

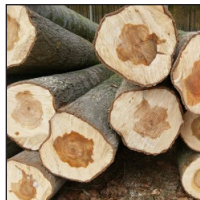
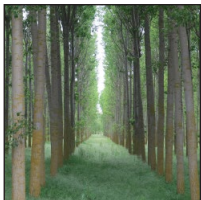
VIGAS MICROLAMINADAS DE CHOPO

TRABAJOS DE DIFUSIÓN DEL PROYECTO

COMPOP

GRUPO IDIE

UNIVERSIDAD DE GRANADA



VIGAS MICROLAMINADAS DE CHOPO

Consejo Editorial

Grupo IDIE - Universidad de Granada

Coordinación Científica: Antolino Gallego Molina

Producción, diseño y maquetación



Imprenta Gráficas Alhambra

Protección de datos: El grupo IDIE declara cumplir lo dispuesto por la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal. Papel ecológico libre de cloro.

Esta publicación se imprime en papel no ácido.
This publication is printed in acid-free paper.
Impreso en España.

ISBN 978-84-09-20227-0

© 2020. Grupo IDIE. Proyecto COMPOP

Reservados todos los derechos. El contenido de la presente publicación no puede ser reproducido, ni transmitido por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética, ni registrado por ningún sistema de recuperación de información, en ninguna forma, ni por ningún medio, sin la previa autorización por escrito del titular de los derechos de explotación de la misma.

El grupo IDIE-Proyecto COMPOP, a los efectos previstos en el artículo 32.1 párrafo segundo del vigente TRLPI, se opone de forma expresa al uso parcial o total de las páginas de Grupo IDIE-Proyecto COMPOP con el propósito de elaborar resúmenes de prensa con fines comerciales.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

COMPOP se enmarca dentro del proyecto “Beneficios de la Bioeconomía del Chopo” de Diálogos con la Sociedad del Consejo Social de la Universidad de Granada.

Autores:

Dr. Antolino GALLEGO
(Universidad de Granada)

Dr. Francisco RESCALVO
(Universidad de Granada)

Dra. Elisabet SUÁREZ
(Universidad de Granada)

Dr. Rémy MARCHAL
(École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers)

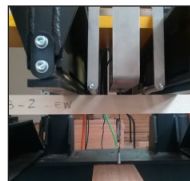
Dr. Louis DENAUD
(École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers)

Dr. Guillaume POT
(École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers)

PhD. Robin DURIOT
(École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers)

CONTENIDOS

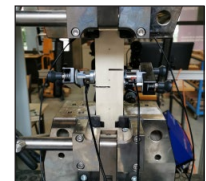
- 4 Madera microlaminada (LVL) de chopo
- 5 Ventajas del LVL
- 6 Principales formatos de la madera microlaminada
- 7 Principales usos
- 8 Proceso de elaboración
- 10 Ensayos
- 12 Tipologías de vigas elaboradas
- 14 Resultados
- 18 Principales conclusiones



ENSAYO A FLEXIÓN



ENSAYO A COMPRESIÓN



ENSAYO A CORTANTE

VIGAS MICROLAMINADAS DE CHOPO

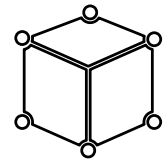
MADERA MICROLAMINADA (LVL) HOMOGÉNEA Y COMBINADA DE CHOPO



MADERA MICROLAMINADA (LVL) DE CHOPO

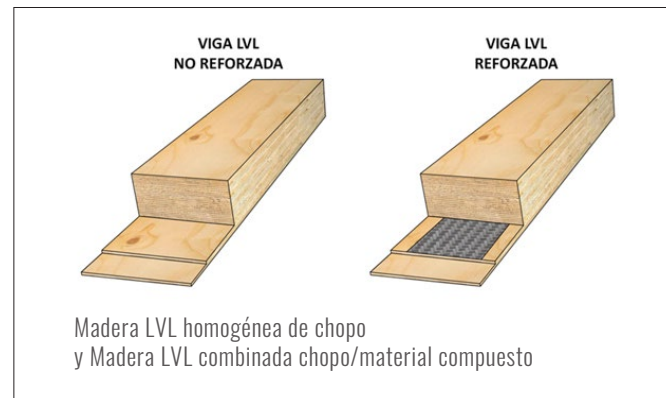
Y COMBINADA CON TEJIDOS DE MATERIAL COMPUESTO DE CARBONO Y BASALTO PARA USO ESTRUCTURAL

-
-
-
-



La **madera microlaminada** (*Laminated veneer lumber o LVL*) es un material compuesto de varias capas de chapa extraída del desarrollo del tronco, todas orientadas en la dirección de la fibra, y encoladas entre sí con un adhesivo y mediante presión y calor. Por lo general se comercializa en forma de perfiles de sección rectangular para uso estructural.

En este proyecto se han elaborado prototipos de madera microlaminada de chopo del clon I-214 homogénea (solo chapas de chopo) y combinada con material compuesto de fibra de carbono o basalto para aumentar su rigidez a flexión.



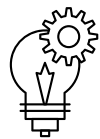
MADERA LVL HOMONÉGEA Y COMBINADA



Ventajas del LVL



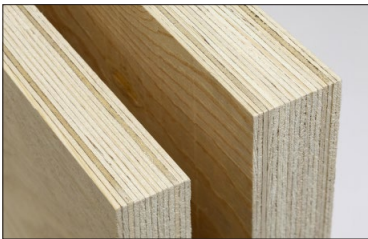
- Dos veces **más fuerte a flexión que el acero** en proporción al peso.
- Dimensionalmente estable, **sin torceduras, astillas o divisiones** debido a la estructura laminada.
- Propiedades uniformes del material.
- Calidad y dimensiones uniformes del producto final; ventaja clave en aplicaciones industriales.
- Fácil de perforar, cortar, sujetar y ajustar.
- Diseño de precisión y **fácil de adaptar incluso a perfiles curvos**.
- Se puede producir a dimensiones exactas, minimizando el corte transversal y el aserrado de residuos.
- Amplia gama de tamaños: dimensiones del producto no limitadas por el tamaño de la materia prima.
- Ligero y **altamente portátil**.
- Seco de fábrica, el contenido de humedad del 8-10% **garantiza una contracción mínima in situ**.
- Se combina fácilmente con otros productos de construcción.
- La producción fuera de obra reduce el tiempo de construcción.
- Madera **enteramente trazable**, renovable y reciclable proveniente de bosques y plantaciones certificadas.
- Almacén de carbono ecológico: 1 m³ LVL contiene carbono almacenado equivalente a 789 kg de CO₂.
- El costo de producción es más alto que la madera aserrada, pero **se necesita menos material para cumplir con las especificaciones de diseño** cuando se construye con LVL.



VIGAS MICROLAMINADAS DE CHOPO

MADERA MICROLAMINADA (LVL) HOMOGÉNEA Y COMBINADA DE CHOPO

Principales formatos de la madera microlaminada



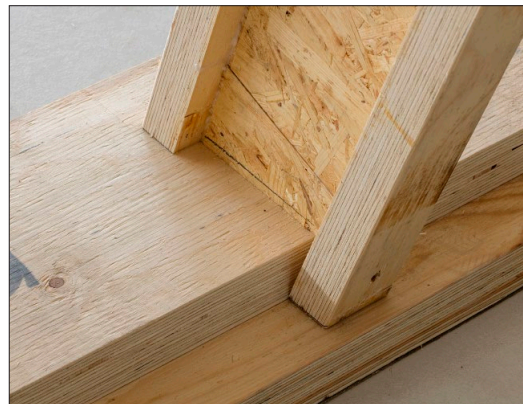
MADERA LVL



- Vigas LVL
- Vigas I y vigas cajón
- Paneles LVL



VIGA CAJÓN



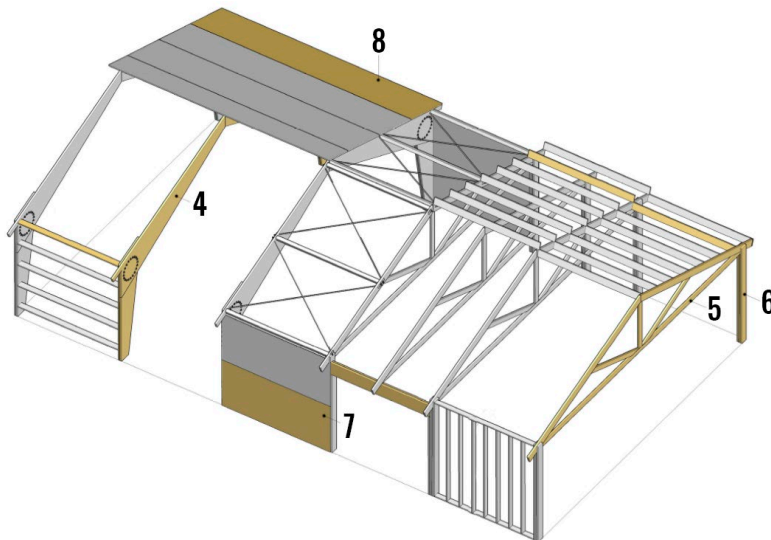
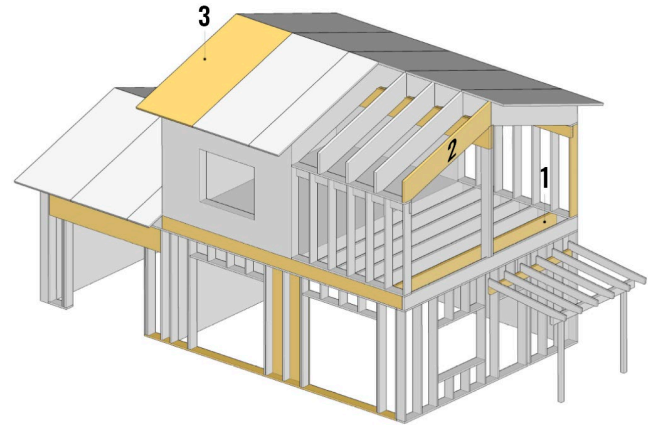
VIGA EN I



Principales usos



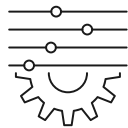
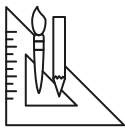
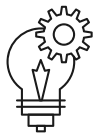
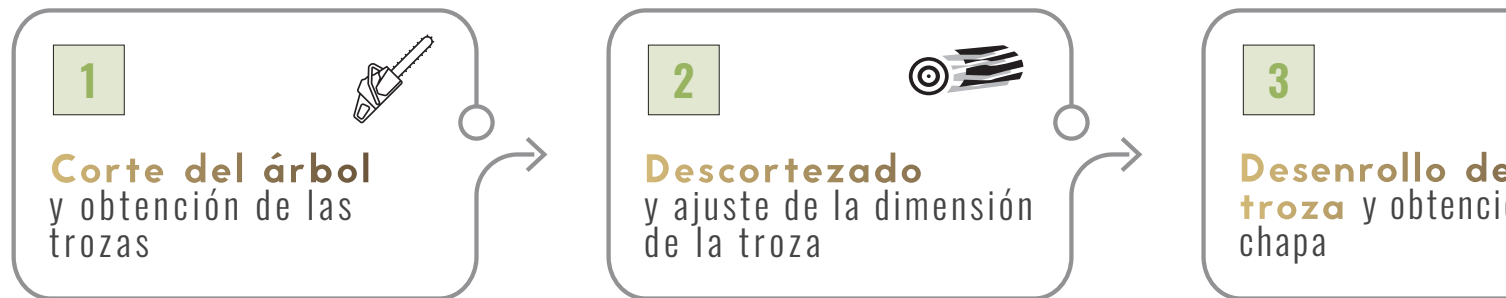
- Viguetas de piso [1]
- Vigas de techo [2]
- Paneles de techo [3]



- Marcos/bastidores [4]
- Cerchas [5]
- Columnas [6]
- Paneles de refuerzo para paredes y muros [7]
- Paneles de refuerzo para techos [8]

Proceso de elaboración

-
-
-
-



CORTE DE TROZA



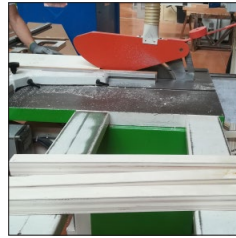
DESCORTEZADO DE TROZA Y DESENLLO



ENCOLADO



PRENSADO



MECANIZADO



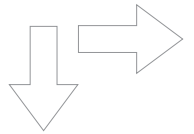
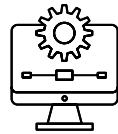
VIGAS MICROLAMINADAS DE CHOPO

MADERA MICROLAMINADA (LVL) HOMOGÉNEA Y COMBINADA DE CHOPO

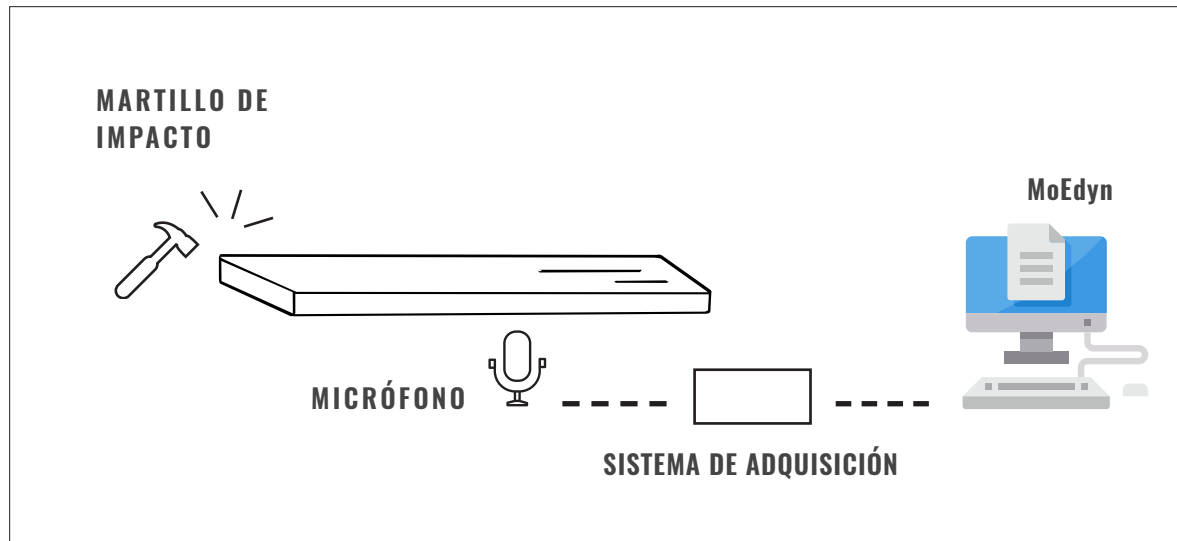
Ensayos

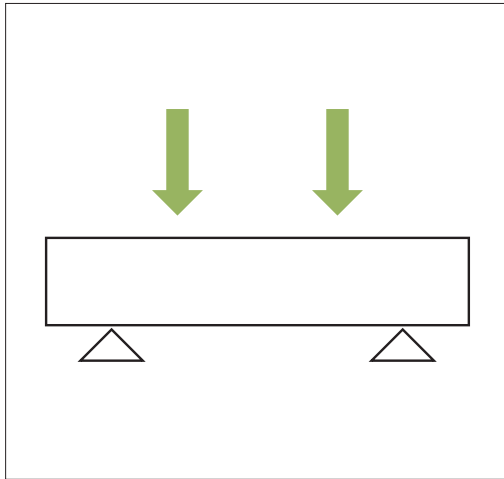


- Ensayo de vibraciones (**no destructivo**)
- Ensayos destructivos (**flexión, compresión y cortante**)

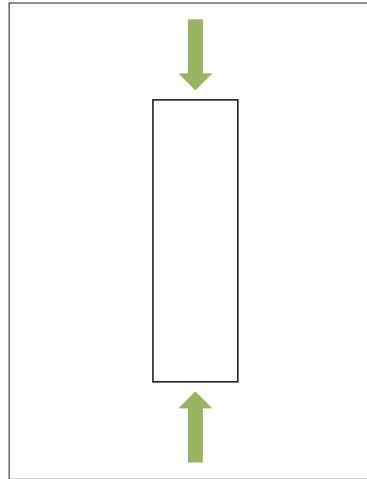


ENSAYO DE VIBRACIONES (NO DESTRUCTIVO)

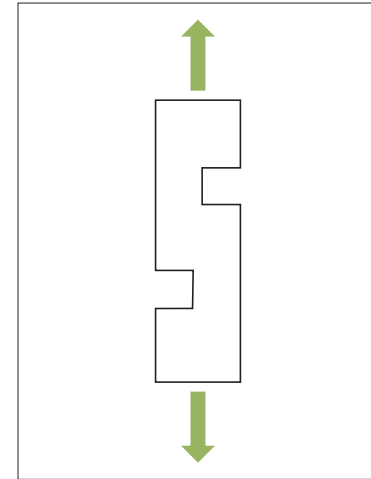




ENSAYO MECÁNICO: FLEXIÓN



ENSAYO MECÁNICO: COMPRESIÓN



ENSAYO MECÁNICO: CORTANTE

Material compuesto de refuerzo				Chopo*		Resinas	
Tipo	Carbono Unidireccional CFRP-U	Carbono Bidireccional CFRP-B	Basalto Unidireccional BFRP-U	Clon	I-214	Para chapa de chopo	Poliuretano
Masa superficial (g/m ²)	300	238	400	MoE (MPa)	7450	Para material compuesto	Epoxi
Espesor (mm)	0,166	0,064	0,140	MoR (MPa)	37		
Área resistente por unidad de ancho (mm ² /mm)	166,6	64,2	142,5	Densidad al 12% HR (g/m ³)	351		
				Espesor de chapa	3 mm		

MATERIALES USADOS EN ESTE ESTUDIO

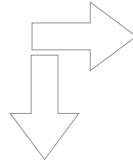
* QUALITÉS DU BOIS DES NOUVEAUX CULTIVARS DE PEUPLIER. FCBA, ARTS ET MÉTIERS PARISTECH-CLUNY, CNPF-IDF. JUNE 2013

Tipologías de vigas elaboradas

-
-
-
-

CALIDADES DE LA CHAPA

-
-
-



CHAPA DE ALTA CALIDAD USADA PARA LOS **PANELES Q1**



CHAPA DE BAJA CALIDAD USADA PARA LOS **PANELES Q2**

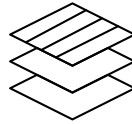


Calidad de la chapa	Tipo	Orientación	Capas Chopo	Capas Material Compuesto	Nombre
Q1 (alta calidad)	Homogénea de chopo	Plana	15	-	NR_Q1
	Homogénea de chopo	Canto	15	-	NR_Q1
	Combinada de chopo y CU	Plana	15	2	CU_Q1
	Combinada de chopo y CU	Canto	15	2	CU_Q1
Q2 (baja calidad)	Combinada de chopo y CU	Plana	15	2	CU_Q2
	Combinada de chopo y CU	Canto	15	2	CU_Q2
	Combinada de chopo y CB	Plana	15	2	CB_Q2
	Combinada de chopo y CB	Canto	15	2	CB_Q2
	Combinada de chopo y BU	Plana	15	2	BU_Q2
	Combinada de chopo y BU	Canto	15	2	BU_Q2

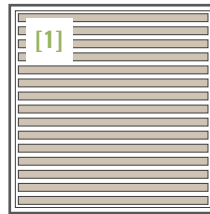


- Q1-calidad alta **sin nudos**
- Q2-calidad baja **con nudos**

TIPOLOGÍAS DE VIGA



- [1] Homogénea de chopo;
- [2] Combinada de chopo y carbono unidireccional;
- [3] Combinada de chopo y carbono bidireccional;
- [4] Combinada de chopo y basalto unidireccional.



1-NR



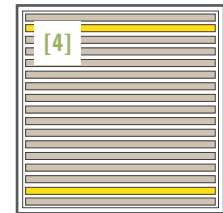
2-CU

MATERIAL COMPUESTO



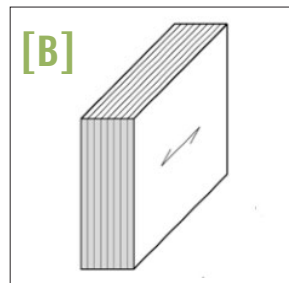
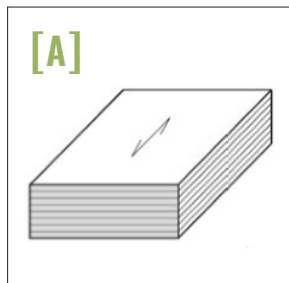
3-CB

MATERIAL COMPUESTO



4-BU

MATERIAL COMPUESTO



La chapa puede tener **dos orientaciones** a lo largo de la viga

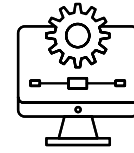
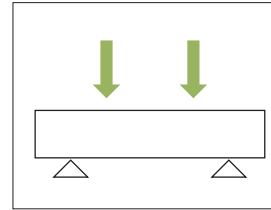
A: PLANA (FLATWISE (FW))

B: DE CANTO (EDGEWISE (EW))

VIGAS MICROLAMINADAS DE CHOPO

MADERA MICROLAMINADA (LVL) HOMOGÉNEA Y COMBINADA DE CHOPO

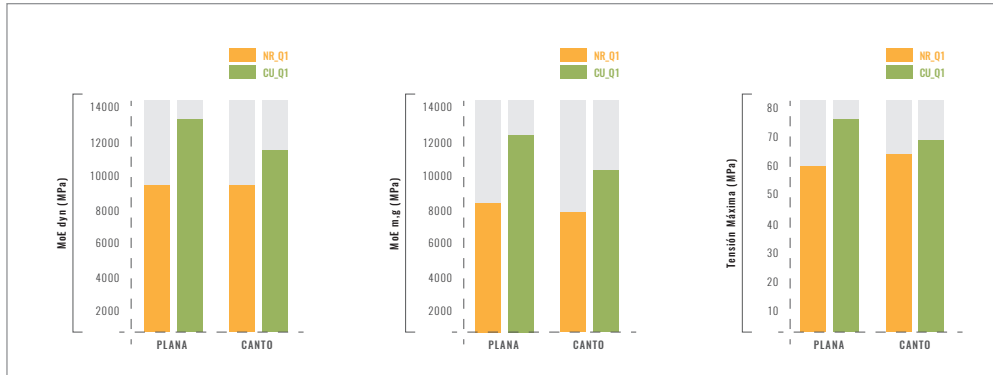
Resultados



• COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN

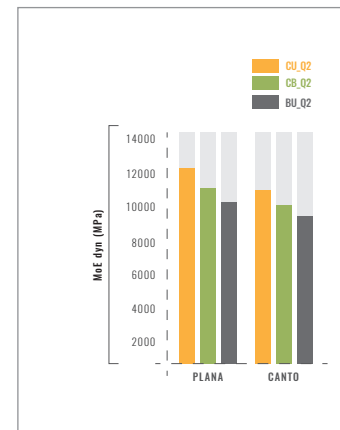
MoE_{dyn} : MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO A FLEXIÓN

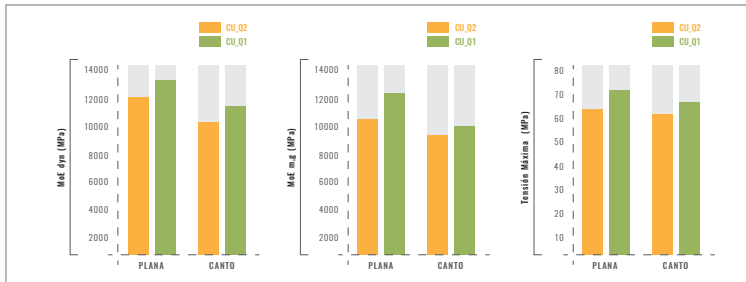
$MoE_{m,g}$: MÓDULO DE ELASTICIDAD GLOBAL A FLEXIÓN



Influencia del material compuesto

Tipología	Calidad de la chapa	MoE_{dyn} (GPa)		$MoE_{m,g}$ (GPa)		Tensión máxima (MPa)	
		Plana	Canto	Plana	Canto	Plana	Canto
Homogénea de chopo	Q1	9.4±4%	9.5±3%	8.9±5%	8.6±3%	58.1±13%	59.9±4%
Combinada de chopo y CU	Q1	13.9±11%	11.3±5%	12.7±7%	10.5±6%	72.1±5%	67.7±4%
Ganancia introducida por el carbono		49%	19%	42%	22%	24%	13%

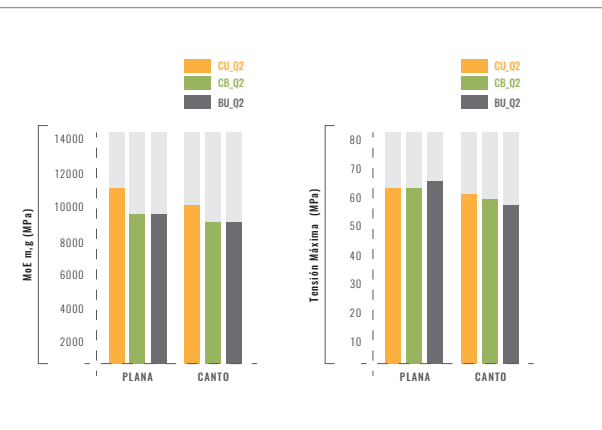




Influencia del tipo de material compuesto

Tipología	Calidad de la chapa	MoE _{dyn} (MPa)		MoE _{mg} (MPa)		Tensión Máxima (MPa)	
		Plana	Canto	Plana	Canto	Plana	Canto
Combinada bde chopo y CU	Q2	12.5±9%	10.7±2%	11.0±6%	9.8±3%	63.2±6%	60.6±3%
Combinada de chopo y CB	Q2	11.0±2%	10.0±3%	9.4±4%	8.8±4%	62.7±9%	58.9±5%
Combinada de chopo y BU	Q2	10.6±6%	9.8±4%	9.5±6%	8.9±6%	64.6±8%	57.6±6%

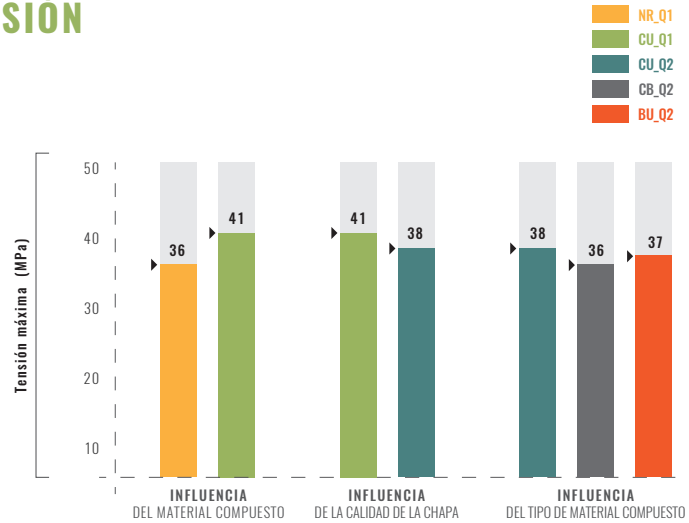
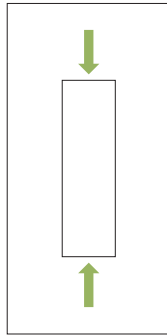
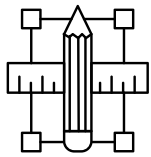
Influencia de la calidad de la chapa



Tipología	Calidad de la chapa	MoE _{dyn} (MPa)		MoE _{mg} (MPa)		Tensión máxima (MPa)	
		Plana	Canto	Plana	Canto	Plana	Canto
Combinada de chopo y CU	Q2	12.5±9%	10.7±2%	11.0±6%	9.8±3%	63.2±6%	60.6±3%
Combinada de chopo y CU	Q1	13.9±11%	11.3±5%	12.7±7%	10.5±6%	72.1±5%	67.7±4%
Ganancia introducida por la mayor calidad de la chapa (%)		12%	6%	15%	7%	12%	11%

Resultados

• COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN

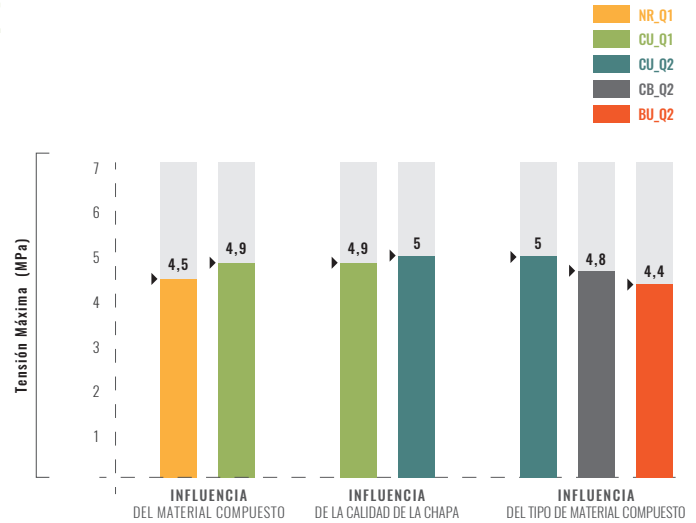
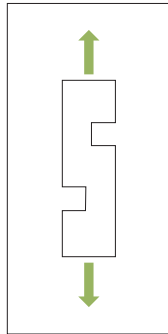
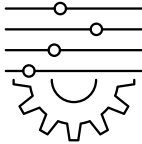


TENSIÓN MÁXIMA A COMPRESIÓN
EN LA DIRECCIÓN DE LA FIBRA DE LA CHAPA

	Influencia del material compuesto		Influencia de la calidad de la chapa		Influencia del tipo de material compuesto	
	Tensión máxima (MPa)		Tensión máxima (MPa)		Tensión máxima (MPa)	
Homogénea de chopo Q1	35.8±3%		Combinada de chopo y CU Q1	40.6±5%	Combinada de chopo y CU Q2	38.0±5%
Combinada de chopo y CU Q1	40.6±5%		Combinada de chopo y CU Q2	38.0±5%	Combinada de chopo y CB Q2	36.4±5%
Ganancia introducida por el material compuesto (%)	13.4%		Ganancia introducida por la calidad de la chapa (%)	7.7%	Combinada de chopo y CU Q2	37.2±7%

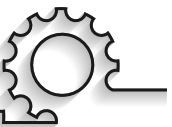


● ● ● ● ●
COMPORTAMIENTO A CORTANTE



TENSIÓN MÁXIMA A CORTANTE
EN LA DIRECCIÓN DE LA FIBRA DE LA CHAPA

	Influencia del material compuesto		Influencia de la calidad de la chapa		Influencia del tipo de material compuesto	
	Tensión máxima (MPa)		Tensión máxima (MPa)		Tensión máxima (MPa)	
Homogénea de chopo Q1	4.5±6%		Combinada de chopo y CU Q1	4.9±6%	Combinada de chopo y CU Q2	5.0±12%
Combinada de chopo y CU Q1	4.9±6%		Combinada de chopo y CU Q2	5.0±12%	Combinada de chopo y CB Q2	4.8±10%
Ganancia introducida por el material compuesto (%)	7.7%		Ganancia introducida por la calidad de la chapa (%)	0%	Combinada de chopo y BU Q2	4.4±9%





PRINCIPALES CONCLUSIONES

-
-
-
-



- La madera microlaminada de chopo del clon I-214 **tiene una rigidez a flexión entre un 15 y un 20% mayor** que la madera aserrada de chopo del mismo clon, y una tensión máxima a flexión entre un 50 y un 60% más.
- La madera microlaminada combinada de chopo y tejido de carbono unidireccional tiene una rigidez a flexión de entre un 20 y un 50% más que la madera microlaminada homogénea de chopo, **y una tensión máxima a flexión entre un 10 y un 25% mayor.**
- La madera microlaminada combinada de chopo y tejido de carbono bidireccional o basalto unidireccional **tiene una rigidez a flexión en torno a un 10% menor que la madera microlaminada** combinada de chopo y tejido de carbono unidireccional, y una tensión máxima a flexión muy similar.
- La madera microlaminada combinada de chopo y tejido de carbono unidireccional tiene **una tensión máxima a compresión en torno a un 13% más** que la madera microlaminada homogénea de chopo, y una tensión máxima a cortante en torno a un 8% mayor.
- La calidad de la chapa influye moderadamente en las propiedades de la madera microlaminada de chopo. **Una calidad alta de la chapa puede suponer un aumento de la rigidez a flexión entre un 7 y un 15%**, un aumento de la tensión máxima a flexión de un 12% y un incremento de la a tensión máxima a compresión en un 8%, sin tener efecto notable sobre la tensión máxima a cortante.

VIGAS MICROLAMINADAS DE CHOPO



COMPOP ESTÁ FINANCIADO POR EL MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN A TRAVÉS DEL PROGRAMA ESTATAL DE I+D+I ORIENTADA A LOS RETOS DE LA SOCIEDAD (CÓDIGO BIA2017-82650-R) CON FONDOS DE LA UNIÓN EUROPEA A TRAVÉS DEL FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL (FEDER).



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional



CON LA COLABORACIÓN DE

