



LIFE  
**Eco  
Timber  
Cell**

# **Tablero Mejorado para Sistemas Eco TimberCell**

# TABLERO MEJORADO PARA SISTEMAS EcoTimberCell



EL PROYECTO LIFE EcoTimberCell (LIFE 17 CCM/ES/000074) HA  
RECIBIDO FINANCIACIÓN DEL PROGRAMA LIFE DE LA UNIÓN EUROPEA

# EL PROYECTO LIFE EcoTimberCell

LIFE EcoTimberCell es un Proyecto Piloto Close to market dentro del área prioritaria **Mitigación de Cambio Climático** para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que se centra en la prioridad política de la UE, **Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (LULUCF)**.

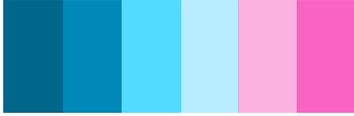
De acuerdo con la Directiva 2012/27/UE, es imprescindible realizar actuaciones sobre los procesos de edificación para alcanzar el objetivo de **reducir las emisiones de gases de efecto invernadero** entre un 80% y un 95% para 2050 respecto a 1990. Dado que los edificios representan el 40% del consumo de energía final de la UE, reducir el consumo energético de los mismos se entiende como la forma más eficaz para ayudar a mitigar el cambio climático. LIFE EcoTimberCell afronta este reto desde tres líneas:

- Desarrollo de productos de construcción con huella de CO<sub>2</sub> negativa a partir de maderas locales.
- Fomento de la construcción con sistemas basados en estos productos, que faciliten envolventes económicas y garanticen una baja demanda energética.
- Reducción al mínimo del coste energético del tratamiento de los materiales al final de la vida útil del edificio, reduciendo los residuos.

La construcción de viviendas con este sistema incrementará la demanda de madera local certificada, lo que potenciará la gestión forestal sostenible y la creación de empleos verdes locales, fijando población en el medio rural.

LIFE EcoTimberCell supondrá una sustitución de productos derivados de Industrias de Uso Intensivo de Energía, tales como el hormigón y el acero en la edificación. Se trata de una solución innovadora para la fabricación de elementos constructivos baja en carbono, que además implica una **fijación de Carbono a largo plazo con materiales sostenibles a través de los sistemas EcoTimberCell (ETC)**.





# ÍNDICE

- Introducción
- Características del Hardboard de Betanzos HB
- Caracterización mecánica del tablero
  - Ensayo a Tracción (UNE-EN 789)
  - Flexión de canto (UNE-EN 408)
  - Compresión en el plano (UNE-EN 789)
  - Cortante de cizalladura (UNE-EN 789)
  - Cortante de rodadura (UNE-EN 789)
  - Compresión Perpendicular (UNE-EN 789)
  - Métodos no destructivos (USLab)
- Propiedades físicas del tablero
- Almacenamiento y Manipulación
- Sistemas estructurales innovadores



## INTRODUCCIÓN

Entre las acciones del proyecto LIFE EcotimberCell, se debe destacar el estudio y mejora del tablero hardboard que asegure unas mayores prestaciones del producto final. Con el desarrollo de esos estudios **se persigue obtener un tablero de fibras adaptado a los sistemas estructurales EcoTimberCell con cualidades de resistencia mecánica, resistencia a la humedad y reacción al fuego, mejoradas**

Para el conocimiento del tablero en profundidad es necesario realizar una completa **campaña de caracterización** que incluye ensayos para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas.

En este documento se presenta un resumen de los trabajos de caracterización realizados sobre el tablero Tablex, así como los principales resultados obtenidos, abarcando las siguientes propiedades:

- Conductividad térmica,
- Humedad,
- Densidad,
- Permeabilidad al vapor de agua.
- Características mecánicas (resistencia y rigidez a flexión, tracción, cortante y compresión).



Los resultados reflejados en este informe son fruto del trabajo realizado en el ámbito del proyecto LIFE EcoTimberCell y a través de este catálogo se ponen a disposición del público en general para un **mayor conocimiento sobre el tablero TABLEX y sus posibilidades de aplicación.**



## INTRODUCTION

Among the actions of the LIFE EcoTimberCell project, we must highlight the study and improvement of the hardboard that ensures better performance of the final product. With the development of these studies, **the aim is to obtain a fibreboard adapted to the EcoTimberCell structural systems with improved mechanical resistance, humidity resistance and reaction to fire qualities.**

For an in-depth knowledge of the board, it is necessary to carry out a **complete characterisation campaign** including tests to determine the physical and mechanical properties.

This document presents a **summary of the characterisation work** done on the Tablex board, as well as the main results obtained, covering the following properties:

- Thermal conductivity,
- Moisture,
- Density,
- Permeability to water vapour.
- Mechanical characteristics (resistance and rigidity to bending, traction, shearing and compression).



The results reflected in this report are the result of the work carried out in the context of the LIFE EcoTimberCell project and through this catalogue they are made available to the public in general, **for a better knowledge of the TABLEX board and its application possibilities.**



## CARACTERÍSTICAS DEL HARDBOARD DE Betanzos HB

### DEFINICIÓN

**Tablex** es Natural Fiber Board, tableros de fibra de madera sin agentes artificiales de unión. **Esta es la marca comercial de tableros de fibra de madera de alta densidad que fabrica Betanzos HB**, a partir de frondosas procedentes de plantaciones de proximidad y gestionadas de manera sostenible, como acreditan sus certificados del **Consejo de Administración Forestal (FSC®)** y del Programa para el Reconocimiento de Certificación Forestal (PEFC).



El tablero de fibras de madera de alta densidad es **producido de manera sostenible** a partir de madera y subproductos de la industria forestal certificados, con energía renovable, obteniéndose un producto con **excelentes propiedades de resistencia y durabilidad**, que además de natural, es reciclable y biodegradable, por lo que es un material con multitud de aplicaciones.

El Tablex puede considerarse **100% ecológico** pues está hecho solamente de madera, aprovechando las propiedades termoplásticas de la lignina como adhesivo natural, en lugar de adhesivos artificiales, derivados del petróleo. Además, es un material muy versátil, pudiendo utilizarse en la fabricación de muebles, decoración, suelos, construcción, techos e insonorización interior.



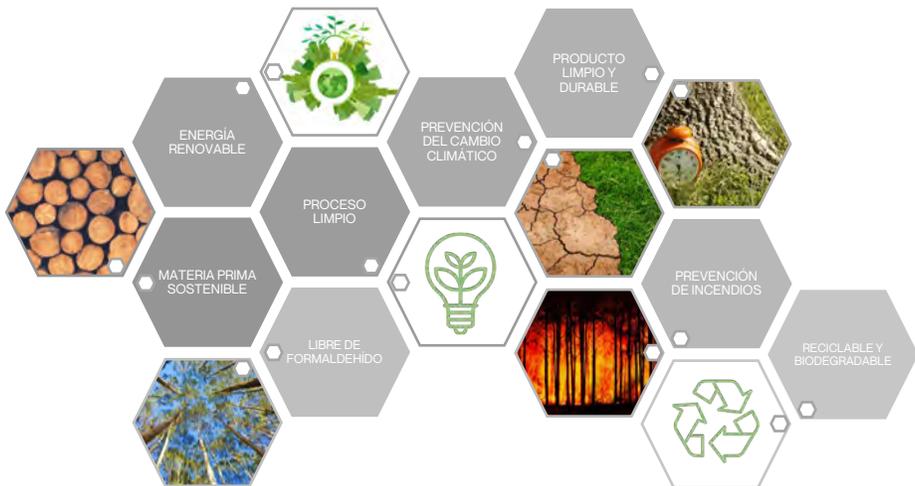
# CARACTERÍSTICAS DEL HARDBOARD DE Betanzos HB

## PRODUCTO SOSTENIBLE

Al contrario que otros tableros de madera, Tablex no emite formaldehído, salvo el procedente de la madera natural, por lo que está exento de las normas CARB2 y TSCA Title VI, y no es necesario certificarlo.

La larga durabilidad del producto, debido a su alta densidad, lo convierte en un **material resistente, confiable y ecológico**, que supone un bajo consumo energético y unas bajas emisiones de CO<sub>2</sub> también durante el proceso de fabricación. Es biodegradable y permite su reaprovechamiento como fuente de calor natural, combustible renovable al final de su ciclo de vida para producir energía.

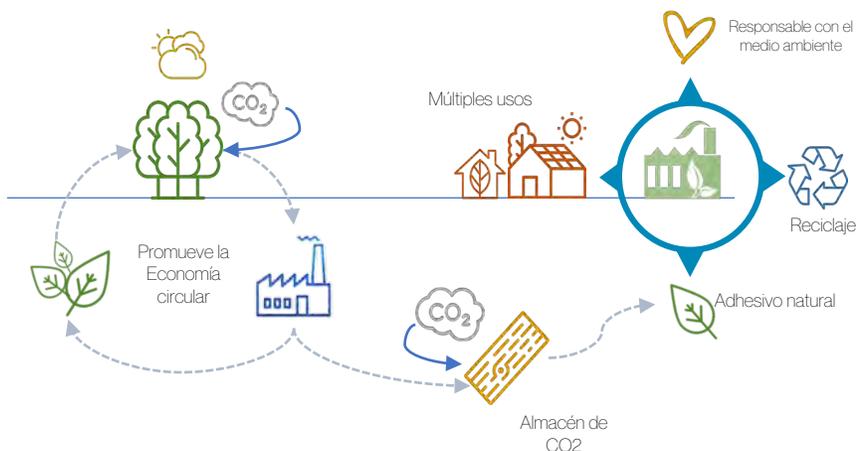
**Betanzos HB** cuenta con un sistema de gestión ambiental certificado de acuerdo a la norma ISO 14001. Para conseguir la energía que necesita la planta, **utiliza como combustible biomasa forestal** que resulta una opción de energía limpia, segura y eficiente. Así se contribuye con el mantenimiento del entorno. De esta manera, Betanzos HB es una gran compradora de madera y de biomasa de los montes de proximidad, fomentando la silvicultura sostenible y ordenada que mitiga el impacto de los incendios forestales y de fenómenos meteorológicos extremos.



# CARACTERÍSTICAS DEL HARDBOARD DE Betanzos HB

## BENEFICIOS

Tablex es 'pura madera', ya que está fabricado a partir de madera y agua, aprovechando las propiedades termoplásticas de la lignina como **adhesivo natural**, en lugar de adhesivos artificiales. Y es un biomaterial que actúa como **almacén de CO<sub>2</sub>** desde su etapa previa como árbol hasta el final de su ciclo de vida. El CO<sub>2</sub> atrapado durante el crecimiento del árbol sigue almacenado durante todo el tiempo de utilización del producto.



## ACREDITACIONES Y CERTIFICADOS

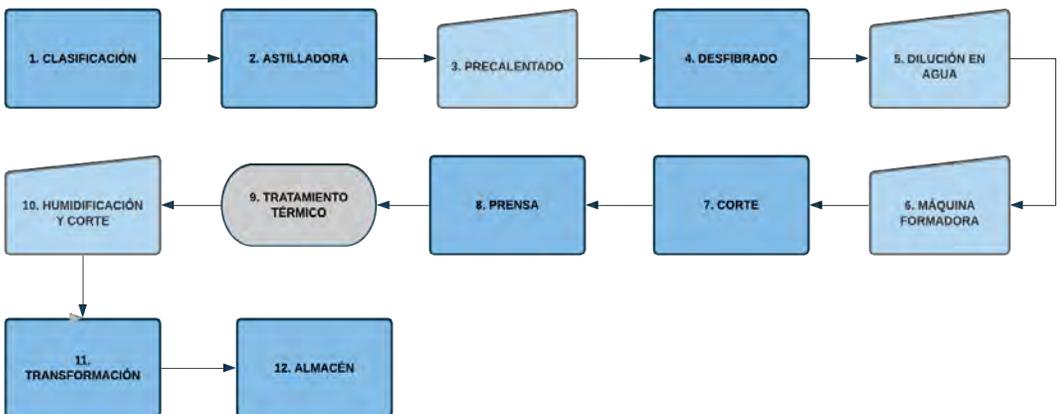
Betanzos HB, es una fabrica europea de gran capacidad y con una larga experiencia certificada.



# CARACTERÍSTICAS DEL HARDBOARD DE Betanzos HB

## PROCESO DE FABRICACIÓN

El proceso de fabricación del tablero de fibras duro se caracteriza por no utilizar adhesivos artificiales para enlazar las fibras de madera, utilizando agua como vehículo transportador de las fibras. El producto final presenta un color marrón oscuro originado durante la polimerización de las ligninas y los azúcares a altas temperaturas, así como unas marcas características en una de sus caras por haber descansado sobre una malla metálica durante el prensado.



Astilladora



Parque de astilla



Formación



Almacén





## CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL TABLERO

### PLAN DE ENSAYOS REALIZADO

El proceso de caracterizar del tablero consiste en realizar una serie de ensayos representativos, para obtener las diferentes propiedades mecánicas de resistencia y rigidez. En este apartado **se exponen los resultados de la caracterización realizada a los tableros de fibras duros de la empresa Betanzos HB**. Para la realización de la misma, se ha tomado como base la norma UNE- EN 789, evaluando los siguientes espesores.

Espesores de Tablex (mm)				
2,0	2,5	3,0	4,8	5,4

Espesores Tablex Hidrofugo (mm)		
4,8	5,4	6,4

En el marco del proyecto LIFE EcoTimberCell **se analiza en profundidad el Tablex de espesor 5.4 mm**, para tener un conocimiento general de las prestaciones estructurales del tablero que permita establecer un punto de partida para su mejora.

Antes de realizar los ensayos las probetas se aclimatan en una cámara acondicionada a 20°C y 65% de humedad relativa. Las probetas en el tablero han sido distribuidas teniendo en cuenta las dimensiones y geometría propuestas en la norma UNE-EN 789., de cada tablero se obtienen probetas para la realización de los siguientes ensayos propuestos.



Tracción



Flexión de Canto



Compresión en el plano



Cortante de Cizalladura



Cortante de rodadura



Compresión perpendicular



# CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL TABLERO

## ENSAYO A TRACCIÓN

Para cada tablero se cortan dos probetas en dirección longitudinal y transversal. El proceso de formación da cierta ortotropía a las propiedades mecánicas del tablero, siendo la dirección longitudinal la que presenta los valores más elevados.



Siguiendo lo expuesto en la Norma UNE-EN 789, se expone en la siguiente tabla los resultados del conjunto de ensayos de tracción (longitudinal y perpendicular) realizados.

Resistencia característica		
	Longitudinal $f_{t,l,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Perpendicular $f_{t,p,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Tracción	23,7	18,7

Rigidez		
	Longitudinal $E_{t,l}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Perpendicular $E_{t,p}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Tracción	5181	4900

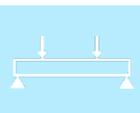


## ENSAYO FLEXIÓN DE CANTO

Empleando la configuración de ensayo de la Norma UNE-EN 408 para estructuras de madera, se realizan ensayos de flexión de canto. Se tiene que tener en cuenta que para la obtención de los siguientes resultados se ha tenido que encolar varios tableros al ser este muy delgado, para evitar el alabeo o vuelco lateral durante el ensayo. Por tanto la resistencia característica obtenida es el resultado de la media de 5 tablas, con lo cual no debe considerarse como característica para flexión de un solo tablero.

Resistencia Característica	
	Longitudinal $E_k$ (N/mm <sup>2</sup> )
Flexión de Canto	33,5

Rigidez	
	Longitudinal $E_m$ (N/mm <sup>2</sup> )
Flexión de Canto	5816



# CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL TABLERO

## ENSAYO A COMPRESIÓN EN EL PLANO

Siguiendo lo expuesto en la Norma UNE-EN 789 se expone en la siguiente tabla los valores medios y característicos de las propiedades mecánicas de compresión en el plano (longitudinal).

Resistencia característica		
	Longitudinal $f_{c,l,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Perpendicular $f_{c,p,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Compresión En El Plano Del Tablero	25,4	18,8

Rigidez		
	Longitudinal $E_{c,l}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Perpendicular $E_{c,p}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Compresión En El Plano Del Tablero	5317	4116



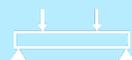
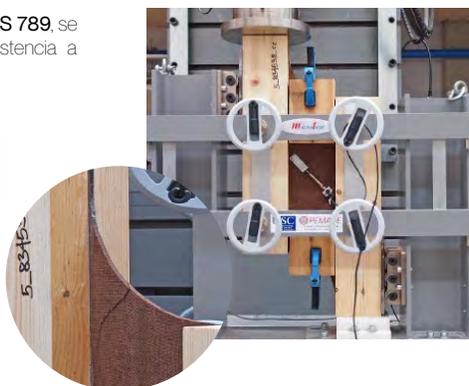
## ENSAYO A CORTANTE, EN EL GRUESO

Mediante el ensayo expuesto en la norma UNE-ES 789, se determino el módulo de cortante (G) y la resistencia a cortante de cizalladura.

Resistencia característica	
	$f_{vk}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Cortante, En El Grueso	11,1

Rigidez	
	$G_v$ (N/mm <sup>2</sup> )
Cortante, En El Grueso	1876



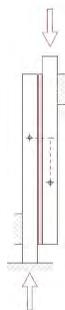
# CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL TABLERO

## ENSAYO A CORTANTE EN EL PLANO

La evaluación de las propiedades a cortante se han llevado a cabo teniendo en cuenta las indicaciones de la norma UNE-EN 789.

Resistencia característica	
	$f_{r,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Cortante, En El Plano	2.0

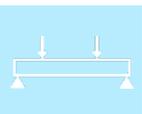
Rigidez	
	$G_r$ (N/mm <sup>2</sup> )
Cortante, En El Plano	403



## ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR

Teniendo en cuenta la disposición del ensayo expuesto en la Norma UNE-EN 789, se obtienen los valores medios de las propiedades mecánicas en compresión perpendicular al plano del tablero. Cabe destacar que durante el ensayo se produce una plastificación en torno a los 25 N/mm<sup>2</sup>, pero a continuación vuelve a incrementarse la pendiente, no consiguiendo detectarse rotura en la probeta. No indicamos la resistencia a compresión perpendicular, ya que superada esta pequeña plastificación, los valores que se alcanza son muy altos.

Rigidez	
	$E_{c,90}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Compresión Perpendicular al Plano	509



# CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL TABLERO

## RESULTADOS

Características mecánicas del Tablex de espesor 5.4 mm

RESISTENCIA			Valor característico	Valor medio	Uds.	N.º de ensayos
Tracción	Longitudinal	$f_{t,l}$	23.7	28,9	N/mm <sup>2</sup>	16
	Perpendicular	$f_{t,t}$	18.7	26,9	N/mm <sup>2</sup>	16
Compresión en el plano del tablero	Longitudinal	$f_{c,l}$	25.4	29,4	N/mm <sup>2</sup>	16
	Perpendicular	$f_{c,t}$	18.8	24,0	N/mm <sup>2</sup>	15
Flexión de canto	Longitudinal	$f_m$	33.5	39,6	N/mm <sup>2</sup>	16
Cortante, en el grueso		$f_v$	11.1	13,1	N/mm <sup>2</sup>	11
Cortante, en el plano		$f_r$	2.0	2,7	N/mm <sup>2</sup>	21
Compresión perpendicular al plano		$f_{c,90}$	-		N/mm <sup>2</sup>	12

RIGIDEZ (VALORES MEDIOS)				
Tracción	Longitudinal	$E_{t,l}$	5181	N/mm <sup>2</sup>
	Perpendicular	$E_{t,p}$	4900	N/mm <sup>2</sup>
Compresión en el plano del tablero	Longitudinal	$E_{c,l}$	5317	N/mm <sup>2</sup>
	Perpendicular	$E_{c,p}$	4116	N/mm <sup>2</sup>
Flexión de canto*	Longitudinal	$E_m$	5816	N/mm <sup>2</sup>
Cortante, en el grueso		$G_v$	1876	N/mm <sup>2</sup>
Cortante, en el plano		$G_r$	403	N/mm <sup>2</sup>
Compresión perpendicular al plano**		$E_{c,90}$	509	N/mm <sup>2</sup>

\* Adaptación ensayo UNE EN 408 (5 tableros encolados)

\*\* Valor impreciso por configuración de ensayo de UNE EN 789



# CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL TABLERO

## TABLERO MEJORADO

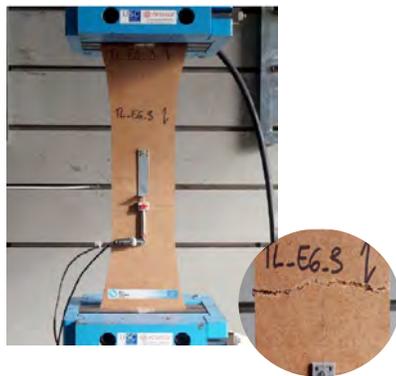
Conocidas las prestaciones del tablero que se fabrica de forma estándar en Betanzos BH. Se presentan **las ventajas que aporta el tablero mejorado de 6,4 mm estándar e hidrofugo (5,4 y 6,4 mm).**

-Se **incrementa el espesor** del tablero con el fin de hacerlo más resistente, mejorar la rigidez y la resistencia mecánica.

-La mejora del comportamiento del tablero frente a la humedad, **permite aumentar la durabilidad como la reducción del hinchamiento.**

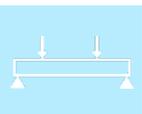
La evaluación de las propiedades del tablero mejorado Tablex de 6,4 mm e hidrófugos de 5,4 y 6,4 mm se realiza con el ensayo más representativo de la caracterización anterior:

-El ensayo a tracción descrito en la Norma UNE-EN 789, para la caracterización de las propiedades de los tableros en el que se obtiene la resistencia a tracción y la rigidez.



## APLICACIÓN DE TÉCNICAS DIC

La utilización de la técnica de correlación digital de imágenes (DIC) **permite evaluar el campo de deformaciones producidos durante los ensayos**, con la finalidad de validar los resultados y el modelo planteado en la simulación numérica. Al realizar un registro del ensayo de tracción mediante esta técnica se obtiene un **mejor conocimiento del comportamiento del tablero durante el ensayo**. Estas técnicas fueron empleadas en el proceso de caracterización del tablero mejorado.



# CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL TABLERO

## RESUMEN DE RESULTADOS

Tabla de resultados de la evaluación del tablero mejorado.

Espesores Tablex (mm)		Espesores Tablex Hidrofugo (mm)		
5,4	6,4	4,8 H	5,4 H	6,4 H

### DIRECCIÓN LONGITUDINAL

		5.4	5.4 H*	6.4	6.4 H*	mm
N.º de ensayos		16	25	20	10	
Rigidez	$E_{L,t}$	5181	5205	5730	5931	N/mm <sup>2</sup>
Resistencia	$f_{tL,m}$	28,9	30,8	33,0	29,0	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{tL,k}$	23,7	24,5	26,9	23,1	N/mm <sup>2</sup>

### DIRECCIÓN TRANSVERSAL

		5.4	5.4 H*	6.4	6.4 H*	mm
N.º de ensayos		16	13	10	5	
Rigidez	$E_{L,t}$	4900	4377	5235	4714	N/mm <sup>2</sup>
Resistencia	$f_{tT,m}$	26,9	25,4	29,1	24,2	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{tT,k}$	18,7	19,9	26,0	17,9	N/mm <sup>2</sup>

\* H: tablero hidrofugo

De los resultados de la fase de evaluación de las versiones mejoradas del tablero, se puede destacar:

- Aumento del espesor que mejora las propiedades mecánicas a diferencia de otros tableros comerciales, ya que en este caso aumenta ligeramente la densidad.
- En los tableros hidrófugos mejoran las propiedades en la dirección longitudinal del tablero y se reducen significativamente las transversales. El proceso de fabricación del tablero hidrofugo favorece la alineación de las fibras en el sentido longitudinal, y como se ve en la tabla comparativa, reduce las propiedades en el sentido transversal del tablero.



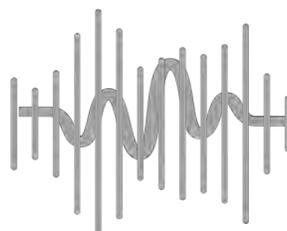
# CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL TABLERO

## MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS

Los ensayos no destructivos son cualquier tipo de prueba practicada a un material que no afecte de forma permanente las propiedades físicas químicas, mecánicas o dimensionales del material. Estos son empleados para la **caracterización de materiales** como la madera y sus derivados, permitiendo **obtener propiedades mecánicas** de los materiales con **gran eficiencia y bajo coste** sin perder la precisión en los resultados.

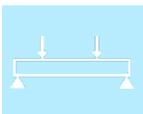


Equipo USlab



El método de aplicación de los ultrasonidos que resulta más adecuado en la verificación de materiales heterogéneos como la madera, es el de transmisión. En los ensayos realizados al tablero de Betanzos HB de 5,4 mm se ha empleado el **equipo USlab** como método de ultrasonidos. **La medición directa con este equipo es el tiempo [en  $\mu\text{s}$ ]** que tarda la onda acústica en recorrer la probeta, los resultados de velocidad obtenidos se puede relacionar con la densidad del tablero para obtener el coeficiente de rigidez, también conocido como módulo de elasticidad dinámico

Los resultados de **los ensayos realizados han verificado la buena correlación entre los datos obtenidos mediante métodos de ultrasonidos y los resultados de la realización de ensayos mecánicos**, permitiendo estimar la calidad del tablero y sus correspondientes propiedades mediante métodos no destructivos. La aplicación de ultrasonidos supone una **herramienta de innovación y mejora de control de calidad para fabricantes y usuarios**, ya que proporciona un conocimiento mucho más amplio de las propiedades mecánicas del tablero y sus prestaciones, sin necesidad de someterlo a ensayos destructivos





# PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TABLEROS

## CONDUCTIVIDAD TÉRMICA [ $\lambda$ ]

El concepto de conductividad térmica nos indica la capacidad que tiene un material para conducir el calor. Cuanto mayor sea la conductividad térmica de un material, mejor conductor del calor será, y por tanto peor aislante térmico. Las unidades habituales son  $W/(m \cdot k)$ .

Con el objetivo de determinar la resistencia térmica del tablero, se ha realizado una primera campaña de ensayos de conductividad térmica de acuerdo a lo establecido en la **Norma UNE-EN 12664**. "Materiales de construcción. Determinación de la resistencia térmica por el método de la placa caliente guardada y el método del medidor del flujo de calor."

De los ensayos realizados se ha concluido que la conductividad térmica ( $\lambda$ ), que mide la capacidad de transmisión de calor a través del material, tiene como valor medio 0,371 (W/mk),

$\lambda_{\text{valor medio}} [W/(m \cdot k)]$	
Tablex	0,37

En la siguiente tabla se describe el valor de conductividad térmica de diferentes materiales.

\* Valores obtenidos de "Catálogo de elementos constructivos del CTE"

Material	Densidad [ $\rho$ ] $kg/m^3$	Conductividad [ $\lambda$ ] $W/(m \cdot K)$
Acero	7800	50
Hormigón armado	> 2500	2,50
Placa de yeso laminado	$750 \leq \rho \leq 900$	0,25
Madera de conífera	$435 \leq \rho \leq 520$	0,15
Tablero contrachapado	$600 \leq \rho \leq 750$	0,21
Tablero MDF	$550 \leq \rho \leq 750$	0,18
Tablero de partículas	$640 \leq \rho \leq 820$	0,18
Tablero OSB	$\rho \leq 650$	0,13
Poliestireno ext. (XPS)	-	0,039-0,033
Lana mineral (MW)	120	0,039



# PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TABLEROS

## HUMEDAD

Habiendo sometido el tablero Tablex a un acondicionamiento mediante cámara climática a 20° C de temperatura y 65% de humedad relativa, se determinó que la humedad de equilibrio de l tablero está en torno al 6% .

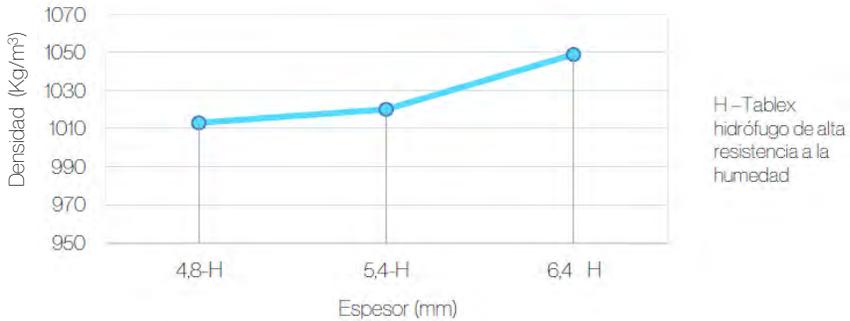
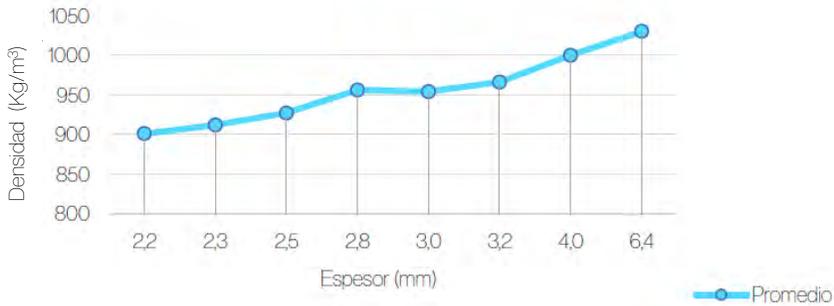
Humedad equilibrio higroscópico [20° 60%]

**6 ±2%**

## DENSIDAD

Según se especifica en la Norma Europea EN 325 se ha calculado la densidad del tablero Tablex a partir de las probeta sin defecto extraídas posteriormente al ensayo mecánico. La densidad se obtiene de las probetas extraídas del tablero al dividir el peso de cada una de las muestras por el volumen de la misma.

Evolución de la densidad con el espesor



# PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TABLEROS

## PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA

Es la capacidad que tiene un material para permitir el paso de vapor de agua debido a la diferencia de presión de vapor. Es uno de los factores fundamentales para el cálculo de condensaciones en los cerramientos. Se obtiene al dividir la permeabilidad al vapor de agua del aire por la permeabilidad del material. Es una medida adimensional. Para conocer la permeabilidad de una capa de material se utiliza el espesor de aire equivalente [  $S_d$  ], resultado de multiplicar el factor de difusión de vapor de agua del material por su espesor.

$$S_d [m] = \mu \cdot e$$

La determinación de las prestaciones higrométricas de los tableros Tablex se basa en las indicaciones de la norma **UNE-EN ISO 12572 “Prestaciones higrotérmicas de los productos y materiales para edificios. Determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua”**. En la siguiente tabla se muestran los factores de resistencia al vapor de agua expresados en la Norma Europea EN 12524 de distintos tableros de madera, estos valores permiten realizar una comparativa con los resultados obtenidos en esta primera campaña de ensayos para el Tablero Tablex.

Factores de resistencia al vapor de agua para los tableros derivados de la madera establecidos en la Norma Europea EN 12524

Tablero derivado de la madera	Densidad media kg·m <sup>3</sup>	Factor de resistencia al vapor de agua	
		Copa húmeda $\mu$	Copa seca $\mu$
Tableros de madera maciza, tableros contrachapados y LVL	300	50	150
	500	70	200
	700	90	220
	1 000	110	250
OSB	650	30	50
Tableros de partículas	300	10	50
	600	15	50
	900	20	50
Tableros de partículas aglomeradas con cemento	1 200	30	50
Tableros de fibras	250	2	5
	400	5	10
	600	12	20
	800	20	30

NOTA - Para las densidades no relacionadas en la tabla 9, pueden calcularse los valores por interpolación.



# PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TABLEROS

## PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA

Los ensayos de “plato seco” proporcionan información sobre el comportamiento de los materiales a humedades bajas cuando la transferencia de humedad está dominada por la difusión de vapor. Los ensayos de “plato húmedo” proporcionan una guía sobre el comportamiento de los materiales bajo condiciones de alta humedad. En humedades más altas, los poros del material se empiezan a llenar de agua; esto incrementa el transporte de agua y disminuye el transporte de vapor.

Factor de resistencia al vapor de agua ( $\mu$ )		
Espesor	Copa Seca	Copa Húmeda
<b>Tablex (5,4 mm)</b>	80	57
<b>Tablex (6,4 mm)</b>	42	56
<b>Tablex H (6,4 mm)</b>	42	50

Los valores de referencia para el **factor de resistencia al vapor de agua ( $\mu$ )** obtenidos en una primera campaña de ensayos para el tablero Tablex son 74 y 80 (2 y 5 mm de espesor respectivamente) para copa seca. Mientras que para copa húmeda son 59 y 57 (2 y 5 mm de espesor respectivamente).

En la siguiente tabla se describe el valor de conductividad térmica de diferentes materiales.

\* Valores obtenidos de “Catálogo de elementos constructivos del CTE”

Material	Densidad [ $\rho$ ] $kg/m^3$	Resistencia difusión vapor de agua [ $\mu$ ]
Acero	7800	$\infty$
Hormigón armado	$> 2500$	80
Placa de yeso laminado	$750 \leq \rho \leq 900$	4
Madera de conífera	$435 \leq \rho \leq 520$	20
Tablero contrachapado	$600 \leq \rho \leq 750$	110
Tablero MDF	$550 \leq \rho \leq 750$	20
Tablero de partículas	$640 \leq \rho \leq 820$	20
Tablero OSB	$\rho \leq 650$	30
Poliestireno ext. (XPS)	-	100-220
Lana mineral (MW)	120	1





## ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

Los tableros deben almacenarse a resguardo de cambios de humedad y temperatura en **ambiente seco** (temperatura de 20°C y 65% de humedad relativa) y sobre una **superficie plana**. Cualquier alteración en el embalaje original debe ser corregida lo antes posible.

El transporte, almacenamiento y manipulación de los tableros se han de llevar a cabo sin exposición de los tableros al ambiente exterior, **protegidos del sol y de la lluvia**.

El **almacenamiento se efectúa de forma horizontal** sobre superficies planas separadas del suelo. Se recomienda emplear soportes y rastreles intermedios en el apilado de los tableros, colocados de manera transversal, para evitar la entrada en carga de los tableros inferiores, así como la cobertura de la parte superior.

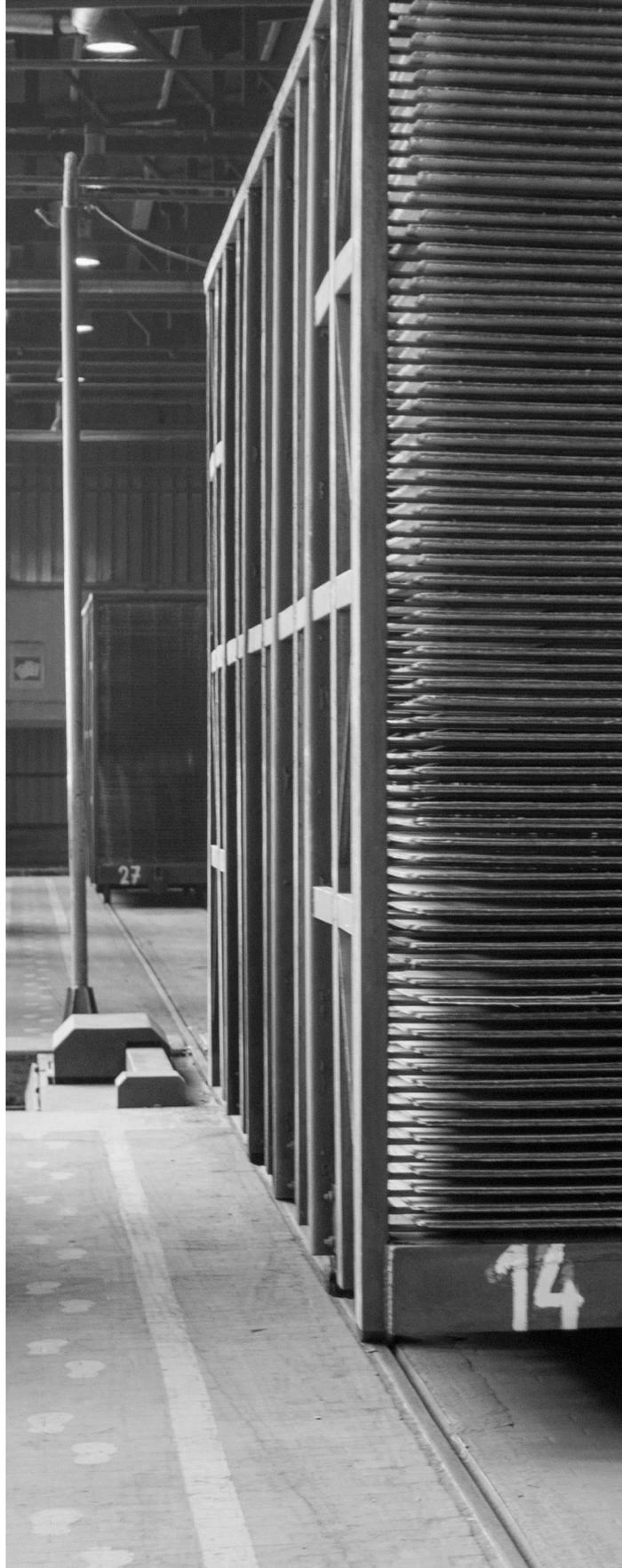
Resulta imprescindible el  **acondicionamiento** de los tableros en obra antes de su puesta en uso.

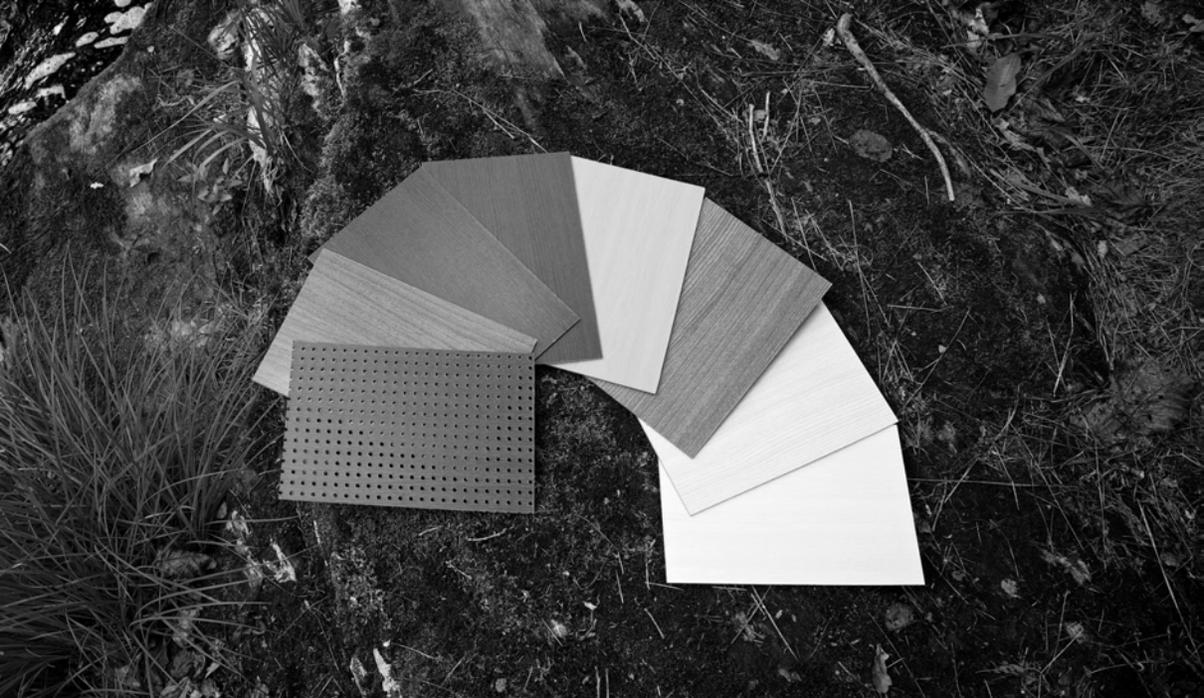


# SISTEMAS ESTRUCTURALES INNOVADORES

Tras el análisis de los ensayos desarrollados, se ha comprobado que el tablero **Tablex de Betanzos HB** tiene potencial para su aplicación en el **uso estructural**. Además, se constata que se pueden obtener mejoras con la selección de los tableros mediante métodos no destructivos, y con el aumento del espesor de los mismos, ya que al aumentar la sección el tablero transmite mayores esfuerzos y se disminuye la deformación.

**tablex**





## SISTEMAS ESTRUCTURALES INNOVADORES

### CARACTERÍSTICAS DEL TABLERO



#### PRODUCTO VERSÁTIL

Multitud de aplicaciones en construcción. Tras las mejoras implementadas es posible el uso estructural



#### RESISTENCIA AL AGUA

Existe Tablex con durabilidad mejorada en ambiente húmedo (hidrófugo)



#### ECOLOGÍA

Sumidero de carbono, 100% biodegradable. Utiliza la lignina como adhesivo natural



#### DURABILIDAD

Gracias a su elevada densidad y resistencia, que lo convierten en un producto muy durable



# SISTEMAS ESTRUCTURALES INNOVADORES

## CARACTERÍSTICAS DEL TABLERO



### RESISTENCIA MECÁNICA

La densidad elevada confiere altas prestaciones mecánicas



### RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN DEL VAPOR

El tablero Tablex tiene una alta resistencia al vapor de agua en comparación con otros tableros.



### PROTECCIÓN AL FUEGO

Según UNE-EN 13501-1, el tablero es clase D-s2,d0



### SIN FORMALDEHÍDO AÑADIDO

La emisión de formaldehído libre es similar a la de la madera natural



### ESTANQUEIDAD AL AIRE

Debido a su elevada densidad, presenta buena estanqueidad al aire, por lo que puede emplearse en edificación pasiva



### ECONÓMICO

Frente a otros tableros que se emplean en construcción, Tablex de Betanzos HB es un tablero de bajo coste.



### FIJACIONES

El tablero Tablex presenta una cara totalmente lisa lo que permite una buena fijación de tornillos, grapas, clavos, así como soporte adecuado para encintados.



### ACABADOS

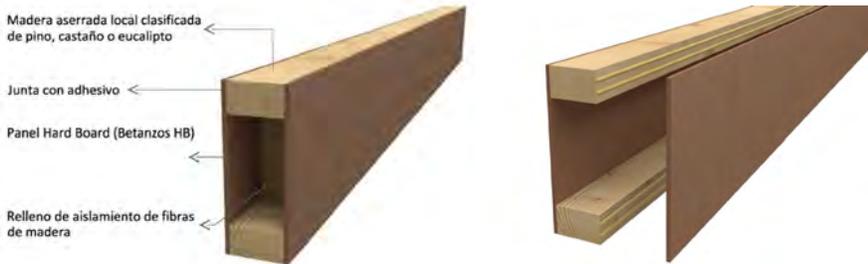
A demanda de los clientes, los tableros se pintan, cortan, perforan o lijan para su uso en diversas aplicaciones.



# SISTEMAS ESTRUCTURALES INNOVADORES

## CÉLULA LIFE EcoTimberCell

El proyecto europeo **LIFE EcoTimberCell (ETC)** estudia sistemas estructurales celulares ecológicos para una edificación modelo de mitigación de cambio climático y puesta en valor del sector forestal. Para el desarrollo de las células EcoTimberCell se han empleado tableros **Tablex de Betanzos HB**, de altas prestaciones con un **espesor de 6,4 mm**, debido a sus características mecánicas, su huella de carbono negativa y sus ventajas ecológicas en su proceso de fabricación.



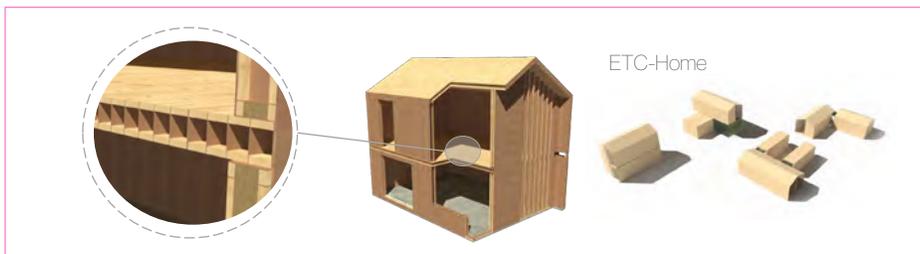
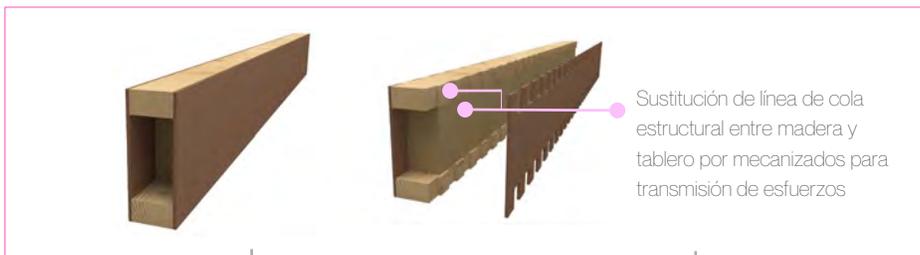
## 5 Motivos para construir con EcoTimberCell

- Sostenibilidad
- Prefabricación
- Ligereza y facilidad para la puesta en obra
- Eficiencia energética a bajo coste
- Eficiencia Estructural con madera Mínima



# SISTEMAS ESTRUCTURALES INNOVADORES

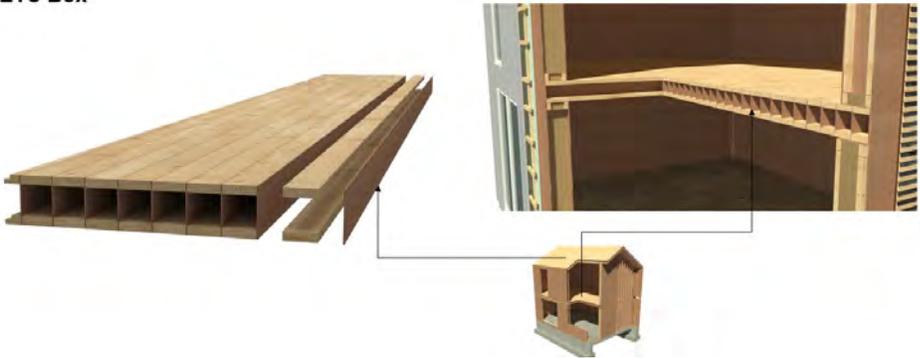
## SISTEMAS ESTRUCTURALES ECOTIMBERCELL



# SISTEMAS ESTRUCTURALES INNOVADORES

## ETC BOX. FORJADOS Y CUBIERTAS

ETC Box



## ETC FRAME. CERRAMIENTO y TABIQUES

Sistemas Constructivos  
ETC Frame



# SISTEMAS ESTRUCTURALES INNOVADORES

## REACCIÓN AL FUEGO

Mediante la implementación de modelos numéricos de elementos finitos y teniendo en cuenta el Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (DB-SI) se ha realizado una estimación de la velocidad de carbonización básica del tablero Tablex de Betanzos HB. **Estos resultados se pueden ver a continuación junto con la comparativa de la velocidad de carbonización de la madera aserrada y tableros derivados de la madera.** Además, se proponen estrategias de protección para mejorar la resistencia al fuego de los elementos en el diseño de los sistemas estructurales EcoTimberCell.

Velocidad de carbonización del tablero [5.4mm]

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_0 \cdot k_\rho \cdot k_t = 0.90 \cdot 0.658 \cdot 2 = 1.18 \text{ mm/min}$$

CTE DB-SI (E5)

$$\beta_0 = 0.90 \quad \text{Tableros derivados de la madera}$$

$$k_\rho = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = \sqrt{\frac{450}{1040}} = 0.658$$

$$k_t = \max \left[ \sqrt{\frac{20}{h_p}} = \sqrt{\frac{20}{5}}; 1 \right] = 2$$

$$h_p = 5 \text{ mm} \quad \text{Espesor del tablero en mm}$$

Velocidad de carbonización básica

- Madera de conífera ( $\rho \geq 290 \text{ kg/m}^3$ ) - 0.65 mm/min
- Madera de frondosa ( $\rho \geq 450 \text{ kg/m}^3$ ) - 0.50 mm/min
- Tablero derivados ( $\rho = 450 \text{ kg/m}^3$ ) - 0.90 mm/min

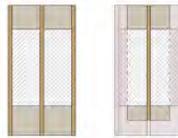
Estrategias de protección:

- ETC



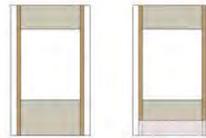
Requisitos altos (op 1)

- 3 almas
- Ahlamiento interno lana de roca
- Mayor espesor en cordón inferior



Requisitos altos (op 2)

- Protección exterior de los tableros
- Mayor espesor en cordón inferior



# SISTEMAS ESTRUCTURALES INNOVADORES

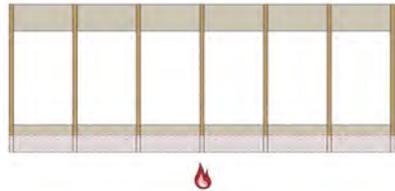
## REACCIÓN AL FUEGO

La reacción al fuego del tablero Tablex se realiza según las especificaciones establecidas a falta de ensayos en la **Norma UNE-EN 13501-1**, clasificándolo como **D-s2,d0\*** donde la primera letra "D" representa una contribución media a la propagación del fuego; "s2" hace referencia a una producción humo con opacidad media mientras que la "d0" indica que no produce caída de gotas o partículas inflamadas.

\*Clasificación ligada a las condiciones de instalación, deberá estar sin cámara de aire y sobre productos de clase A1 o A2-s1, d0 con una densidad mínima de 10 kg/m<sup>3</sup> o al menos sobre productos de clase D-s2,d2 con una densidad mínima de 400 kg/m<sup>3</sup>

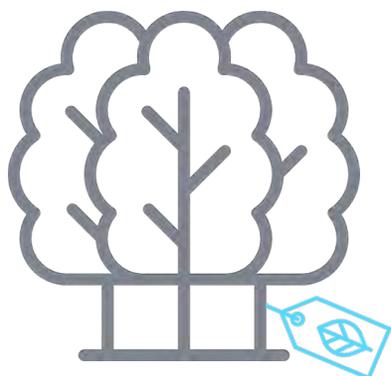
### Estrategias de protección:

- ETC BOX



Aprovechando las propiedades intrínsecas del Tablex, se ha desarrollado un producto con **resistencia mejorada al fuego**, que destaca por no contener productos tóxicos, convirtiéndolo en un producto seguro en su utilización.







LIFE

# EcoTimberCell