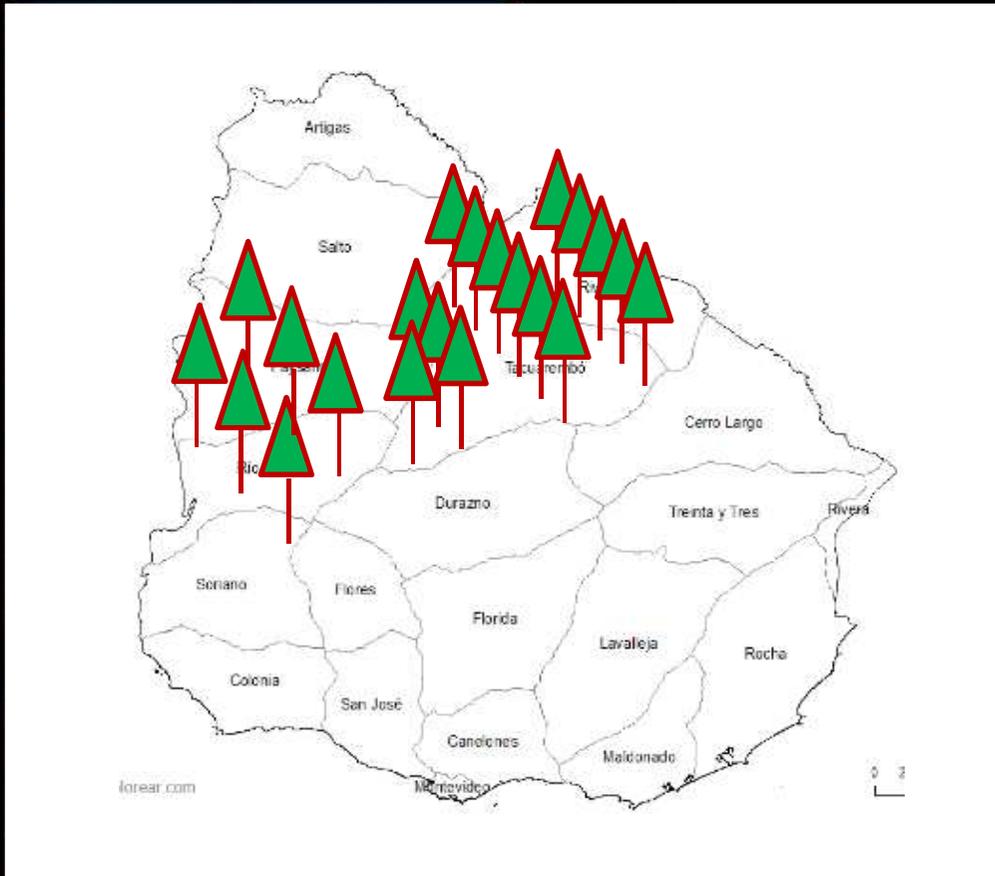
28  
setiembre

Dr. Ing. Vanesa Baño

[vanesab@fing.edu.uy](mailto:vanesab@fing.edu.uy)

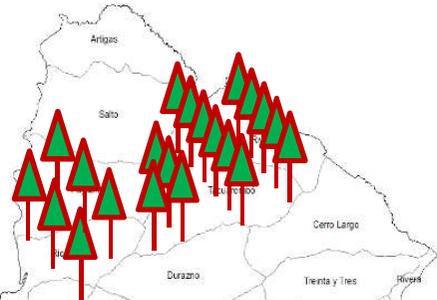
Dpto. Estructuras, IET  
Facultad de Ingeniería

PANELES CLT CON MADERA DE PINO EN URUGUAY  
Proyectos de investigación y primeros resultados



1 Introducción:  
Industria Forestal en  
Uruguay

PANELES CLT CON MADERA DE PINO EN URUGUAY  
Proyectos de investigación y primeros resultados

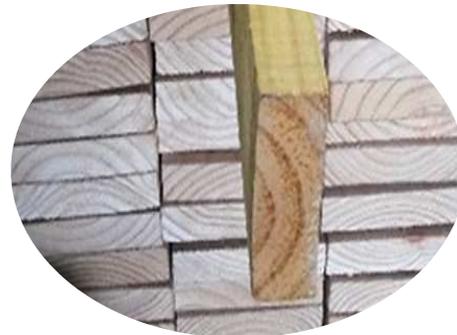


Estimación de la producción anual de madera de pino (2010-2030):  
**2.9 millones m<sup>3</sup>**  
(Dieste, 2012)

**1.4 million m<sup>3</sup>**



**Primeros raleos**  
*Pinus taeda/elliottii*  
(15 años de edad)  
**Sin destino industrial actual**



**Propiedades mecánicas bajas**

**Usos?**

**Productos que requieran de un elevado volumen de madera de bajo costo**



**PANELES CLT**

**Industria Forestal en Uruguay**

Madera y pulpa (2014):	2.5% PIB
Plantaciones de especies de rápido crecimiento ( <i>Pinus, Eucalyptus</i> )	1 millón ha.
La madera no está clasificada para uso estructural	



PANEL ESTRUCTURAL AUTOPORTANTE DE MADERA  
CONTRALAMINADA (CLT) A PARTIR DE MADERA DE PINO  
PROVENIENTE DE RALEOS

## ② Proyecto

Desarrollo de prototipos

FUNDACIÓN RICALDONI

Responsables: V. Baño, D. Godoy

Supervisor: A. Morquio

## CLASIFICACIÓN DE LA MADERA EN ASERRADERO





## CONFORMACIÓN DE LAS LÁMINAS EN ASERRADERO





# RECEPCIÓN DE LA MADERA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA





ENCOLADO: Adhesivos estructurales

Table 1 — Applicability of adhesives for cross laminated timber and its components

	Relevant requirements for the application of		
	Phenolic and aminoplastic adhesives	Moisture curing one-component polyurethane adhesives	Emulsion polymer isocyanate adhesives
Finger joints in laminations	5.1.6.2	5.1.6.3	5.1.6.4
Edge bonds between laminations	5.1.6.2	5.1.6.3	5.1.6.4
Bonds between layers	5.1.6.2	5.1.6.3	5.1.6.4
Large finger joints	5.1.6.2	5.1.6.3	Not applicable

prEN 16351: 2015

5.1.6.4 Emulsion polymer isocyanate adhesives EPI

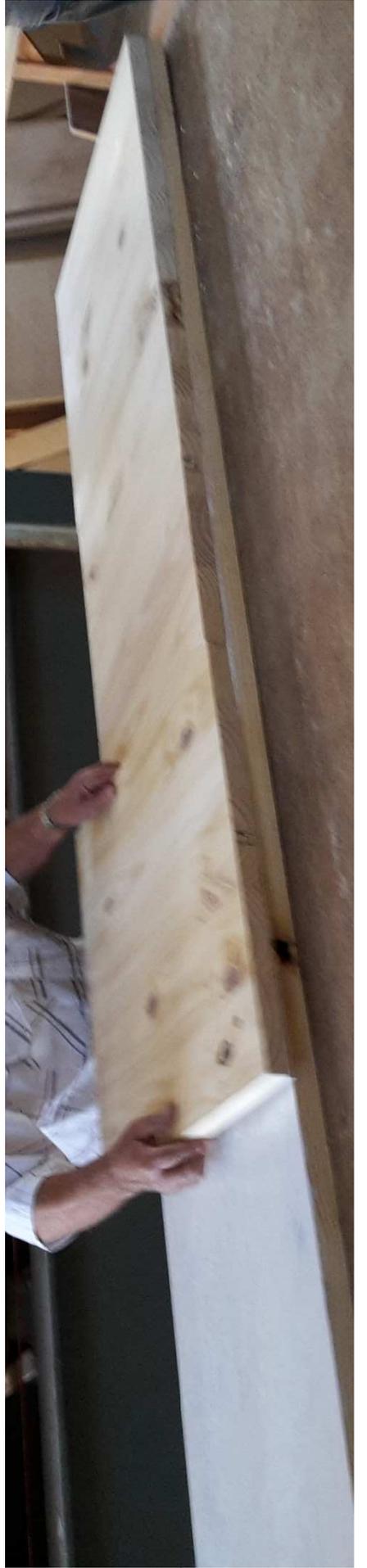
5.1.6.4.1 General

Emulsion polymer isocyanate adhesives shall fulfil the requirements of EN 15425 and B.2 taking into account the conditions given in B.1.

If required the influence of the climate on the minimum pressing time shall be tested and declared in accordance with EN 15416-5. If the maximum glue line thickness in use is 0,2 mm these tests shall be performed with specimens having a glue line thickness of 0,2 mm.

# Proceso de fabricación 2 Prototipos CLT





# Proceso de fabricación

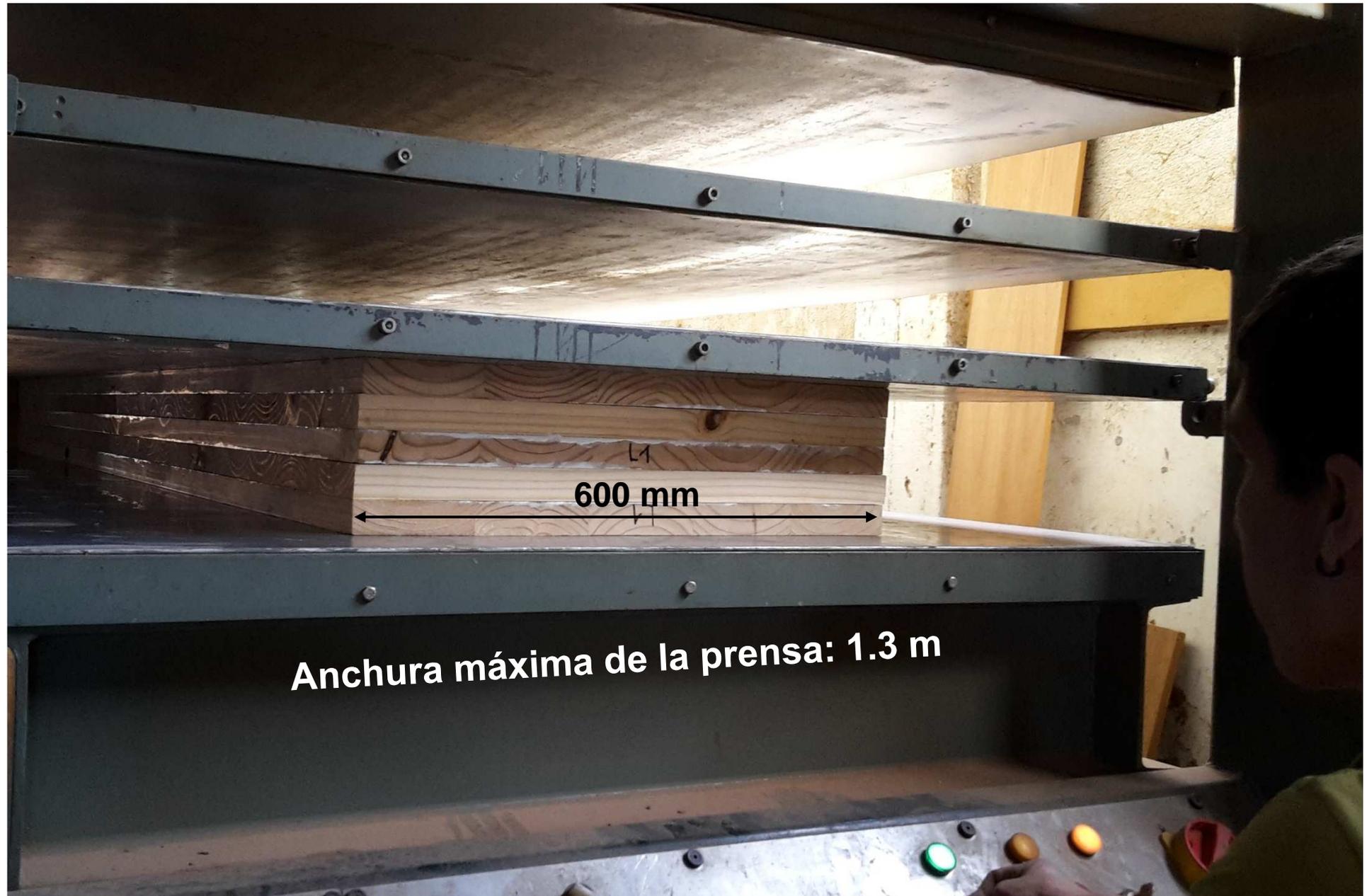
## 2 Prototipos CLT



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY





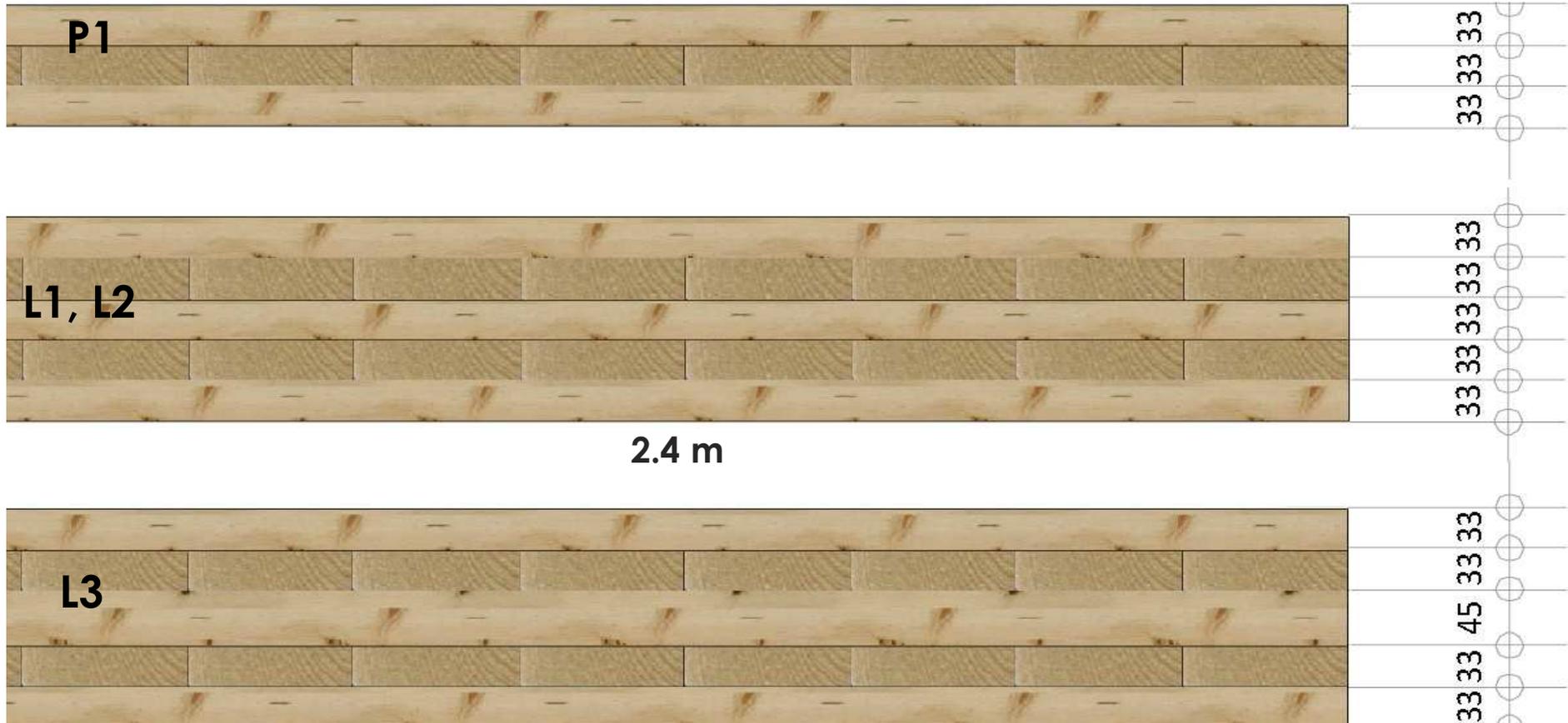


L1  
600 mm

Anchura máxima de la prensa: 1.3 m



24.04.2015



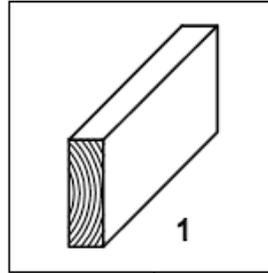
Código	N° paneles	N° capas	Dimensiones
P1	1	3	99x360x2400 mm <sup>3</sup>
L1, L2	2	5	165x360x2400 mm <sup>3</sup>
L3	1	5	177x360x2400 mm <sup>3</sup>



¿Qué le exigimos al panel para que sea estructural?



Madera estructural

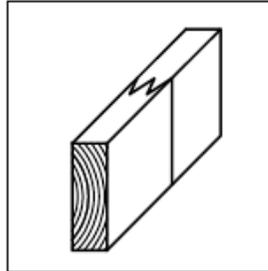


Madera maciza

EN 14081 2

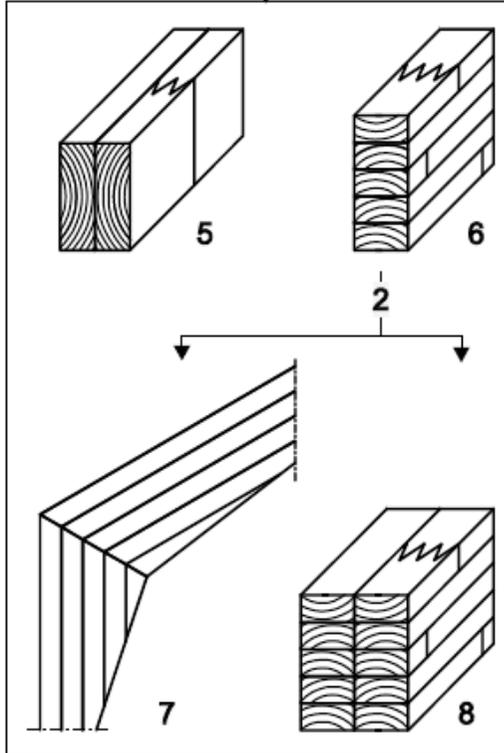
3

4

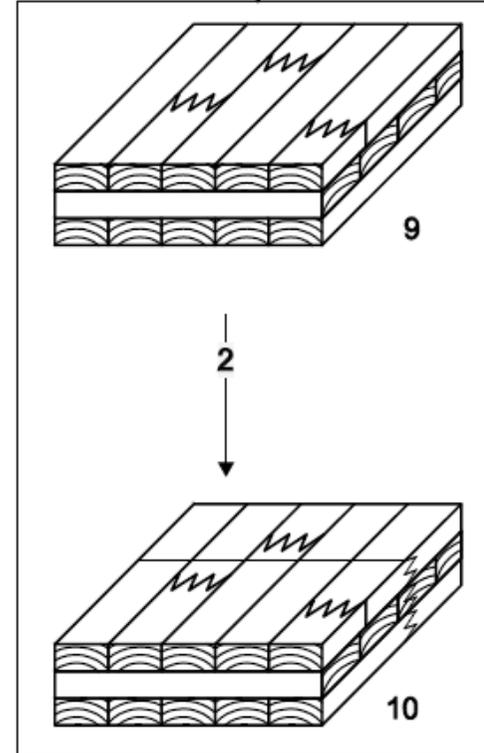


EN 15497

Madera maciza con empalmes por unión dentada



EN 14080

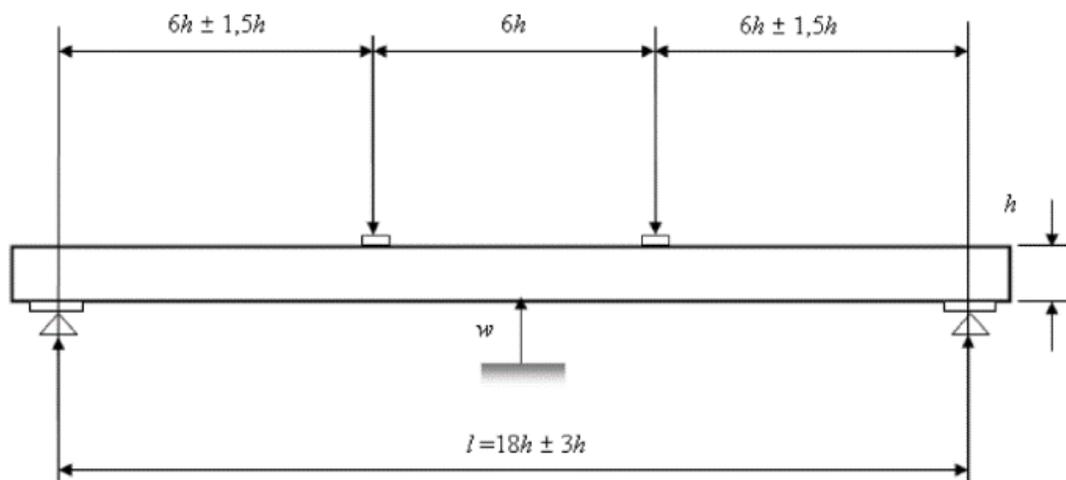


EN 16351

Madera laminada encolada

Madera contralaminda

## Caracterización de las tablas de madera



EN 408: 2010

Propiedades para 24 tablas ensayadas	Valor medio	CoV
$E_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	6328	22%
$f_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	25.80	43%
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	440	11%
	5° percentil	
$f_{05}$ (N/mm <sup>2</sup> )	<b>12.80 Clase resistente &lt;C14</b>	



Clases resistentes de madera coníferas

PROPIEDADES MECÁNICAS

Table 1 — Strength classes for softwood and poplar based on edgewise bending - characteristic values

CLASES RESISTENTES		Class	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Strength properties in N/mm <sup>2</sup>														
Bending	$f_{m,0,k}$		14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Tension parallel	$f_{t,0,k}$		8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
Tension perpendicular	$f_{t,90,k}$		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compression parallel	$f_{c,0,k}$		16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
Compression perpendicular	$f_{c,90,k}$		2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
Shear	$f_{v,k}$		3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Stiffness properties in kN/mm <sup>2</sup>														
Mean modulus of elasticity parallel bending	$E_{m,0,mean}$		7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,5	15,0	16,0	16,5
Char. modulus of elasticity parallel bending	$E_{m,0,k}$		4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	9,0	10,1	10,7	11,1
Mean modulus of elasticity parallel tension	$E_{t,0,mean}$		6,5	7,3	8,3	8,7	9,2	10,1	10,6	11,5	12,4	13,8	14,7	15,1
Mean modulus of elasticity perpendicular	$E_{m,90,mean}$		0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,45	0,50	A.1.1.1., ,53	A.1.1.1., ,55
Mean shear modulus	$G_{mean}$		0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,84	0,94	1,00	A.1.1.1., ,03
Density in kg/m <sup>3</sup>														
Char. density	$\rho_k$		290	310	320	330	340	350	360	380	390	400	410	430
Mean density	$\rho_{mean}$		350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520

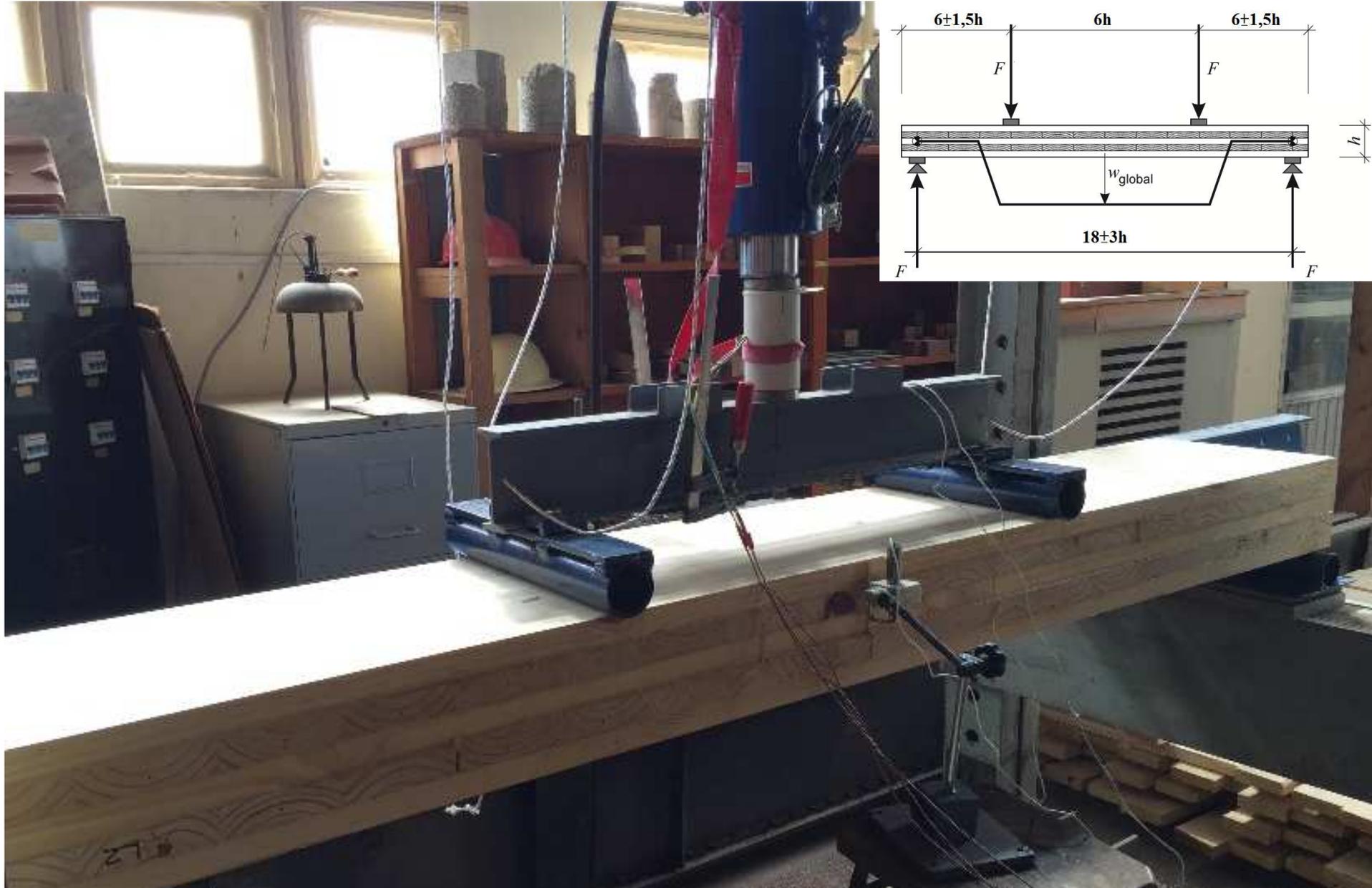
Madera de  
raleos:  
prototipo CLT

Pino  
uruguayo  
estructural

CLT  
europeo



Ensayos de flexión de los paneles CLT

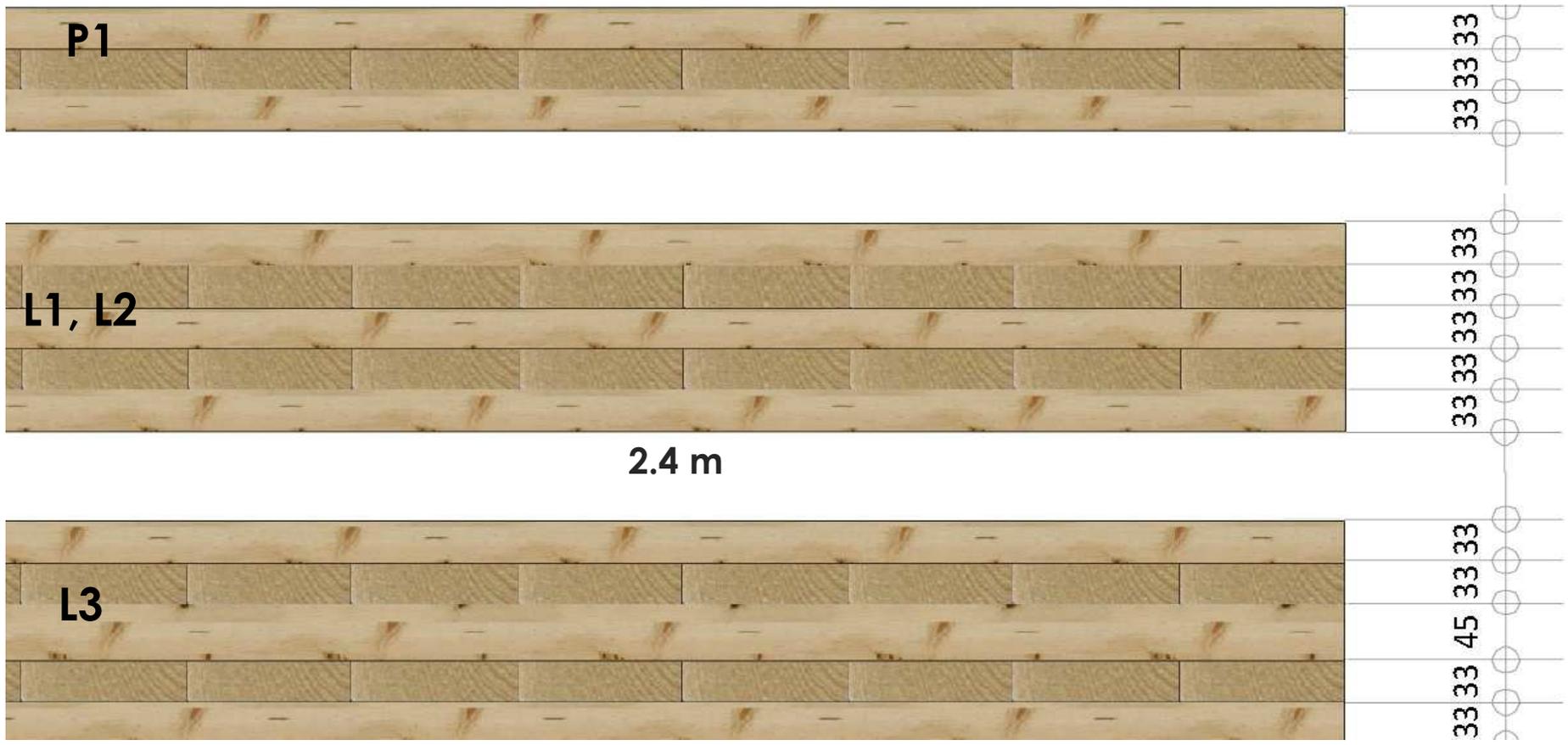






### Resultados ensayos paneles CLT

Propiedades	Panel P1	Panel L1	Panel L2	Panel L3
$f_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	21.70	19.60	24.10	21.2
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	444	456	452	468



¿Qué uso podría tener el prototipo uruguayo de





# Panel CLT uruguayo actual: 3.5x1.3m





Panel CLT uruguayo actual: 3.5x1.3m





## Panel CLT uruguayo actual: 3.5x1.3 m

<http://smartlam.com/products/construction-materials/clt-laminated-beams/>



Versatilidad de uso

2 Proyecto F.R.



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



Panel CLT uruguayo actual: 3.5x1.3 m



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

Versatilidad de uso

2 Proyecto F.R.



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



FACULTAD DE  
INGENIERIA



INSTITUTO DE ESTRUCTURAS Y TRANSPORTE  
Prof. JULIO RICALDONI

Panel CLT uruguayo actual: 3.5x1.3 m



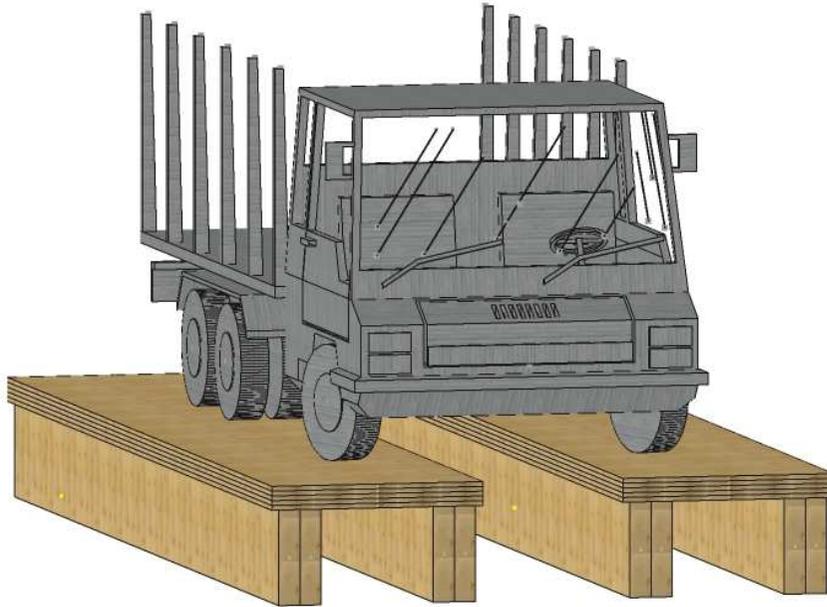
Photo: KK Law  
[www.naturallywood.com/](http://www.naturallywood.com/)

Brock Commons -University of British Columbia (UBC). Residencia de estudiantes

53 m de altura

17 pisos

Paneles CLT sobre pilares de MLE



### 3 Proyecto 2

FPTA\_306-INIA

Responsable: V. Baño

Participantes: L. Moya, S. Dieste, A. Dieste, C. Mazzey, A. Vega, D. de Souza

Diseño de puentes realizados con madera de procedencia local para el paso de vehículos pesados en el sector agrícola y forestal

# Puente vehicular

3 Proyecto INIA

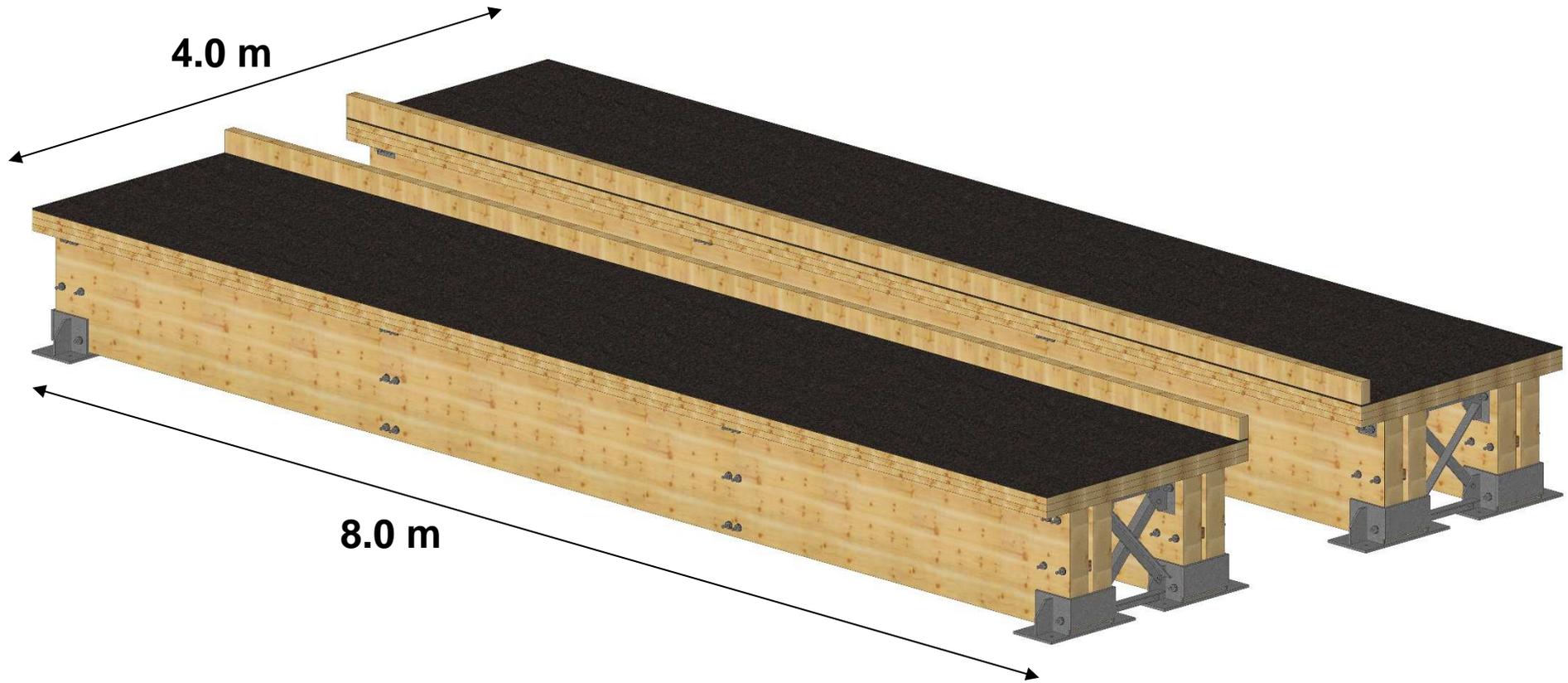


UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



Prof. JULIO RICALDONI

Diseño puente 36 t ▶ Prototipo de 18 t

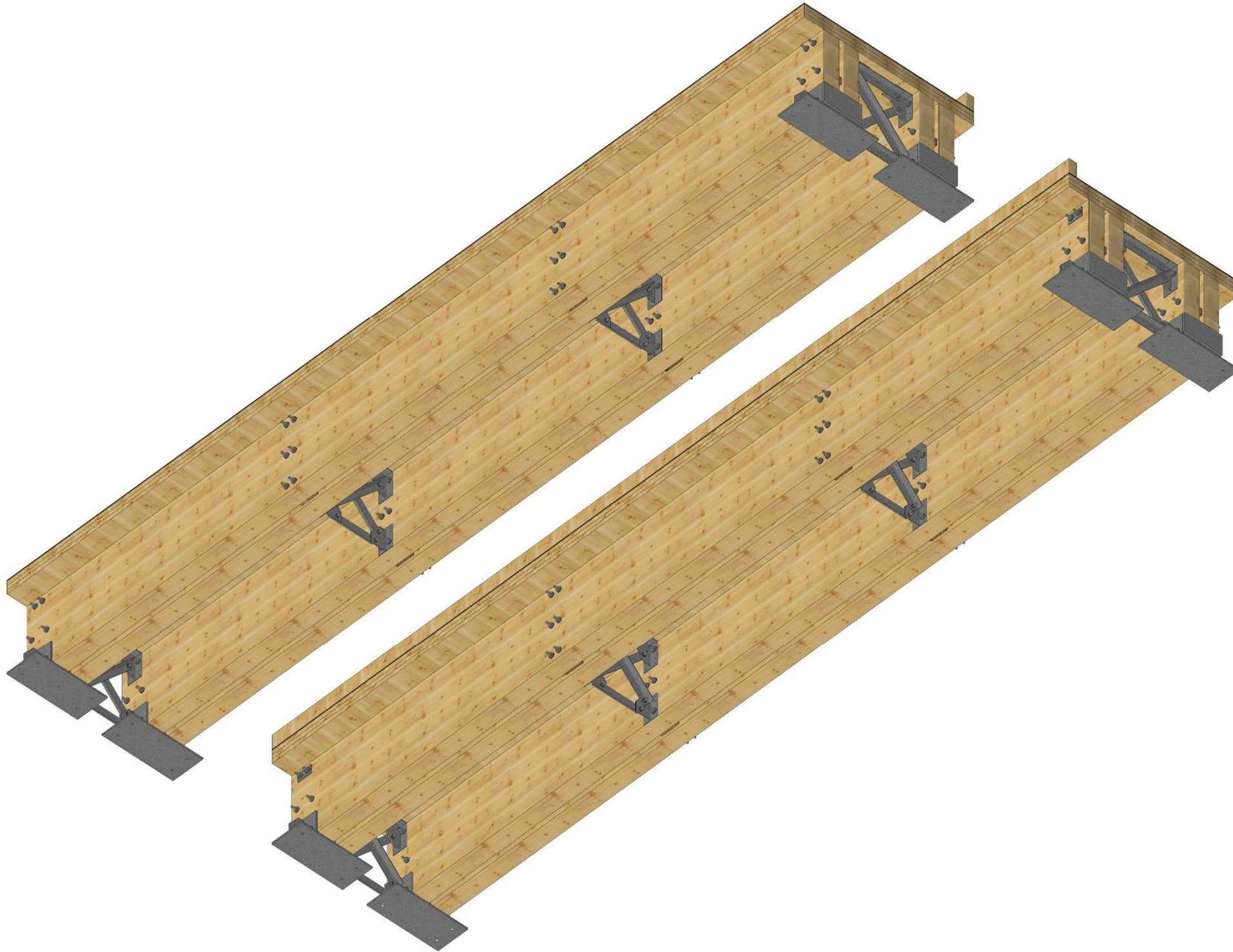


# Prototipo puente 18 t

3 Proyecto INIA



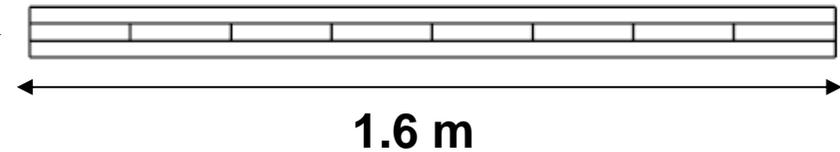
UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



Sección transversal-puente:



Sección transversal-panel CLT:



3 láminas de 33 mm de pino impregnado (99 mm)

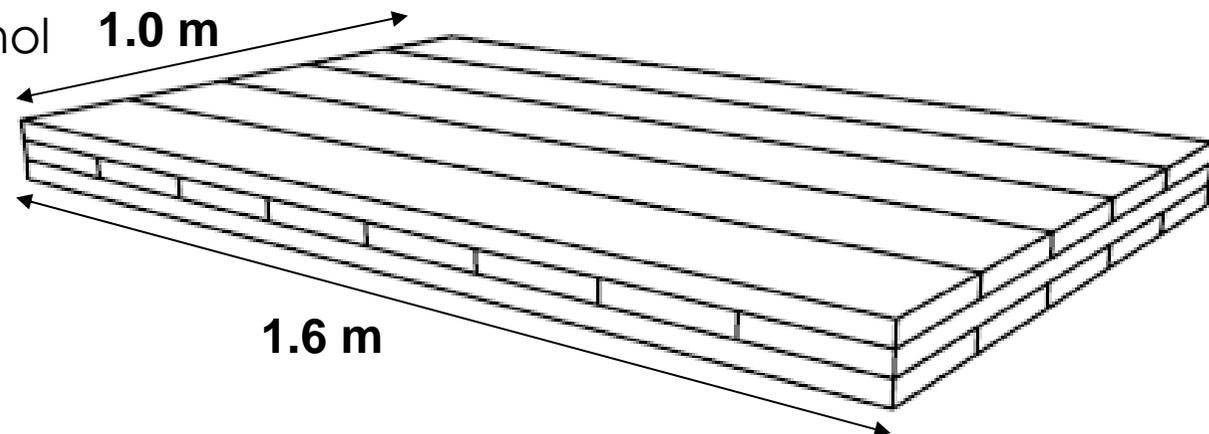
Orientación principal del tablero en la dirección transversal del puente

Tablero colaborante: Unión a las vigas mediante conectores metálicos estructurales que soportan el esfuerzo rasante

Clase resistente de las tablas de madera: C14

Adhesivo fenólico: Resorcinol **1.0 m**

8 paneles CLT :





**4** LÍNEAS DE  
INVESTIGACIÓN CLT



¿Qué nos queda por investigar sobre el CLT uruguayo?





CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL  
DE LOS PANELES CLT DE PINO  
URUGUAYO DE RALEOS



**FprEN 16351:2015 (E)**

**Annex C**  
(normative)

**Delamination test of glue lines between layers**

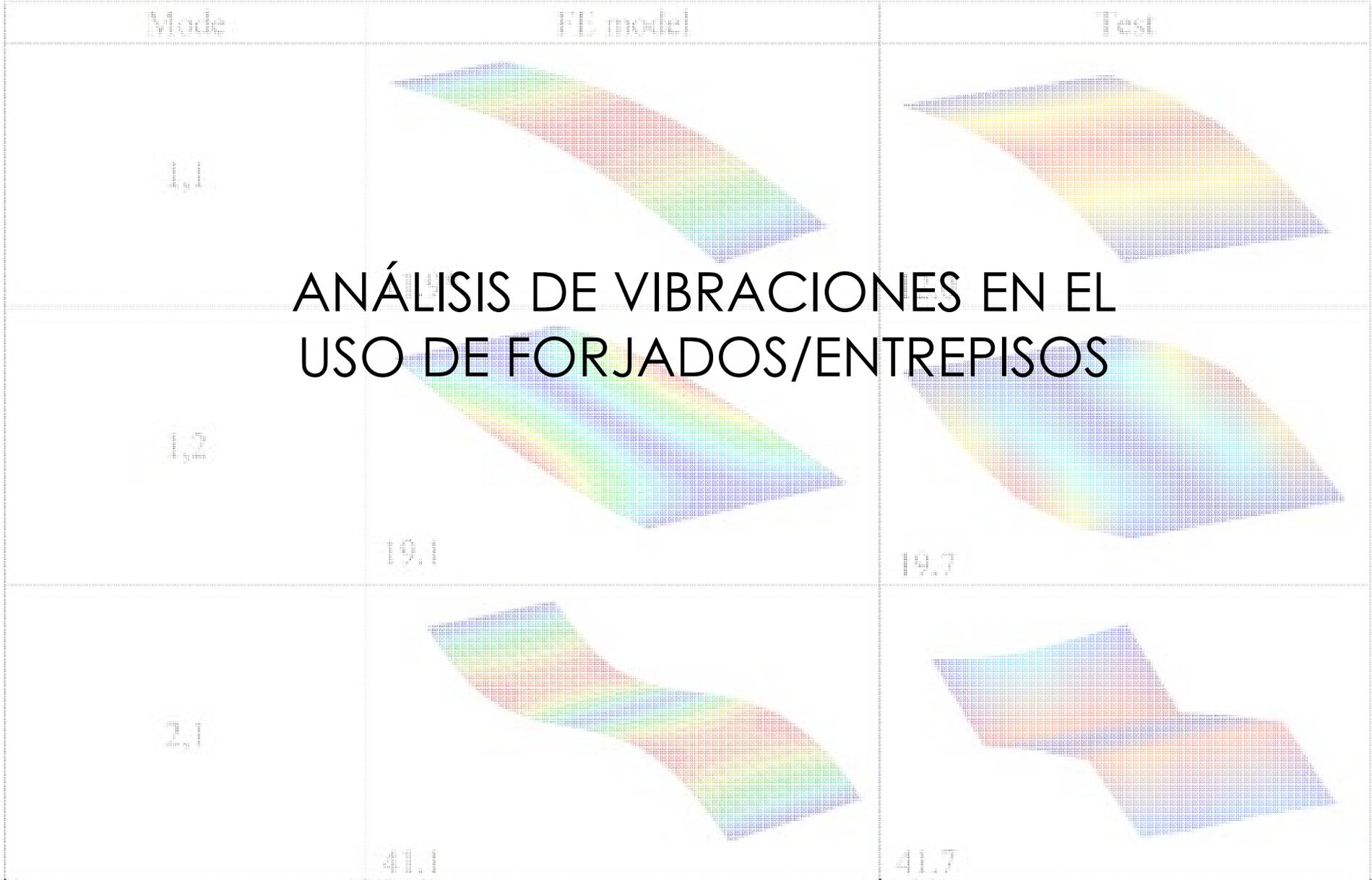
**Annex D**  
(normative)

**Shear tests**

**Annex F**  
(normative)

**Determination of strength, stiffness and density properties of cross  
laminated timber**

# ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN EL USO DE FORJADOS/ENTREPISOS





CAPACIDAD DE AISLAMIENTO:  
TRANSMITANCIA TÉRMICA

# ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA, HUELLA DE CARBONO Y AHORRO ENERGÉTICO COMO PRODUCTO ESTRUCTURAL DE CONSTRUCCIÓN



CO<sub>2</sub>

Gracias por la atención



Dr. Ing. Vanesa Baño

[vanesab@fing.edu.uy](mailto:vanesab@fing.edu.uy)

Dpto. Estructuras, IET  
Facultad de Ingeniería

PANELES CLT CON MADERA DE PINO EN URUGUAY  
Proyectos de investigación y primeros resultados