



CTFC



Madera contralaminada para una nueva arquitectura

Jordi Gené Sera

Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña, CTFC

Santander, 8 de marzo de 2018

- 1 PROCESO PRODUCTIVO
- 2 PRODUCTO GLOBAL
- 3 CONTROL DE CALIDAD
- 4 APTITUD DE LA MADERA LOCAL

ÍNDICE

CTFC



**PROCESO
PROCUTIVO**

Madera contralaminada



CLT production process

- *Harvesting and classification*
- *Sawmill*

- *Controlled drying*
- *Strength grading*
- *Finger jointing*
- *Planning laminations*
- *Adhesive application*
- *Mounting, pressing and curing*
- *Planning and finishing*
- *Packaging and labelling*
- *Shipment*



CLT production process

Important consideration:



- **CLT-dimensions:** standard 125 cm up to 350 cm
- **CLT-surfaces:** residential - industrial - jointless
- Level of automation - **capacity** - investment
- Modular **expandability** – required space
- Visualization - **controlling**
- Maximum **flexibility**
- Logistics and service ...



CTFC



PRODUCTO GLOBAL

La construcción con madera: Innovación y sostenibilidad

Sector construcción y edificios (EU):

- 42% consumo energético, 50% uso de materiales, 33% residuos, 35% emisiones CO₂
- 10% PIB y 18 millones de puestos de trabajo

Construir con madera: prefabricación industrial

- ↓ Uso de material, residuos, tiempo de instalación
- ↑ Eficiencia térmica
- ↓ Emisiones de CO₂

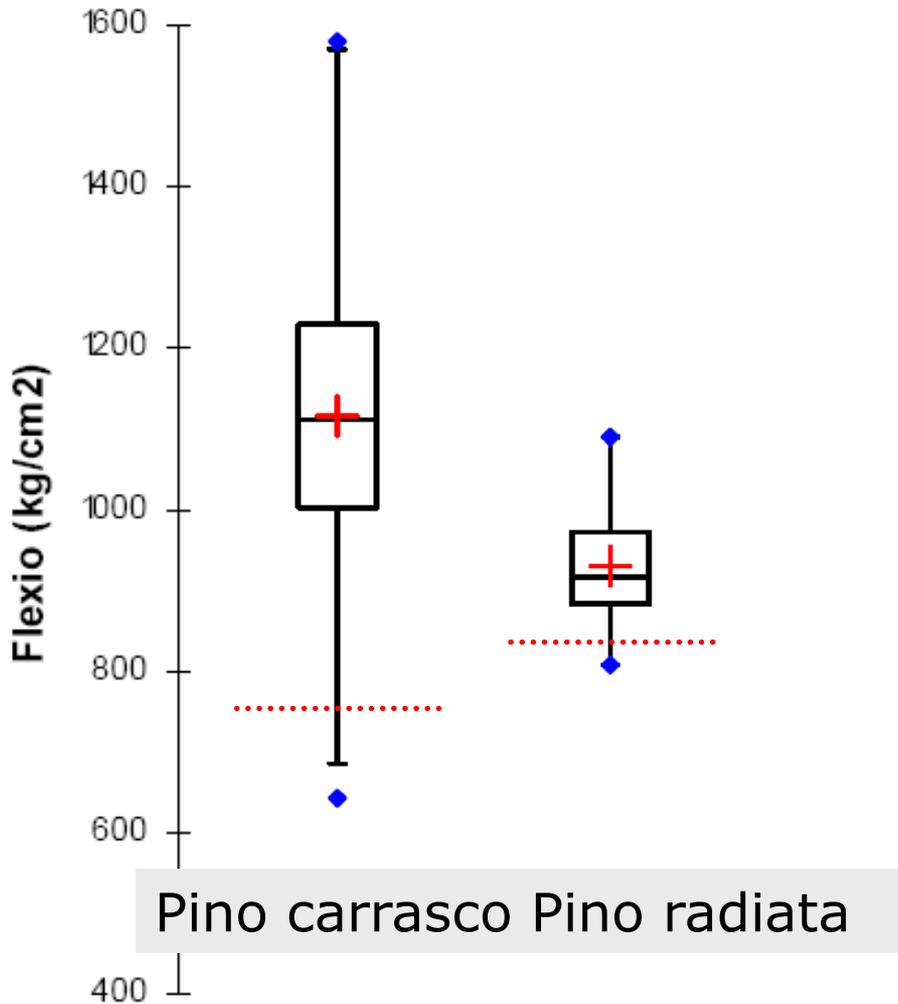
Por cada tonelada de madera que utilizamos se ha capturado 1,82 T de CO₂



La retención del CO₂ es más efectiva cuanto más tiempo este capturado por el sumidero

Gestión de la heterogeneidad: ensayos

Caracterización física y mecánica



Clases resistentes: UNE-EN 338

		Coníferas y chopo												Frondosas							
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Propiedades de resistencia (en N/mm ²)																					
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70
Tracción paralela a la fibra	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	18	21	24	30	36	42
Tracción perpendicular a la fibra	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5
Cortante	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
Propiedades de rigidez (en kN/mm ²)																					
Módulo de elasticidad medio paralelo a la fibra	$E_{0,medio}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20
Módulo de elasticidad paralelo a la fibra (5% percentil)	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	$E_{90,medio}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Módulo medio de cortante	G_{medio}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
Densidad (en kg/m ³)																					
Densidad	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Densidad media	ρ_{medio}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080
<p>NOTA 1 Los valores dados en esta tabla para la resistencia a tracción, resistencia a compresión, resistencia a cortante, 5% percentil del módulo de elasticidad, módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra y módulo de cortante se han calculado utilizando las ecuaciones dadas en el anexo A.</p> <p>NOTA 2 Las propiedades relacionadas en esta tabla son aplicables a la madera que presente un contenido de humedad que corresponde a una temperatura de 20 °C y una humedad relativa del 65%.</p> <p>NOTA 3 Es probable que la madera perteneciente a las clases C45 y C50 no esté fácilmente disponible.</p> <p>NOTA 4 Los valores característicos de resistencia a cortante son para madera sin firmas, de acuerdo a la Norma EN 408. El efecto de las firmas debería tenerse en cuenta en las normas de diseño.</p>																					

Combustibilidad

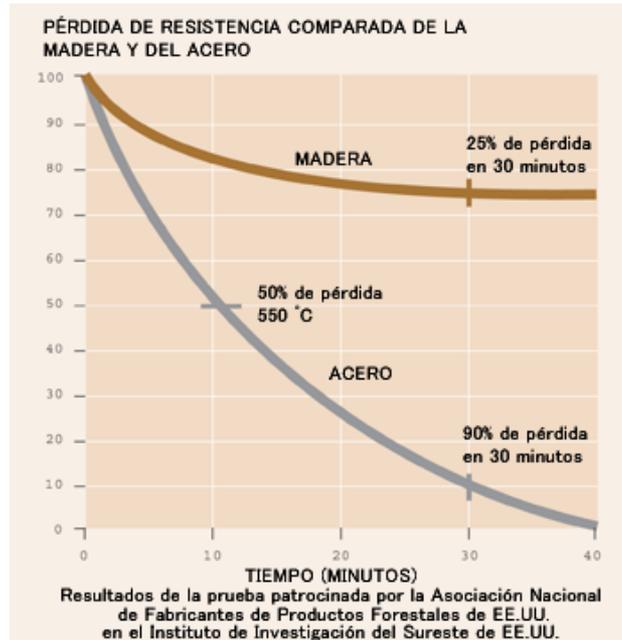


Tabla E.1. Velocidad de carbonización nominal de cálculo, β_n , de maderas sin protección

	β_n (mm/min)
Coníferas y haya	
Madera laminada encolada con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,70
Madera maciza con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,80
Fronosas	
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica de 290 kg/m^3 ⁽¹⁾	0,70
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,55
Madera microlaminada	
Con una densidad característica $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,70

¹⁾ Para densidad característica comprendida entre 290 y 450 kg/m^3 , se interpolará linealmente

Eficiència energètica

ESQUEMA ESTIU

Coberta ventilada

Aïllament coberta
24cm cotó reciclat

Captació Fotovoltaica

Balanç net

Protecció solar fixa

Recuperador d'aigües
pluvials

Ascensor
amb
bateria

Aïllament exterior
12cm fibra de fusta

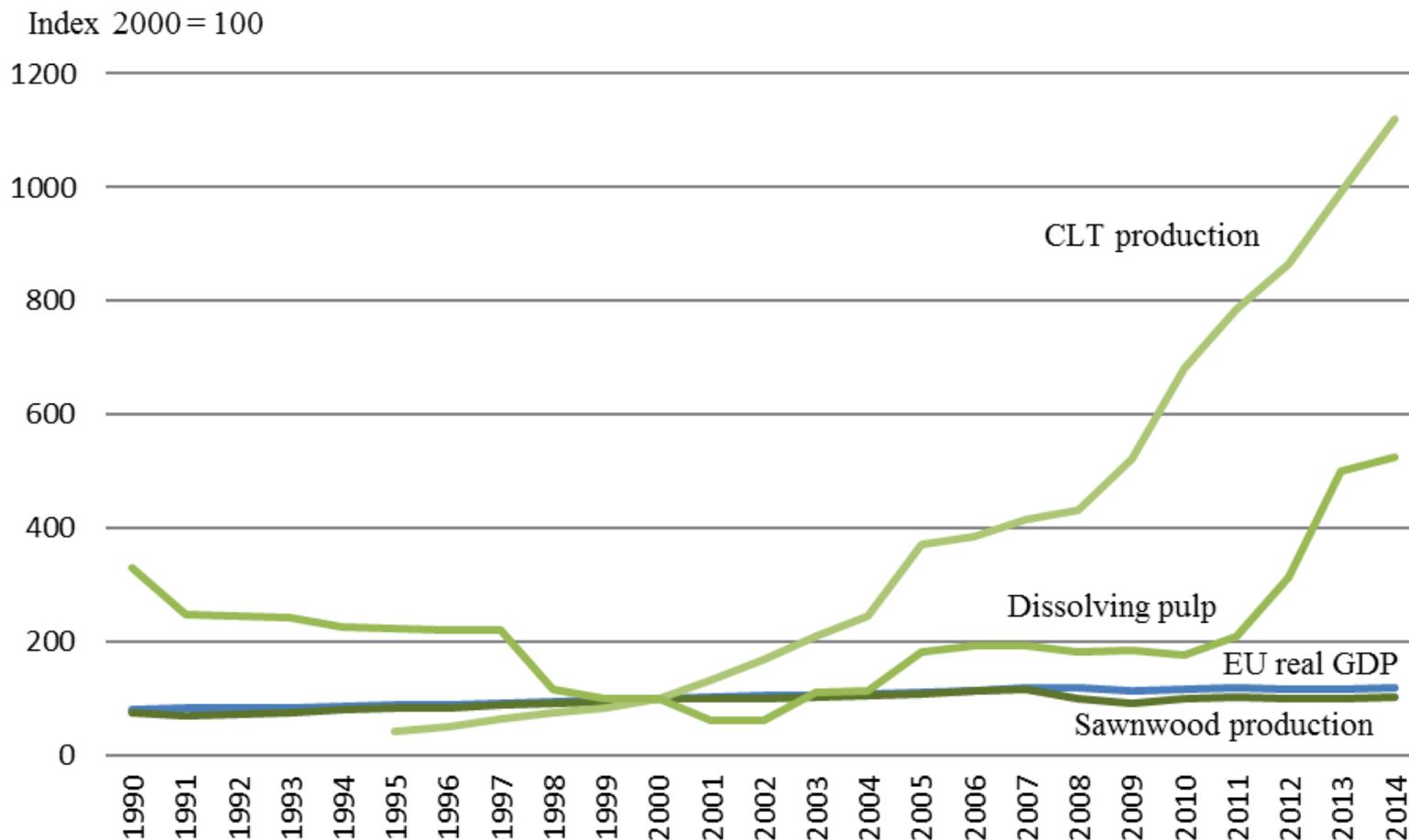
Inèrcia tèrmica
edifici existent

Ventilació
Creuada

Aïllament solera

+24.10
COTA PB EDIFICI

Producción UE: 1990-2014; Competitividad de los nuevos bioproductos



Development – CLT production capacities 2017



Europe:	~ 800.000 m ³	DACH region: 75%, + 15% p.a.
North America:	~ 180.000 m ³	4 companies
Japan:	~ 60.000 m ³	1 company; target 2024: 500.000 m ³
Australia:	~ 60.000 m ³	Export from Austria 2016: > 4.000 m ³

Experiencia a nivel global



Rehabilitación y ampliación de un centro cívico Barcelona



- Arq. Josep Bunyesc, Premio de Excelencia Energética 2016
- Importancia del carácter demostrativo

Edificio Cavallers, Lleida. Arq. Ramon Llobera



Edificios de viviendas de protección oficial Hondarribia, Guipúzcoa



Edificio 7 pisos cooperativa La Borda, Barcelona



CTFC



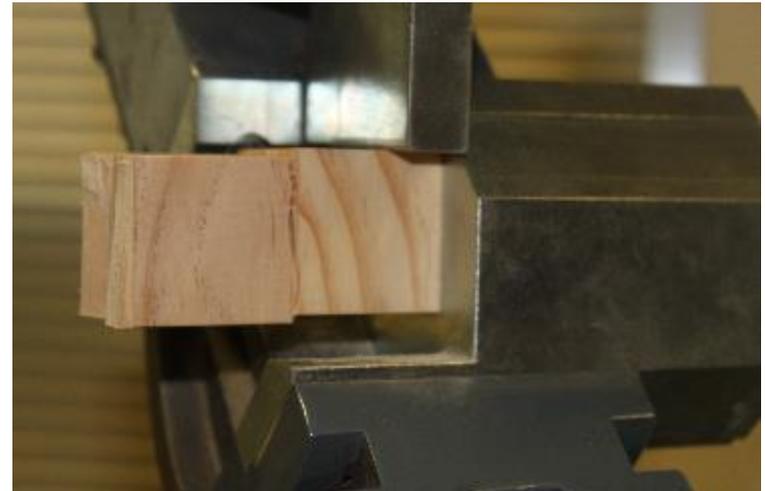
**Control de calidad del
producto**

INCAFUST 

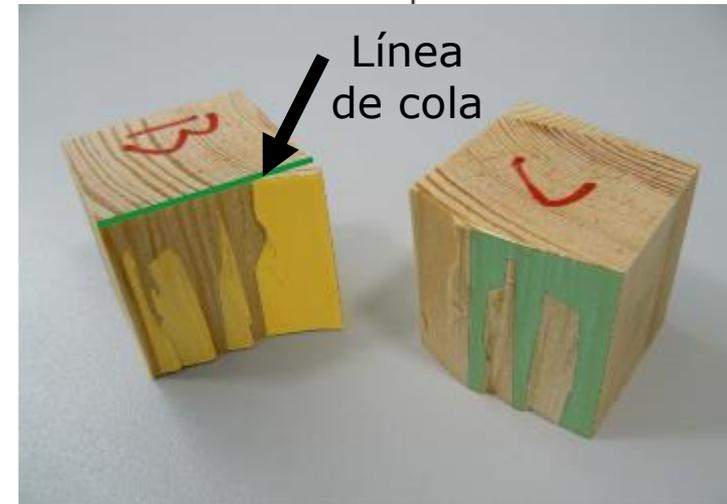
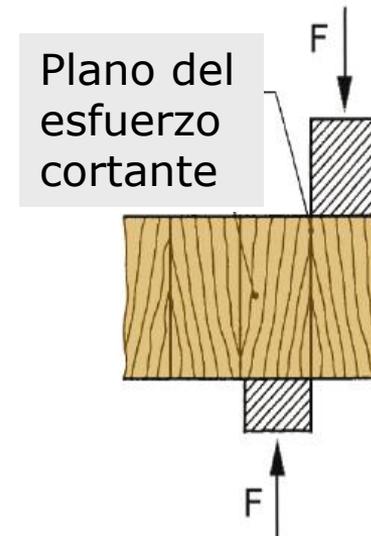
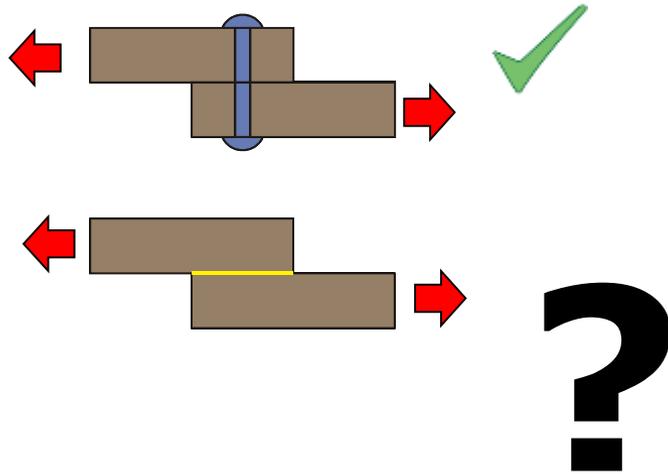
Ensayos en madera contralaminada

Resistencia a esfuerzo cortante por línea de cola
Resistencia a cortante de rodadura
Ensayo de delaminación en líneas de adhesivo
Flexión estática de uniones dentadas
Resistencia a flexión estructural

...



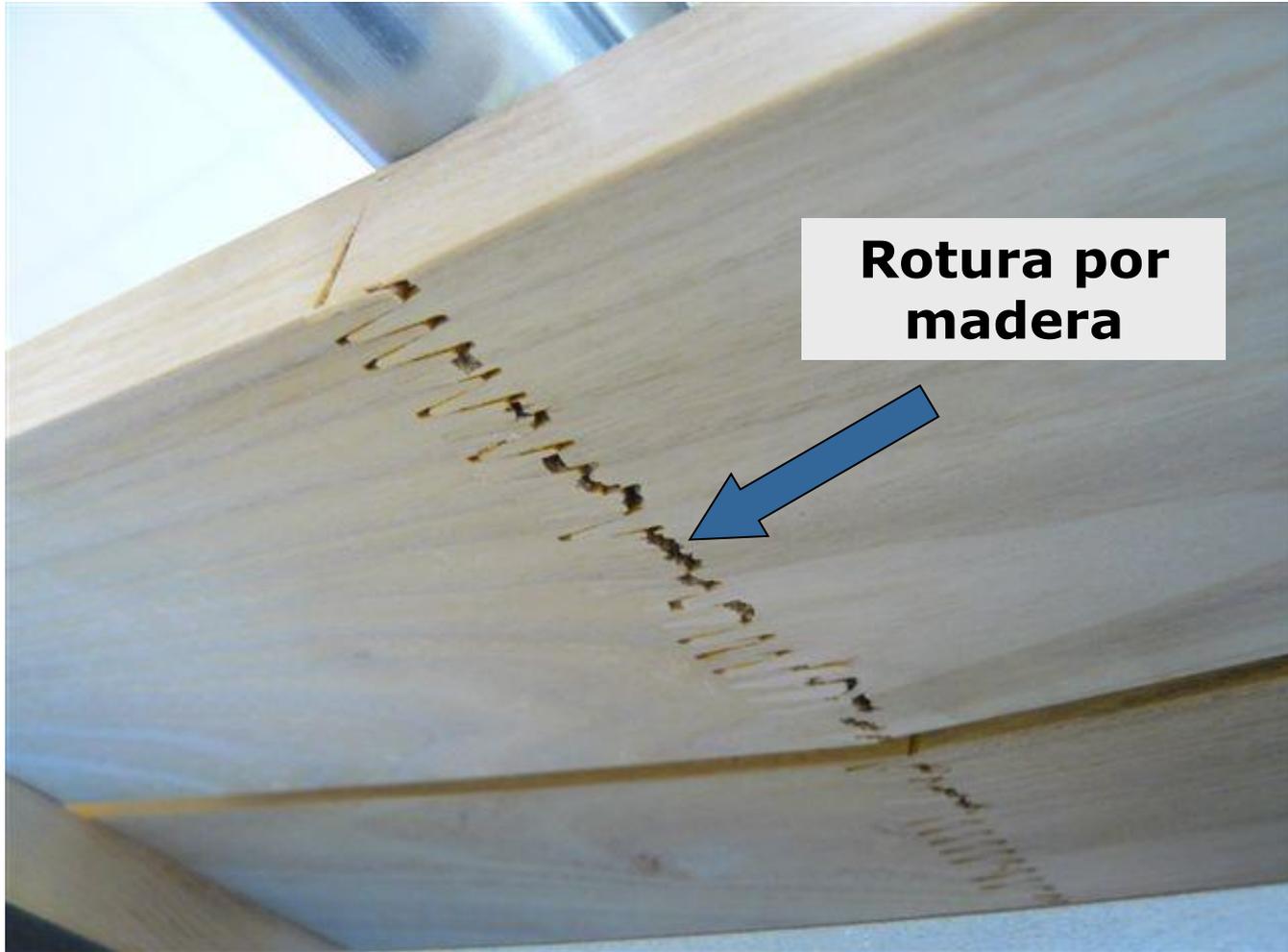
Resistencia a esfuerzo cortante



Fallo por
madera

Fallo por
cola

Resistencia a flexión del *fingerjoint*



CTFC



APTITUD MADERA LOCAL

Ejemplos con madera peninsular...

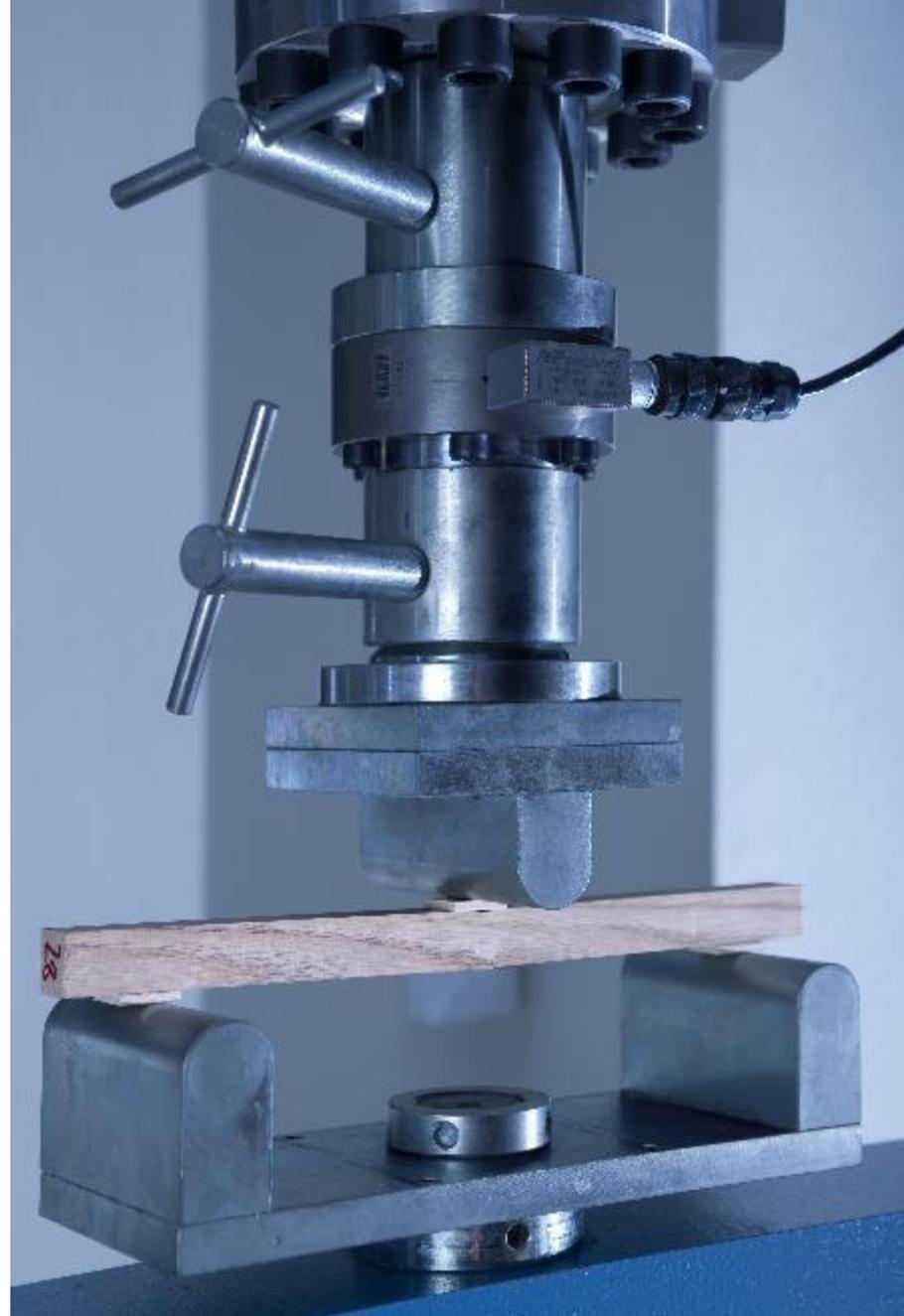


Propiedades físicas y mecánicas de elementos de CLT fabricados con *Pinus sylvestris*.

En total se ensayaron 47 paneles de CLT, de los cuales 16 eran de 3 capas y 31 de 5 capas. La clase resistente de la madera de pino silvestre con la que se produjeron los paneles era C24.

Ensayos:

- ✓ 32 ensayos de resistencia a flexión (16 paneles de 3 capas y 16 paneles de 5 capas).
- ✓ 15 ensayos de resistencia a esfuerzo cortante de rodadura (15 paneles de 5 capas).
- ✓ 40 ensayos de resistencia a cortante por línea de cola (20 probetas de 50×50 mm extraídas de paneles de 3 capas y 20 probetas de 50×50 mm extraídas de paneles de 5 capas)



Resultados:



Los paneles de CLT de 3 capas dieron unos valores de resistencia a flexión de 35,1 N/mm², de rigidez de 10.853,7 N/mm² y de densidad de 444,9 kg/m³.

Los paneles de CLT de 5 capas dieron unos valores de resistencia a flexión de 46,2 N/mm², de rigidez de 11.339,7 N/mm² y de densidad de 471,3 kg/m³.

Los paneles de CLT de 5 capas dieron unos valores de resistencia al esfuerzo cortante de rodadura de 2,0 N/mm² y una densidad de 459,1 kg/m³.

La resistencia al esfuerzo cortante por la línea de cola entre las capas del panel de 3 capas fue de 3,80 N/mm² y la del panel de 5 capas de 3,10 N/mm². En todos los ensayos la rotura de la línea de cola fue por madera. Estos resultados superan el valor mínimo de 1,25 N/mm² que recomienda la normativa europea de aplicación.



Resultados:

Comparación de las propiedades características de los paneles de CLT con madera de pino silvestre local y Picea abies

Parámetros			3 capas, h = 85 mm		5 capas, h = 95 mm	
			Pino	Pícea C24 ¹⁾	Pino	Pícea C24 ¹⁾
Módulo de elasticidad	$(EI)_{eff}$	$(N/mm^2) \times 10^5$	4,2789	4,3366	5,1334	4,9796
Resistencia a flexión, resultados de ensayo ²⁾	$f_{m,lay,k}$	(N/mm^2)	35,10	---	46,20	---
Resistencia a flexión, calculado ³⁾	$f_{m,lay,k}$	(N/mm^2)	27,00	26,40	35,00	26,40
Resistencia a tracción, calculado ³⁾	$f_{t,0,lay,k}$	(N/mm^2)	18,00	15,95	28,00	15,95
Esfuerzo cortante de rodadura	$f_{r,lay,k}$	(N/mm^2)	2,00	1,00	2,00	1,00
Densidad	ρ_k	(kg/m^3)	445	385 ⁴⁾	471	385 ⁴⁾

1) Abeto clase resistente C24

2) Resultados de ensayo sin considerar k_{sys} y k_h

3) Valores calculados según los resultados de ensayo de resistencia a flexión con $k_{sys}=1,10$ y $k_h=1,30$

4) Densidad multiplicada por factor 1,10

Arquitectura



Gracias



Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Catalunya
Ctra. de Sant Llorenç de Morunys, Km.2
25280 Solsona (Lleida)

T +34 973481752
info@incafust.cat
www.ctfc.cat