



Estructuras de madera

Dpto. Estructuras. IET. Instituto de Estructuras y Transporte



1. Pasado

2. Presente

3. Presentación Arboreal

**1.3. Contexto nacional de
la madera estructural**

PASADO

Entre 1870 y 1930 se construyeron varias obras emblemáticas de madera en Uruguay:

- Balneario Ramírez, Montevideo (1871)
- Puente Capurro, Durazno (1903)
- Hotel de los Pocitos, Montevideo (1913)
- Pabellones de la Rural del Prado, Montevideo (1913)
- Parroquia Stella Maris, Montevideo (1918)

PASADO



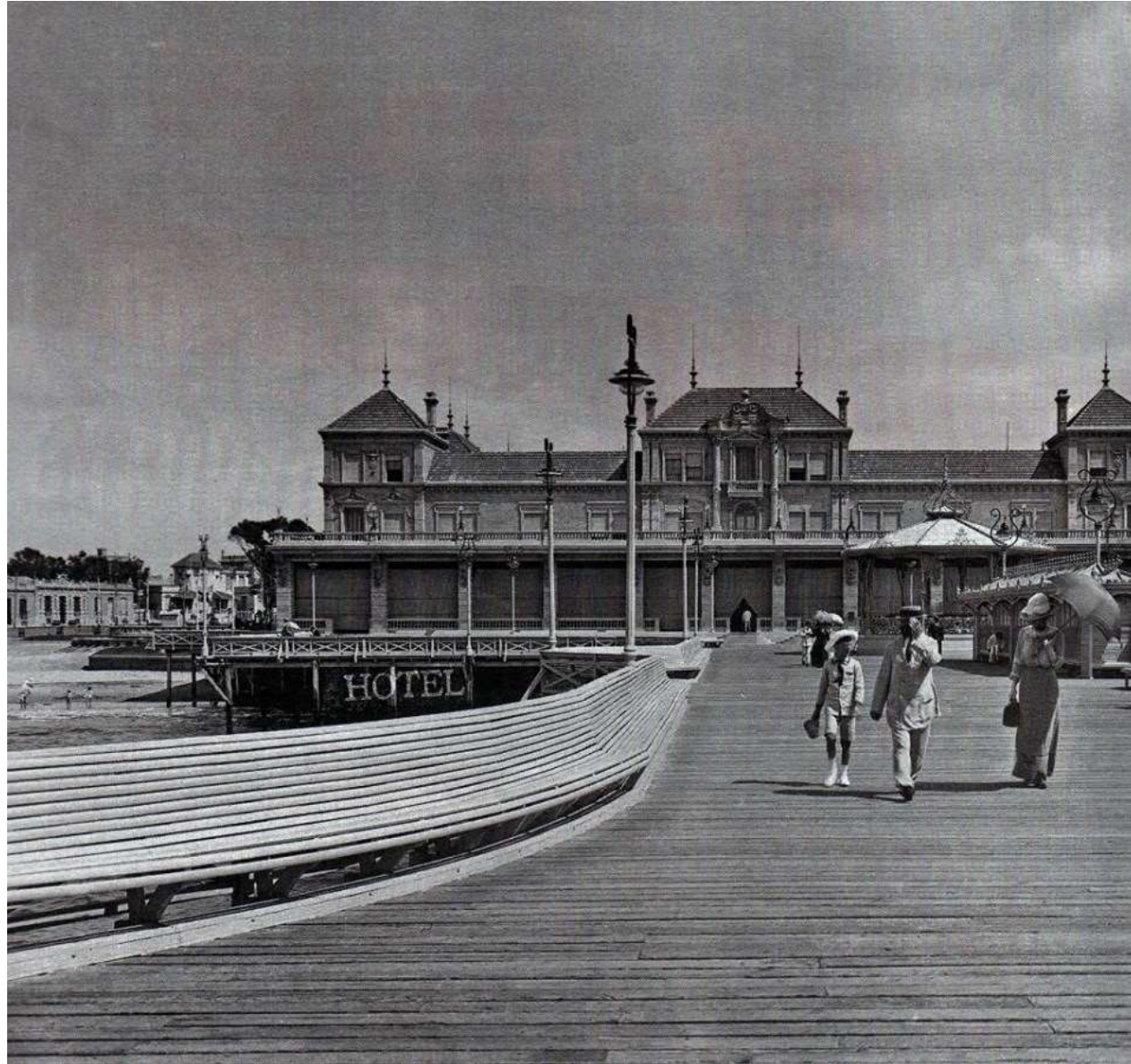
Balneario Ramírez, Montevideo (1871)

PASADO

Puente Capurro, Durazno (1903)



PASADO



Hotel de los Pocitos, Montevideo (1913)

PASADO



Pabellones de la Rural del Prado, Montevideo (1913)

PASADO



Parroquia Stella Maris, Montevideo (1918)

PASADO

A partir de 1930 la madera queda relegada a un segundo plano

- Fin de período de prosperidad económica del país
- Popularización de otros materiales

Pérdida de tradición

PASADO

A partir de 1930 la madera queda relegada a un segundo plano

- Fin de período de prosperidad económica del país
- Popularización de otros materiales

La madera, como material estructural, se mantuvo vigente en viviendas de contextos socioeconómicos bajos

Pérdida de tradición

+

Mal uso



Estigmatización

PASADO

En este contexto, hasta hace algunos años:

- El país no disponía de madera aserrada producida localmente
- Casi no había empresas capaces de fabricar productos de ingeniería de madera
- No había ninguna norma nacional o documento que prescribiera cómo adaptar la normativa internacional
- Ninguna de las universidades instruía a los estudiantes de arquitectura e ingeniería civil en cómo utilizar de manera estructural el material

1. Pasado

2. Presente

3. Presentación Arboreal

**1.3. Contexto nacional de
la madera estructural**

PRESENTE

Hace cerca de una década, la realidad del país comenzó a cambiar

- Revolución de la madera a **nivel internacional**
 - **Preocupación por el cambio climático**



PRESENTE

Hace cerca de una década, la realidad del país comenzó a cambiar

- Revolución de la madera a **nivel internacional**
 - Preocupación por el cambio climático
 - **Avance de los productos de ingeniería**



PRESENTE

Hace cerca de una década, la realidad del país comenzó a cambiar

- Revolución de la madera a **nivel internacional**
 - Preocupación por el cambio climático
 - Avance de los productos de ingeniería
- A **nivel nacional**
 - **Encarecimiento de la mano de obra**
 - **Ley Forestal de 1987**

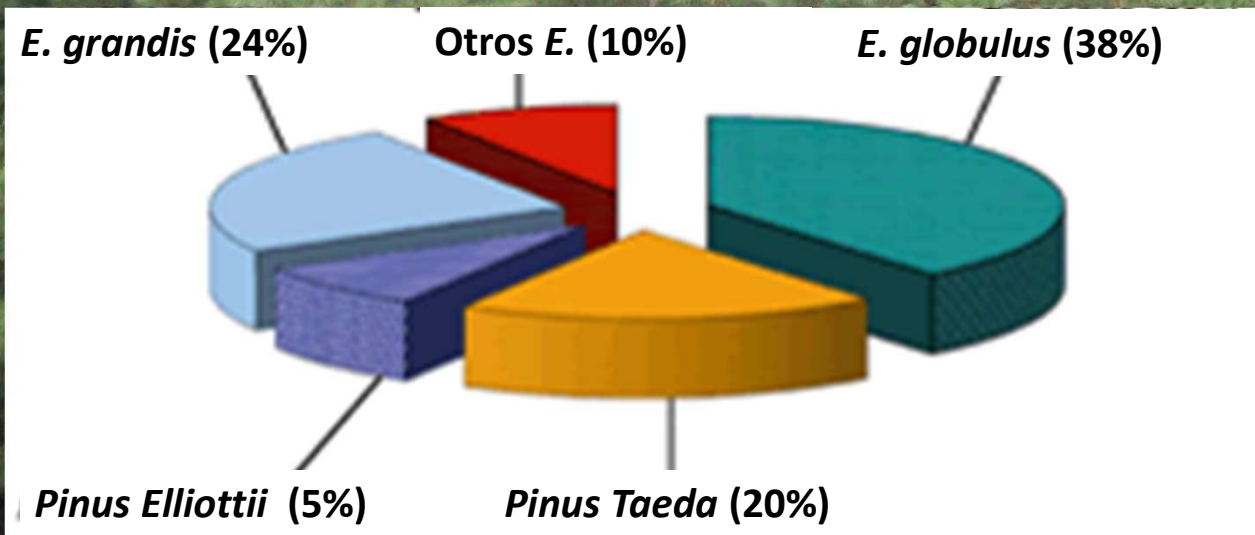
PRESENTE

SITUACIÓN FORESTAL

Uruguay es uno de los pocos países en el mundo que su desarrollo forestal depende exclusivamente de la producción de plantaciones renovables (pinos y eucaliptos)-Ley Forestal N 15.939 (1987).

Más del 70% de estas plantaciones cuentan con certificación FSC e ISO14001 (PEFC Council 2009)

1 millón de ha plantadas c/especies de rápido crecimiento



PRESENTE

MATERIALES Y PRODUCTOS

MADERA ASERRADA

NACIONAL

IMPORTADA

Madera de pino:
con certificación de calidad estructural

- Arboreal

Madera de eucalipto:
sin certificación de calidad estructural

Con certificación de calidad estructural



PRESENTE

MATERIALES Y PRODUCTOS

PRODUCTOS DE INGENIERÍA

NACIONAL

IMPORTADA

Madera laminada encolada:
con certificación de calidad estructural

- Arboreal

Madera contralaminada:
con certificación de calidad estructural

- Arboreal

Tableros contrachapados:
con certificación de calidad estructural

- Lumin

Tableros OSB :
con especificaciones técnicas para el
uso estructural

OJO:

PRODUCTOS NO CERTIFICADOS

1. Adhesivo estructural entre láminas
2. Adhesivo no estructural en las uniones *finger*
3. Propiedades mecánicas desconocidas

PRESENTE

NORMATIVA

ACTUALIDAD

UNIT 1261 (2018), UNIT 1262 (2018),
UNIT 1263 (2018),
UNIT 1264 (2019), UNIT 1265 (2020)

Proponen procedimientos de clasificación visual y proporcionan valores característicos de la **madera aserrada de pino y de eucalipto nacional**, y establecen los requisitos de fabricación y de producto de la **madera laminada encolada**

NO EXISTE NORMATIVA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL CON MADERA

FUTURO

Propuesta de **adopción del Eurocódigo 5-1** (CEN, UNE-EN 1995-1-1 2006, CEN, UNEEN 1995-1-2 2011) y de redacción de un anexo nacional de carácter normativo

Publicación de un informe técnico (Baño, Moya, et al. 2015) que recoge un proyecto de anexo nacional a las dos normas citadas

PRESENTE

PROTOTIPOS Y ESTRUCTURAS ICÓNICAS



PRESENTE

RECURSOS HUMANOS

Unidad curricular **Estructuras de madera**,
dentro de la carrera de Ingeniería Civil de la UdelaR

Diploma de especialización en diseño, cálculo y construcción de estructuras de madera,
tras un convenio entre la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UdelaR, y la Facultad de Arquitectura de la ORT

1. Pasado

2. Presente

3. Presentación Arboreal

**1.3. Contexto nacional de
la madera estructural**



arboreal

carlos.mazzey@arboreal.com



Tacuarembó

250.000 m³

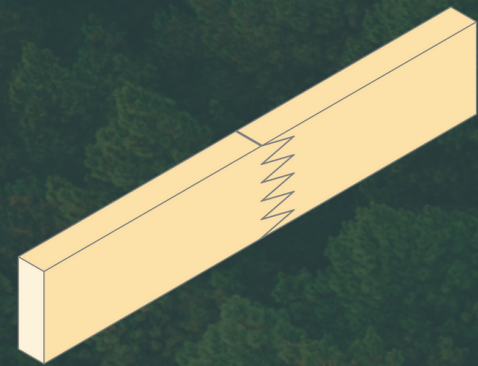
**Madera
Aserrada**

50.000 m³

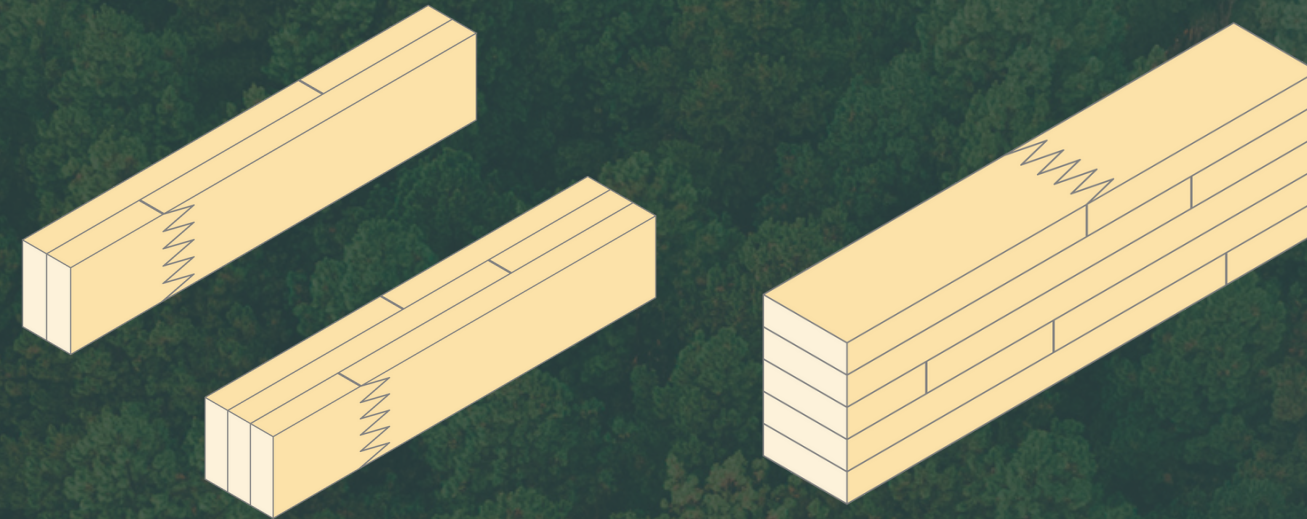
**Mass
Timber**



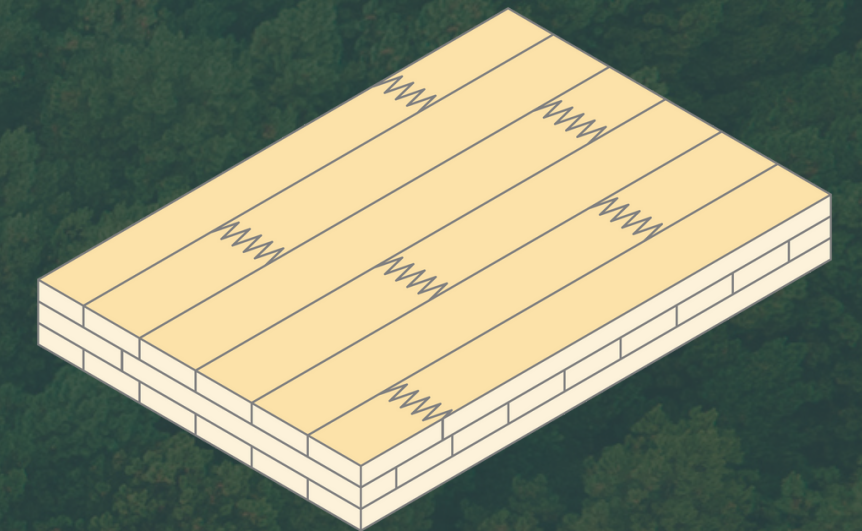
Productos de Ingeniería de madera



Madera maciza
encolada



Madera laminada
encolada (GLT)



Madera
Contralaminada (CLT)



- ***Madera aserrada clasificada para uso estructural según normativa europea EN14081-2***
- ***Método de clasificación: Clasificación mecánica***
- ***Capacidad de clasificación: 100 piezas/minuto***



**Madera
aserrada
estructural**





Madera aserrada estructural



Clases resistentes en acuerdo con norma EN338

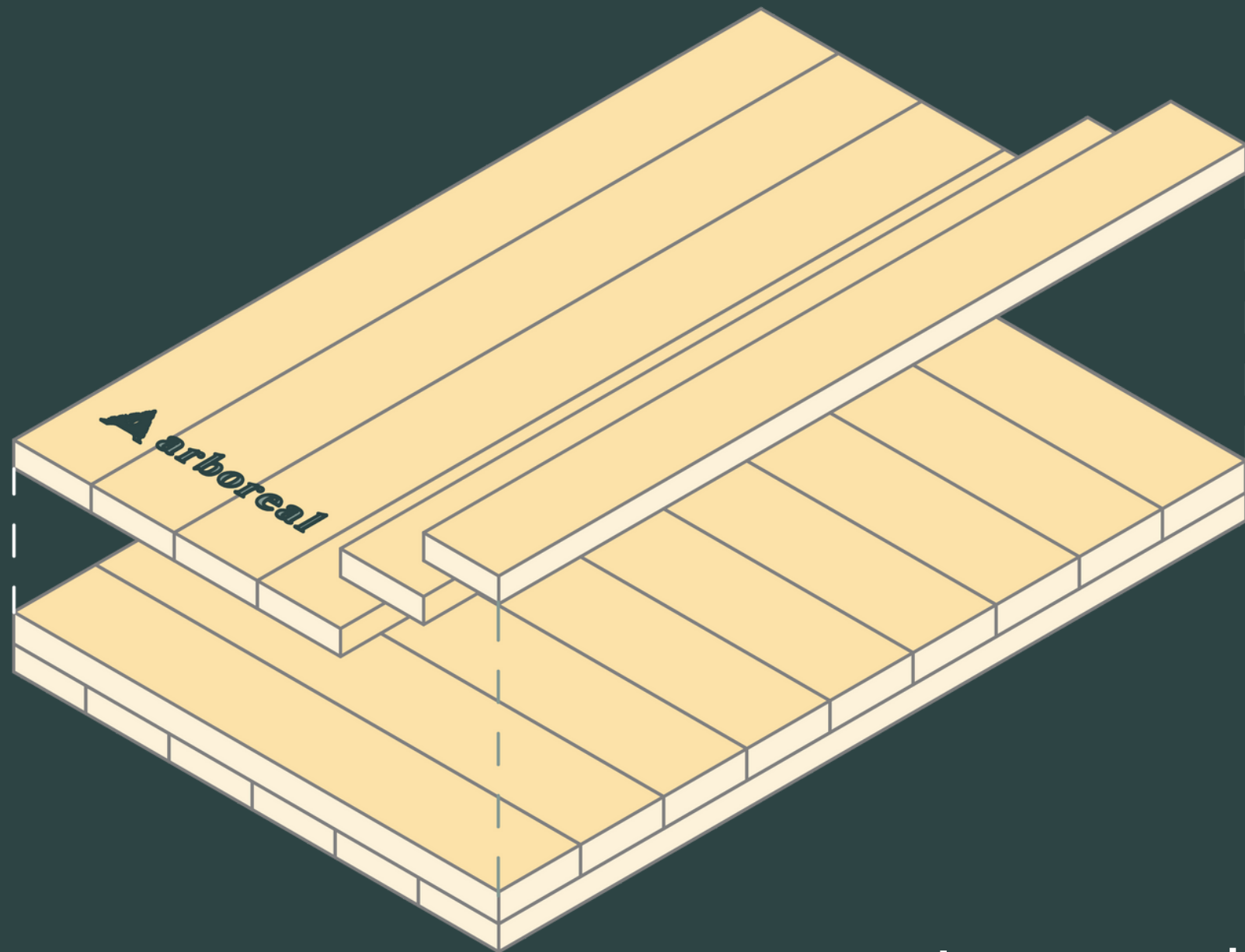
	Clase	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Propiedades de resistencia en N/mm²													
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Tracción paralela a la fibra	$f_{t0,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5
Tracción perpendicular a la fibra	$f_{t90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	$f_{c0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	24	25	27	29	30
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0
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
Propiedades de rigidez en kN/mm²													
Módulo de elasticidad medio en flexión paralela a la fibra	$E_{m,0,mean}$	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
Módulo de elasticidad característico en flexión paralela a la fibra (5% percentil)	$E_{m,0,k}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,1	10,7
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	$E_{m,90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Módulo de cortante medio	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Densidad en kg/m³													
Densidad característica (5% percentil)	ρ_k	290	310	320	330	340	350	360	380	390	400	410	430
Densidad media	ρ_{mean}	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520
NOTA 1 Los valores dados en esta tabla para la resistencia a tracción, resistencia a compresión, resistencia a cortante, módulo de elasticidad característico en flexión, módulo de elasticidad transversal medio y módulo de cortante medio se han calculado utilizando las ecuaciones dadas en la Norma EN 384.													
NOTA 2 Los valores de resistencia a tracción se han estimado de forma conservadora teniendo en cuenta que la clasificación se ha realizado partiendo de la resistencia a flexión.													
NOTA 3 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%, lo que equivale a un contenido de humedad del 12% para la mayor parte de la especies.													
NOTA 4 Los valores característicos de resistencia a cortante son para madera sin fendas, de acuerdo a la Norma EN 408.													
NOTA 5 Las clases pueden aplicarse también a maderas frondosas que presenten un perfil resistente y densidad similares, tales como el chopo o el castaño.													
NOTA 6 La resistencia a la flexión de canto puede utilizarse también en el caso de flexión de tabla													



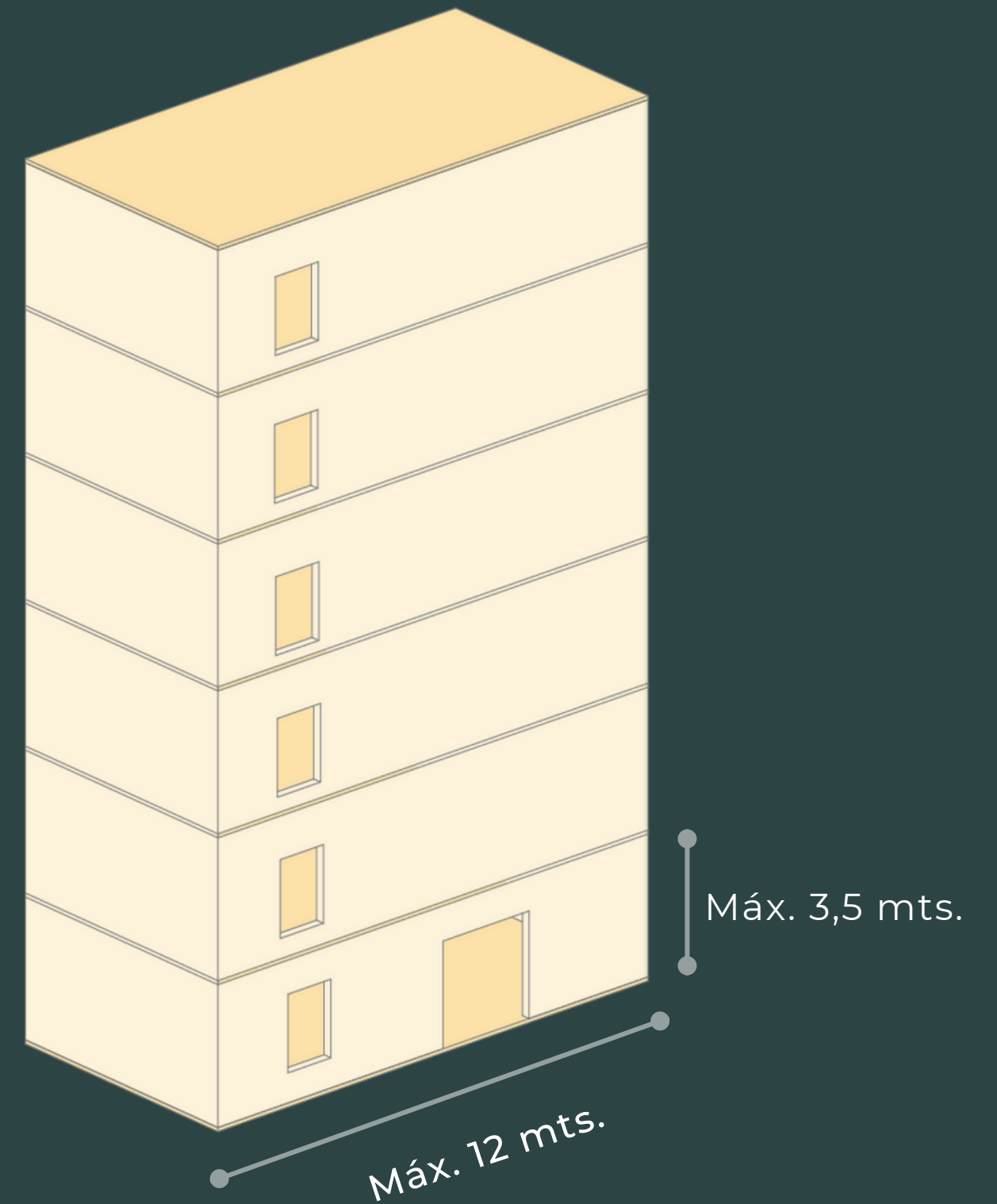
CLT



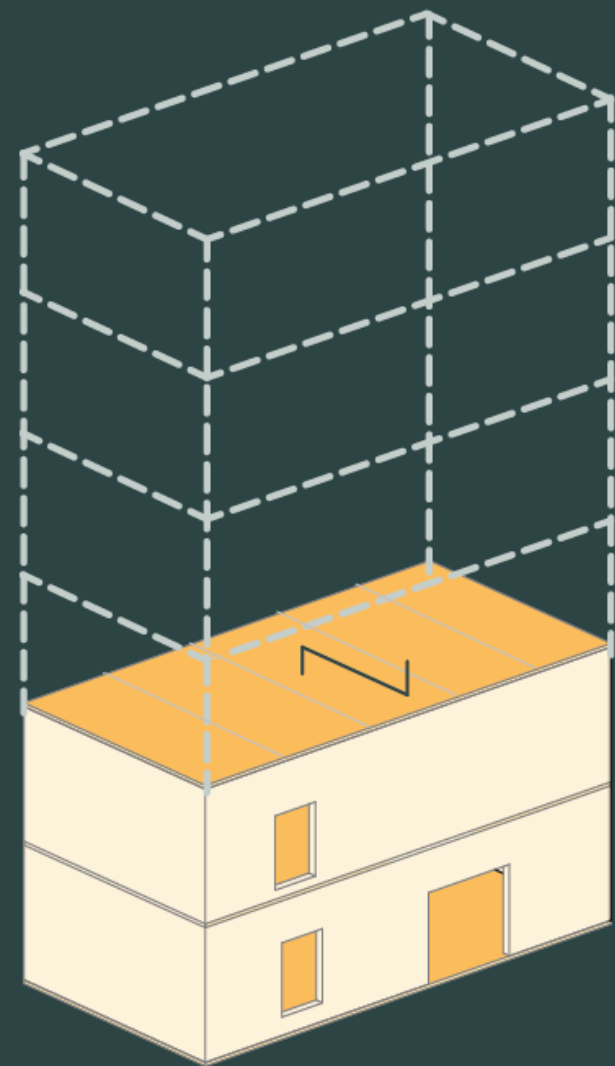
CLT



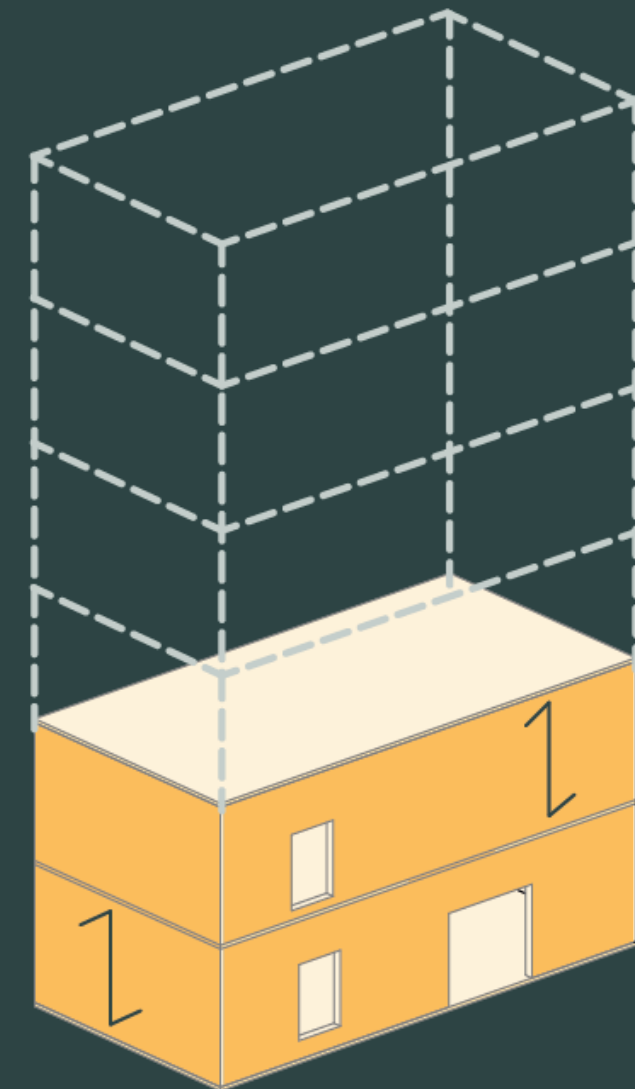
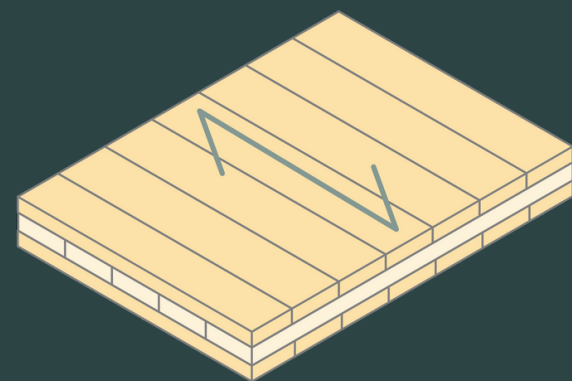
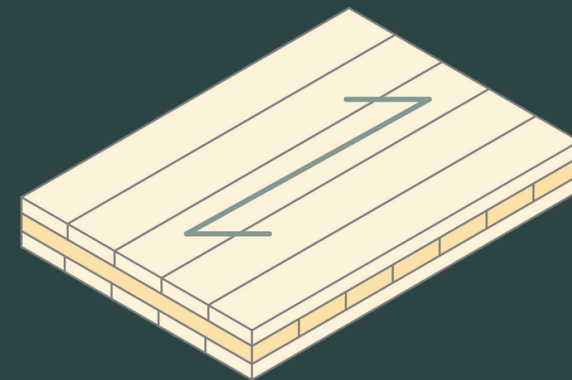
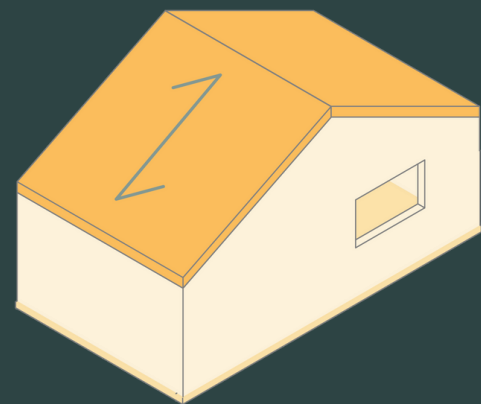
- Largos de hasta 12 m
- Anchos de hasta 3,5 m y
- Espesores de hasta 360 mm



CLT



Losas y cubiertas

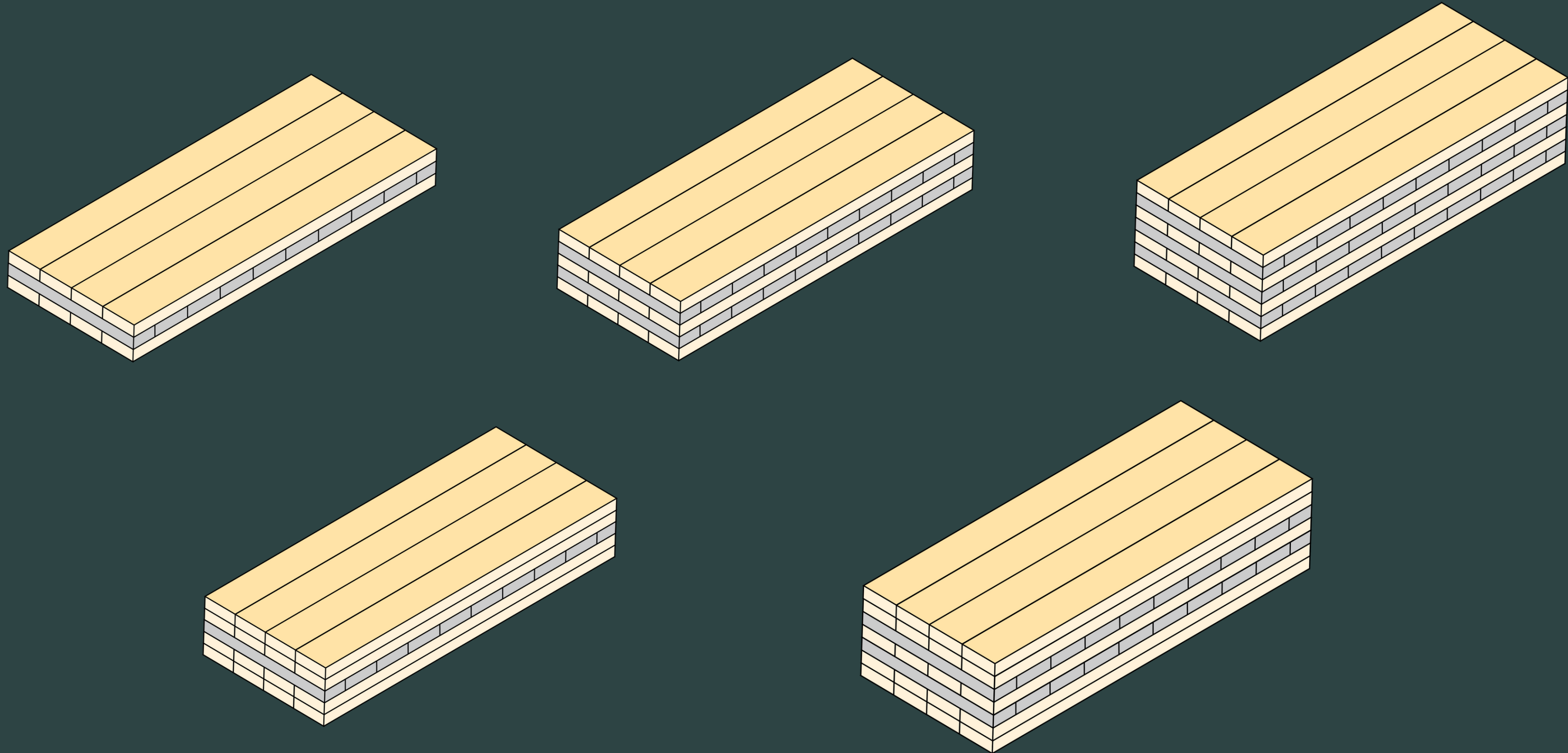


Muros

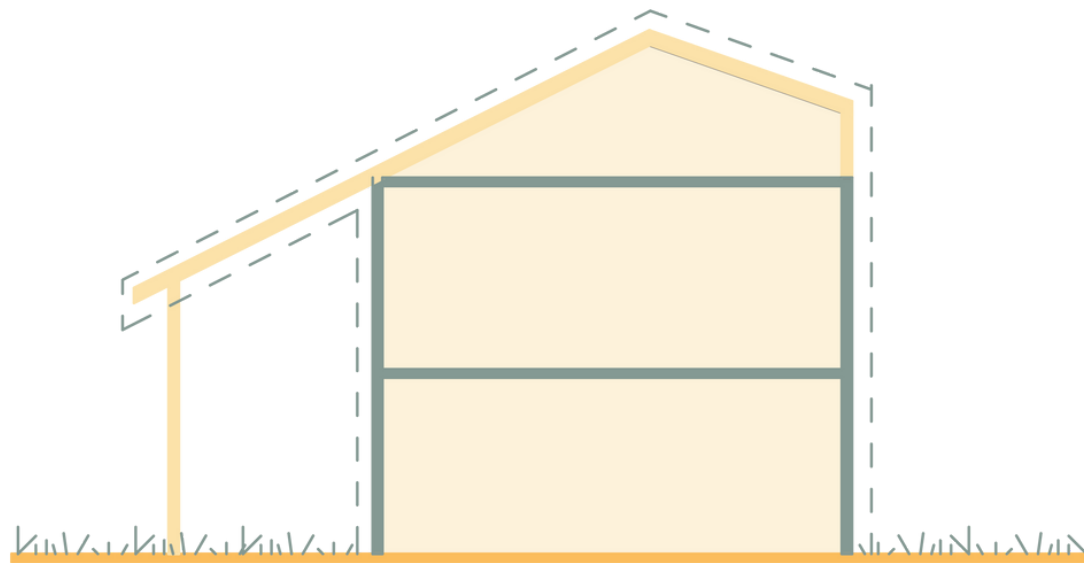


CLT

Configuraciones

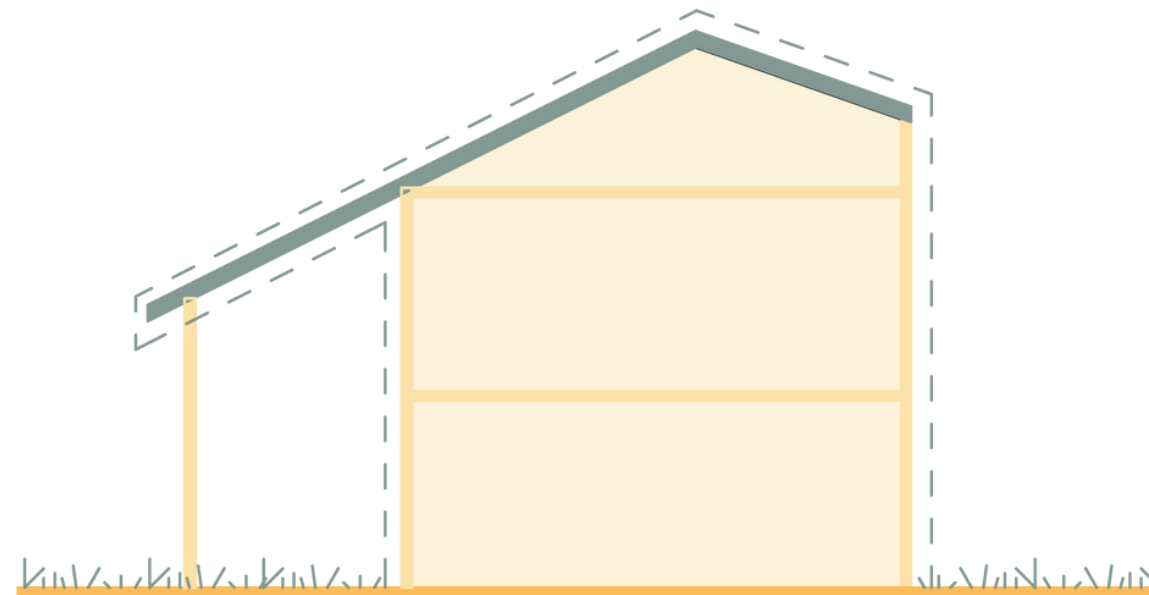


Clase de servicio 1



Espacio interior. No expuesto a la intemperie ni humedad.

Clase de servicio 2

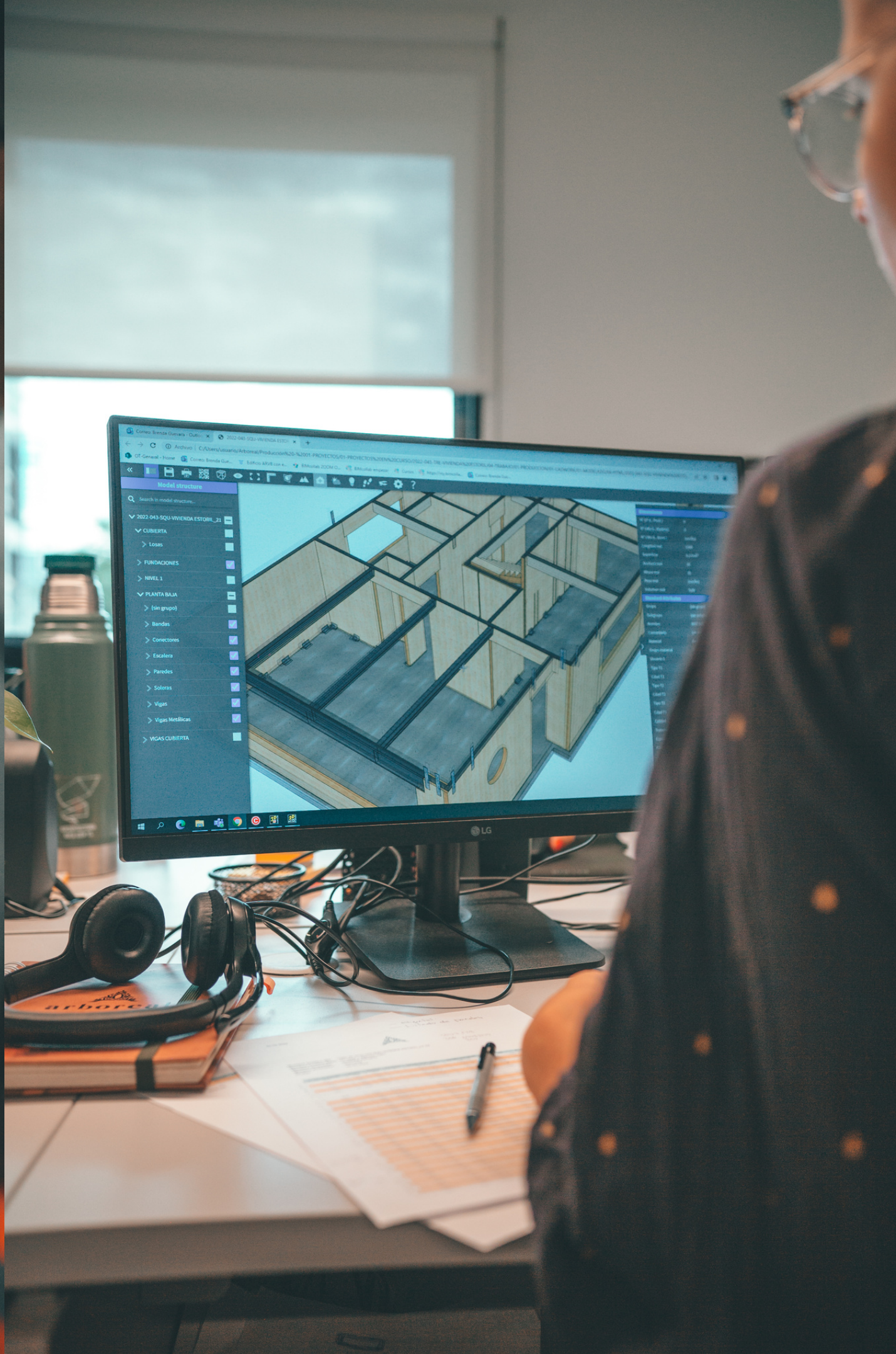


Espacio bajo cubierta, Protegido de la intemperie, se permite humedad ocasional.

CLT

Clases de servicio

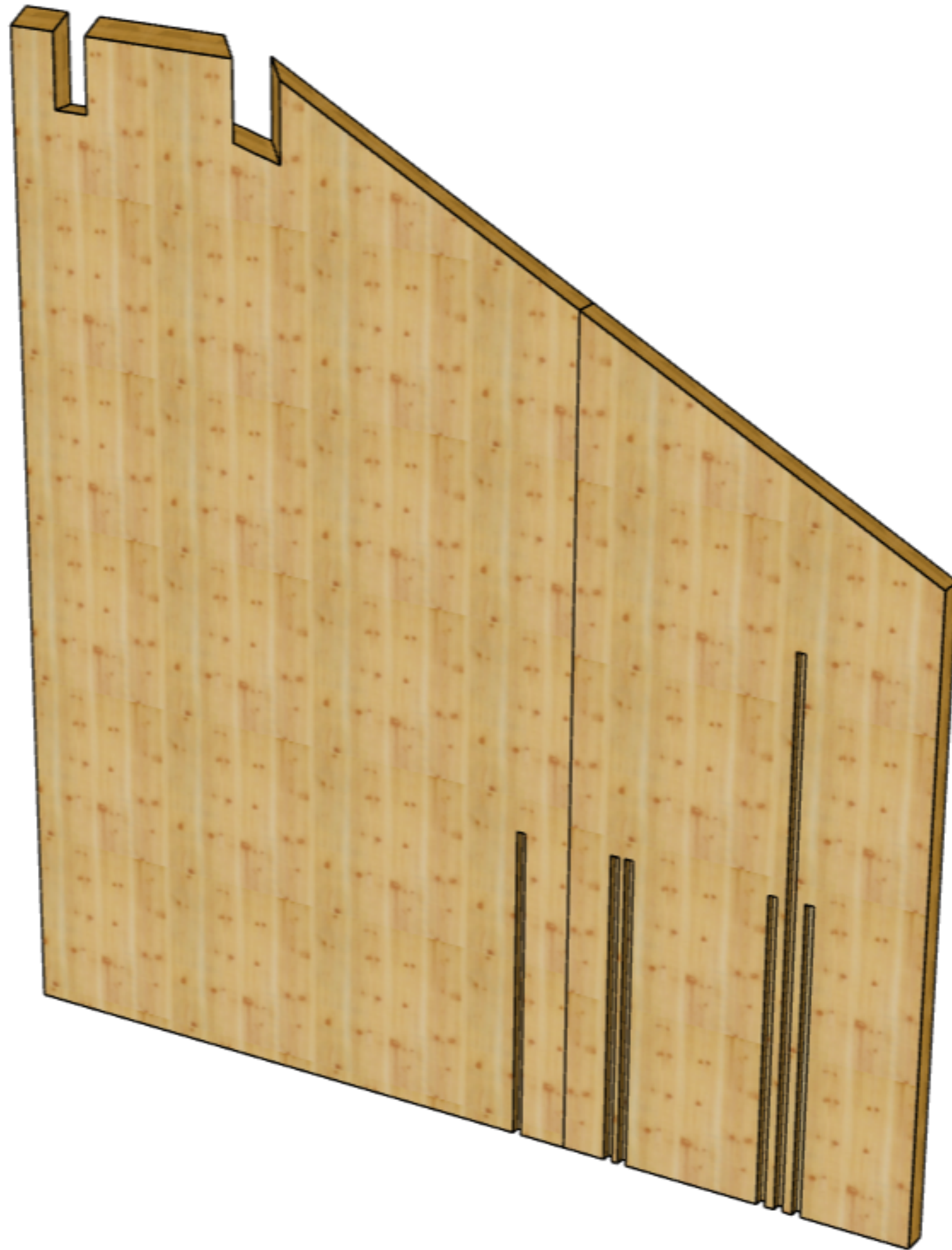




CLT

Mecanizados





CLT

Mecanizados





CLT

Mecanizados





CLT

Mecanizados





CLT

Mecanizados

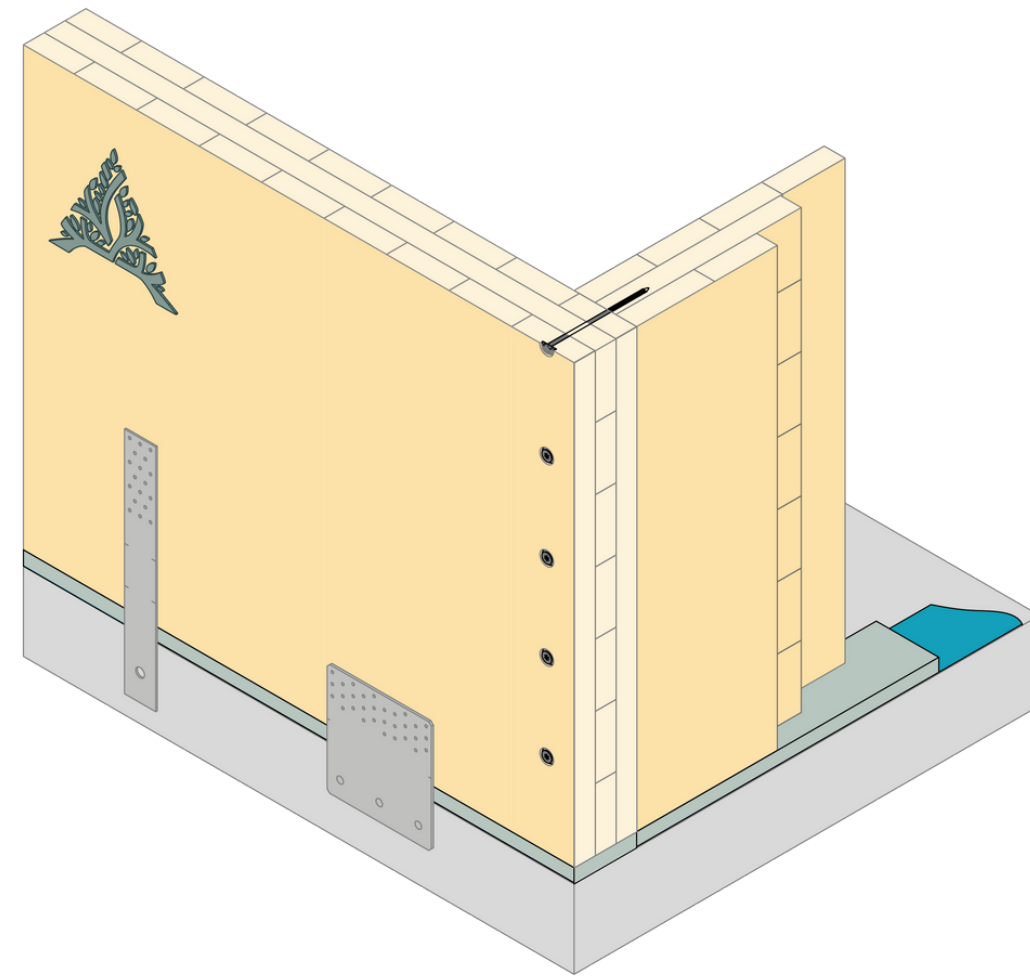
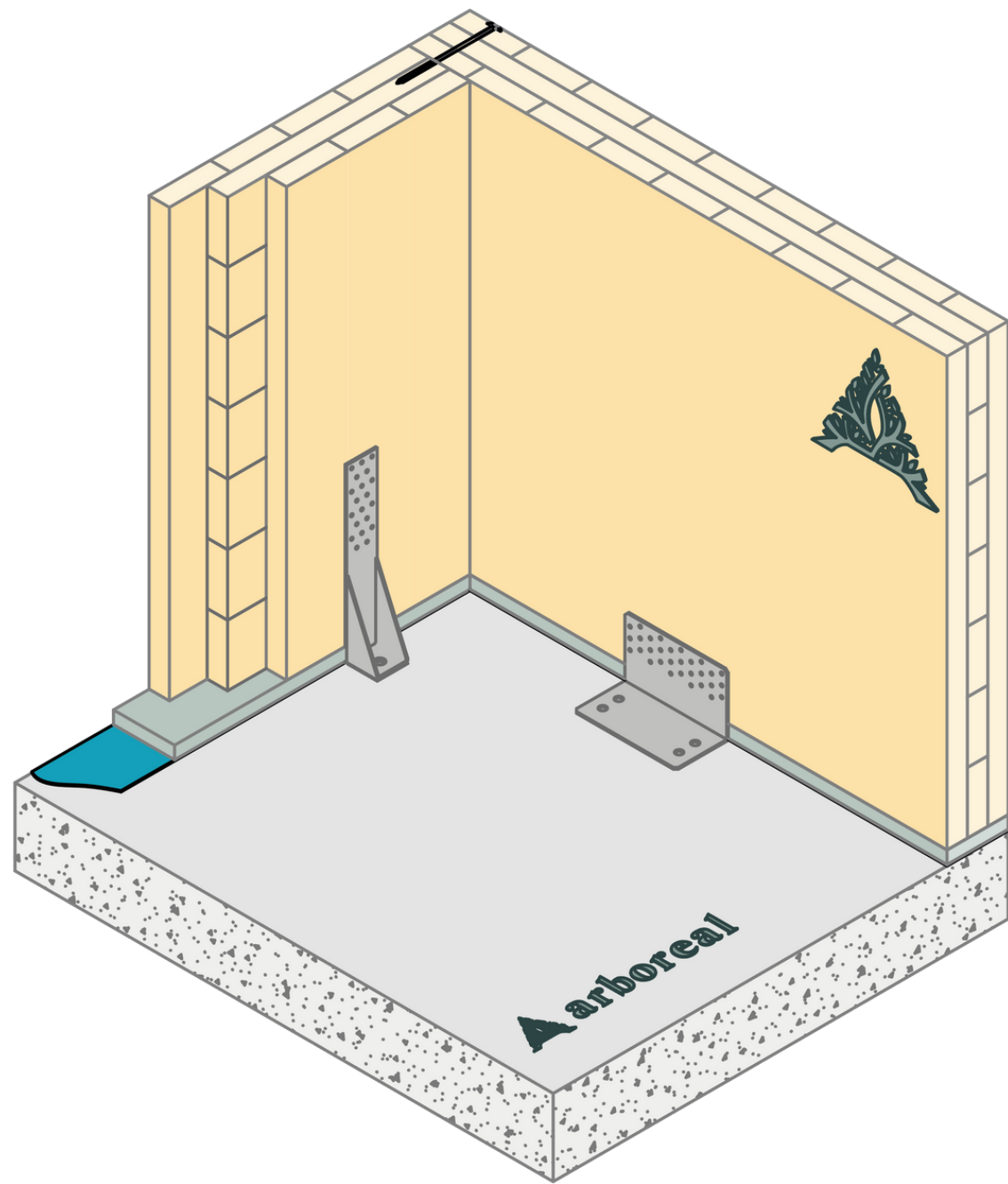




CLT

Mecanizados

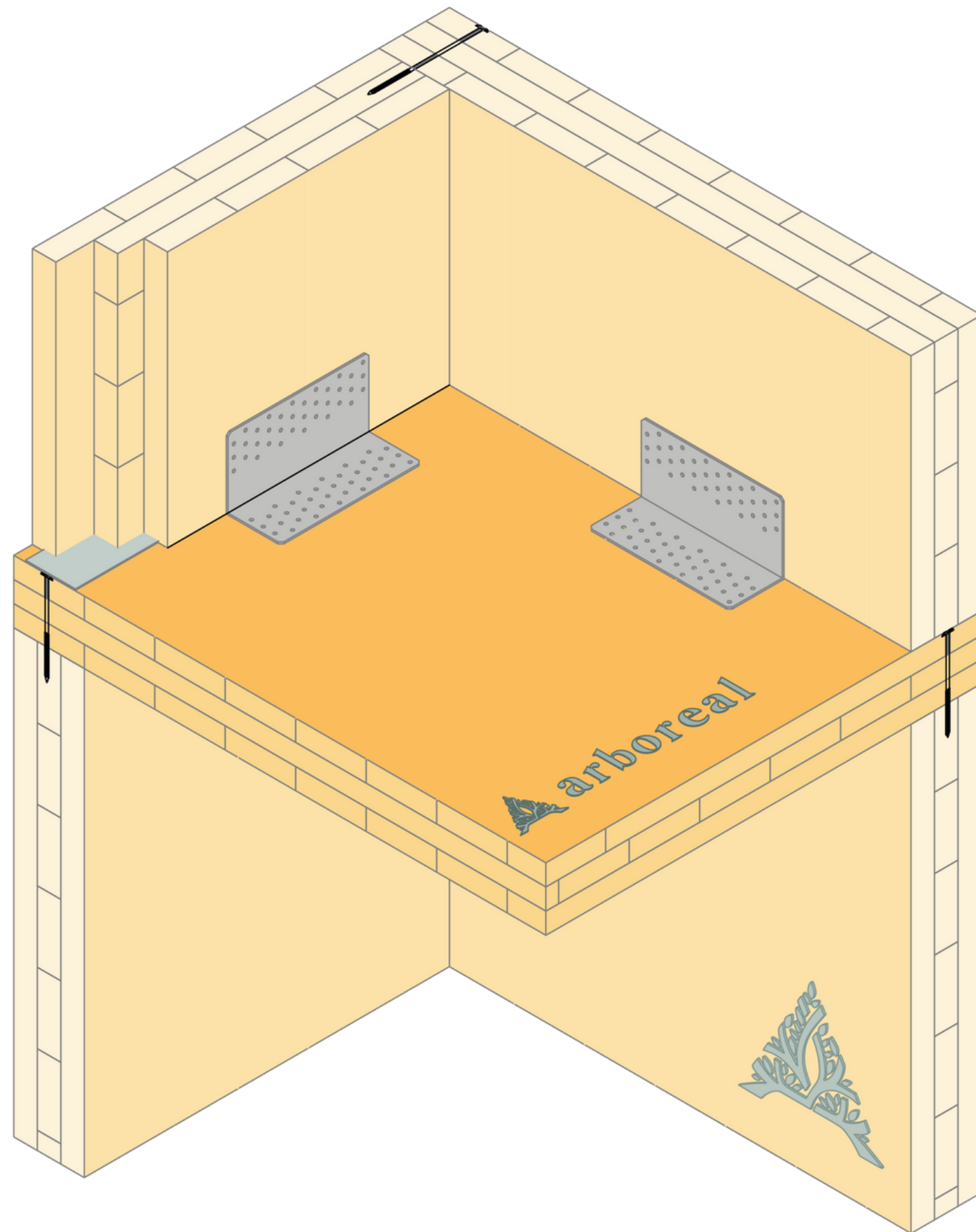




CLT

Detailles

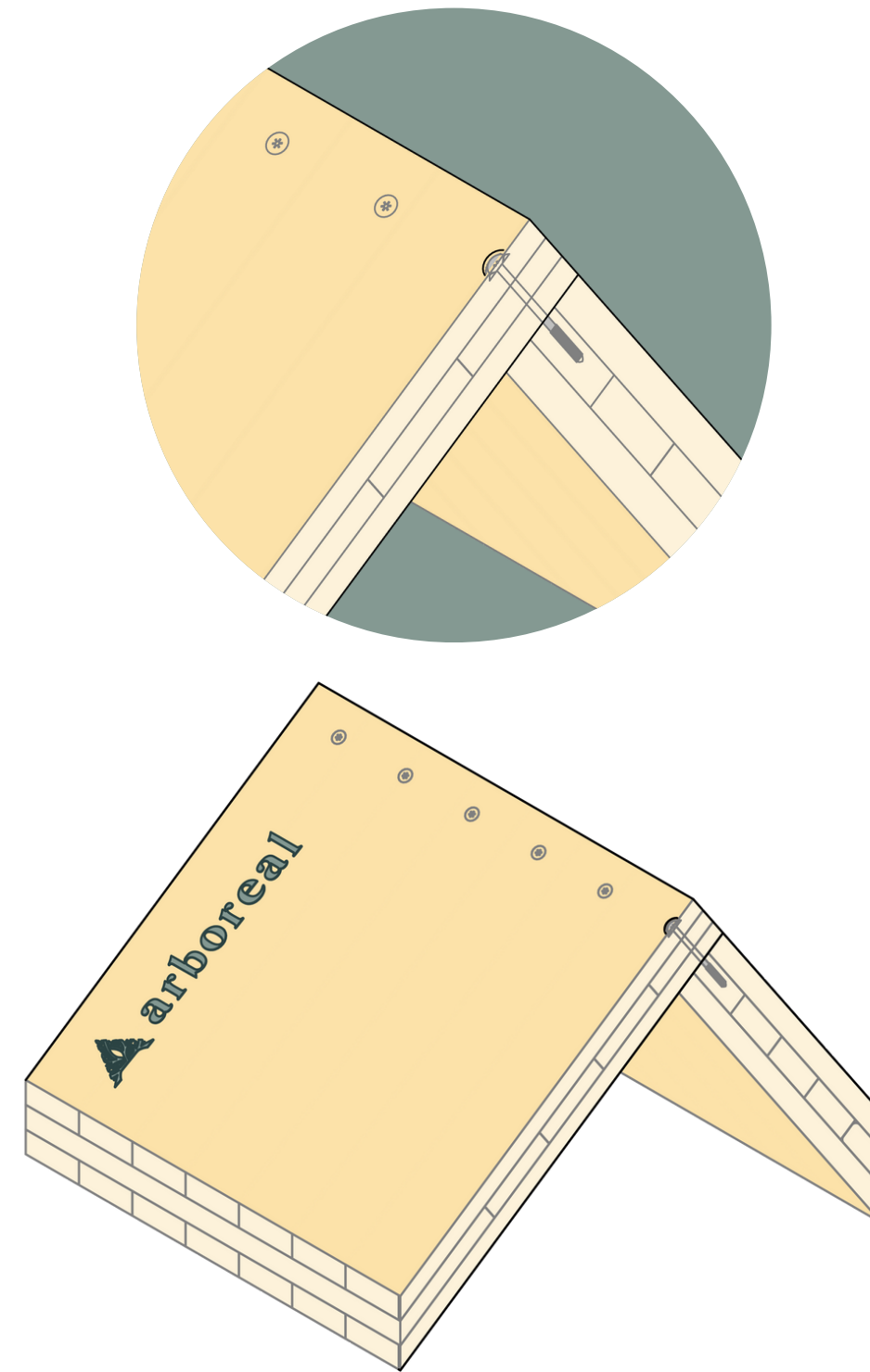
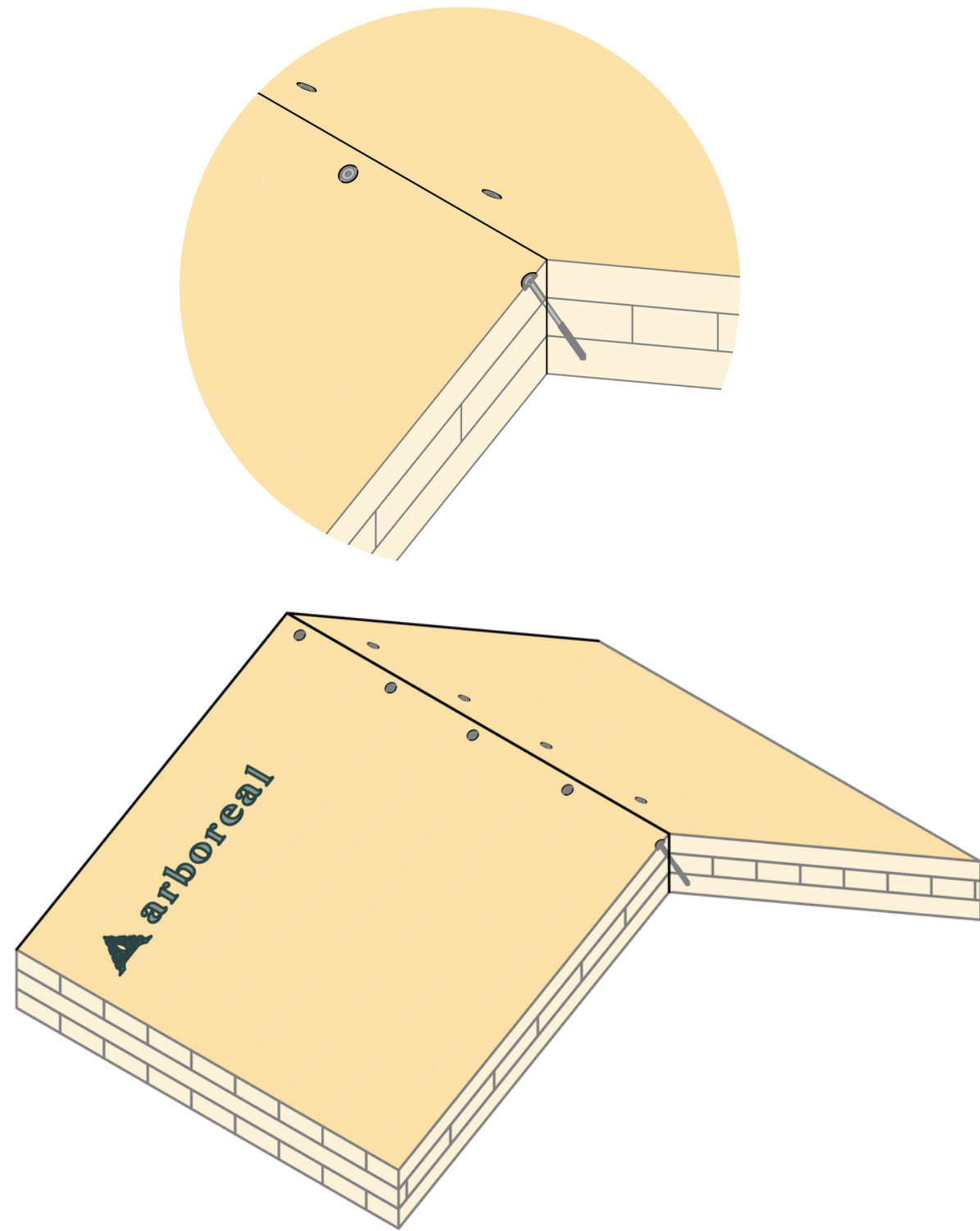




CLT

Detalles

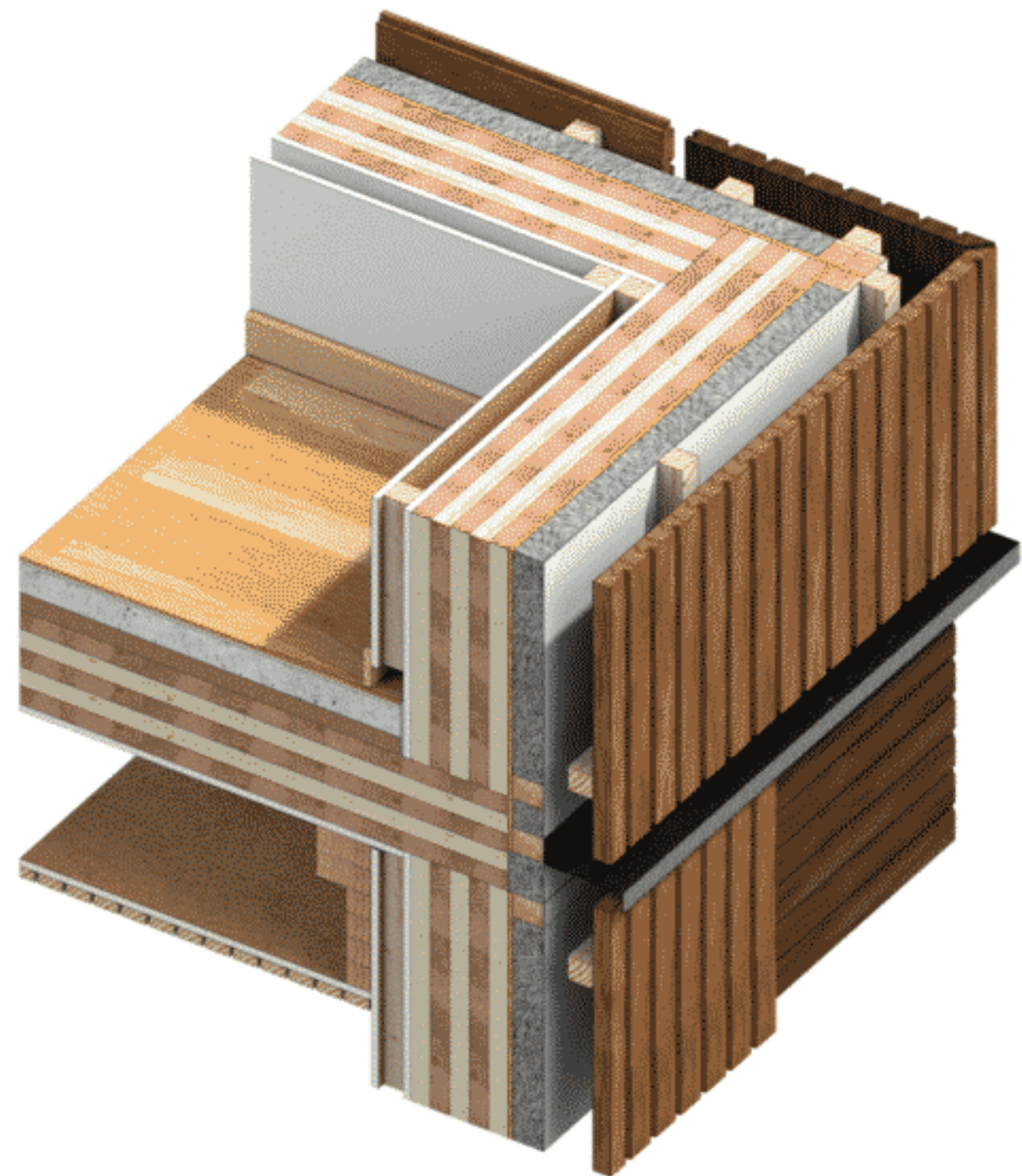




CLT

Detalles





CLT

Detalles

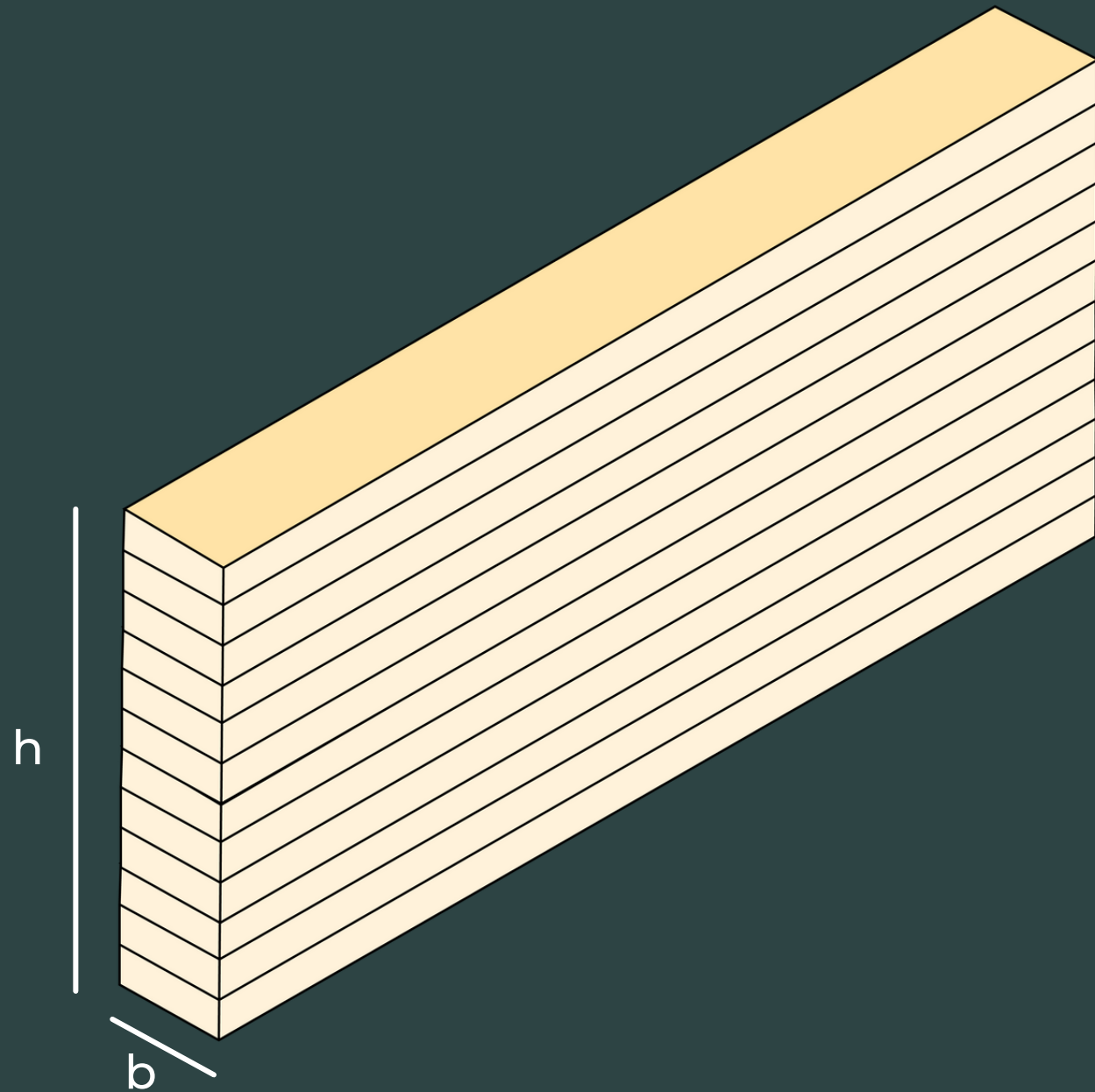




GLT



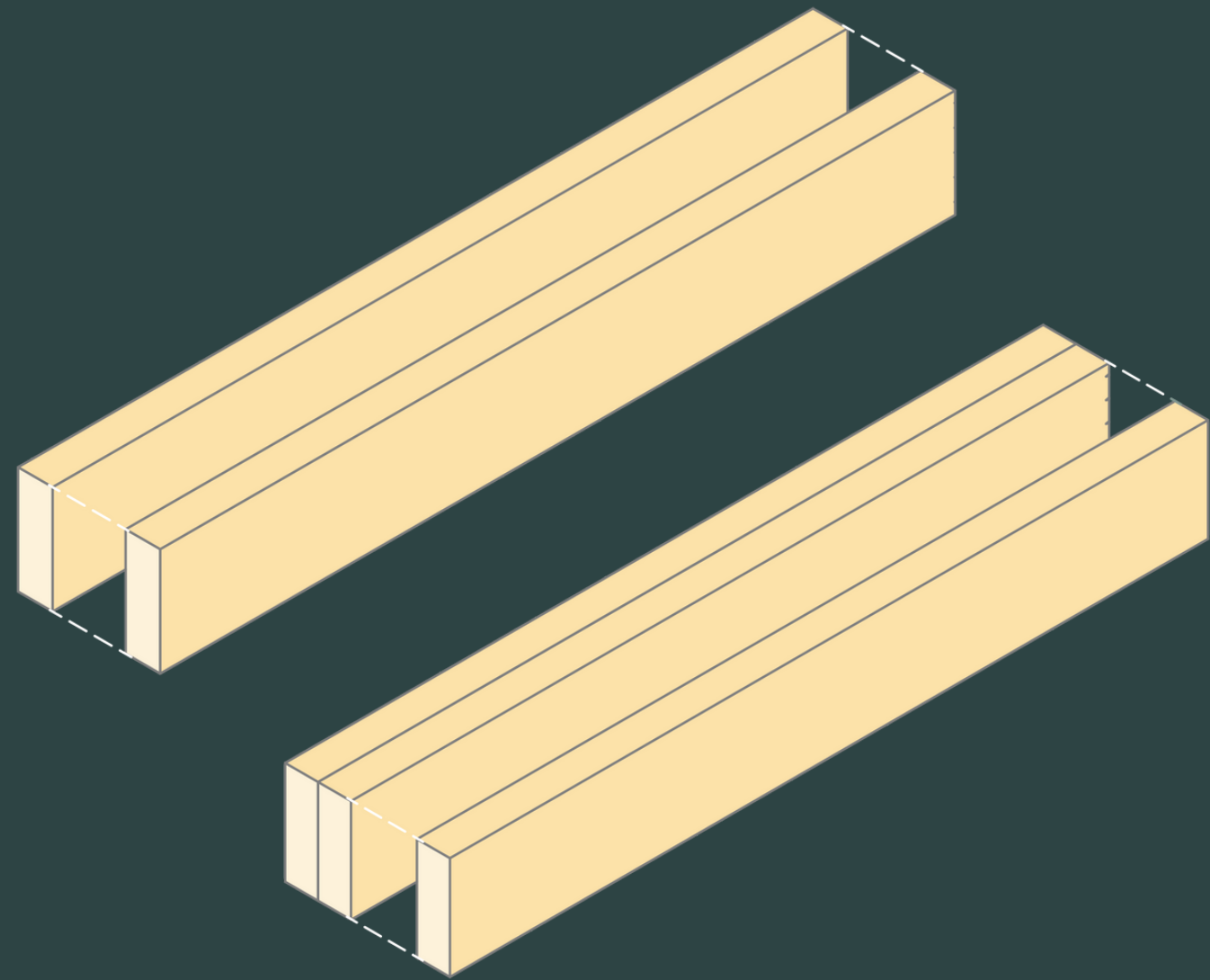
GLT



- Largos de hasta 12 m
- Anchos según dimensiones de madera aserrada
- Cantos de hasta 1 m



DUOS y TRIOS



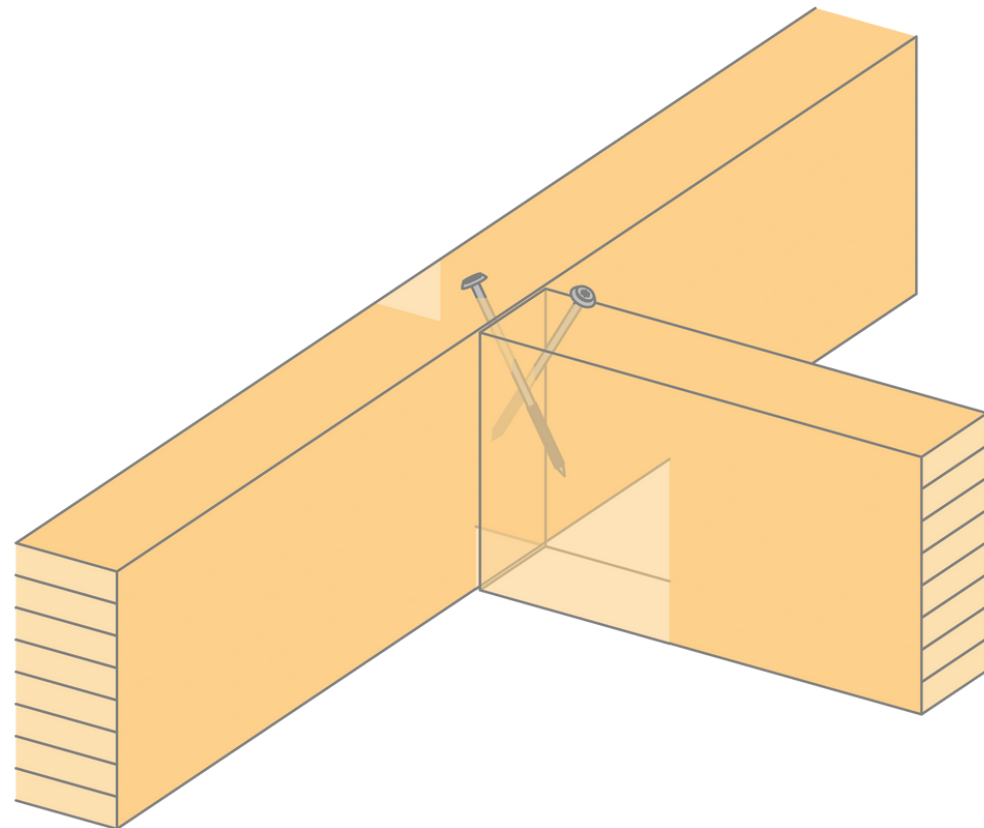
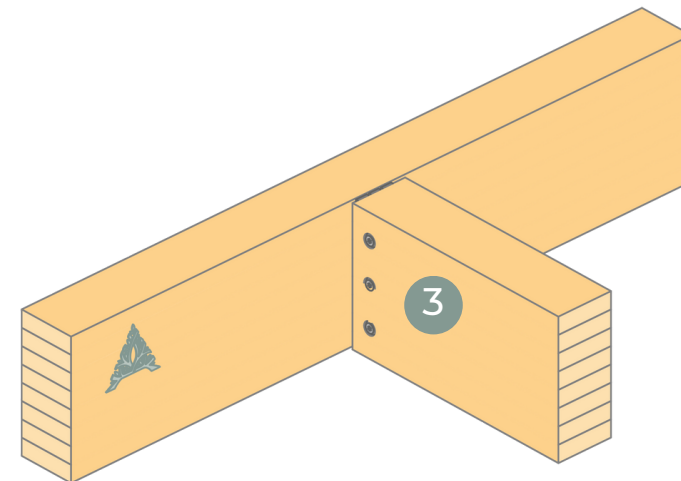
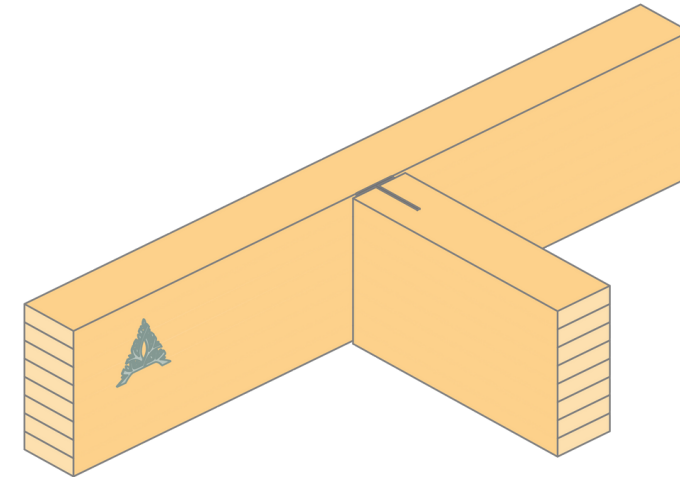
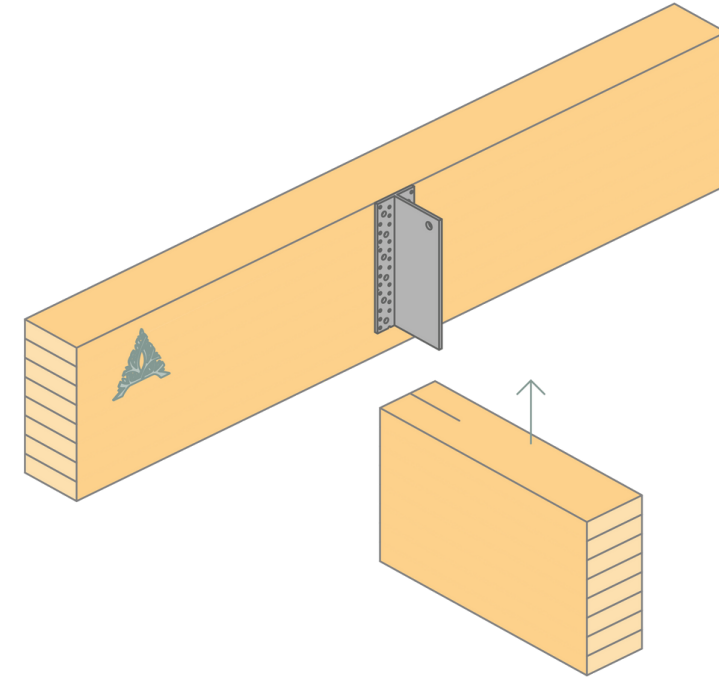
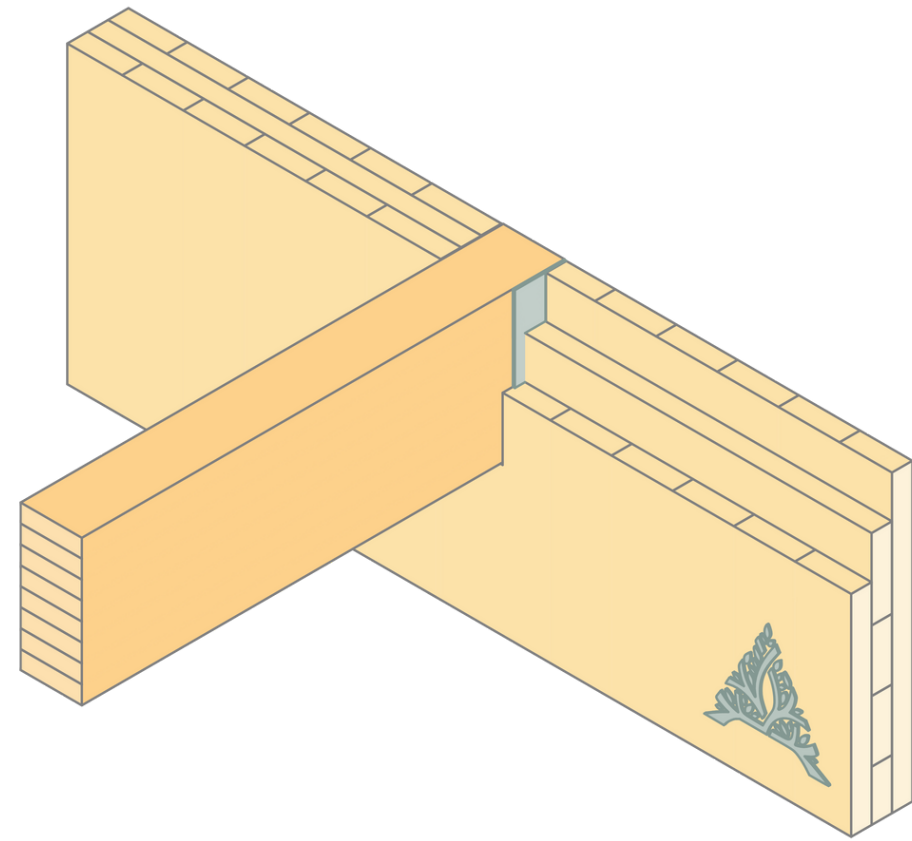
- **Largos de hasta 12 m**
- **Anchos (b) 66, 80, 90, 99, 120, 135**
- **Cantos (h) 145 y 196**





GLT





GLT

Detalles



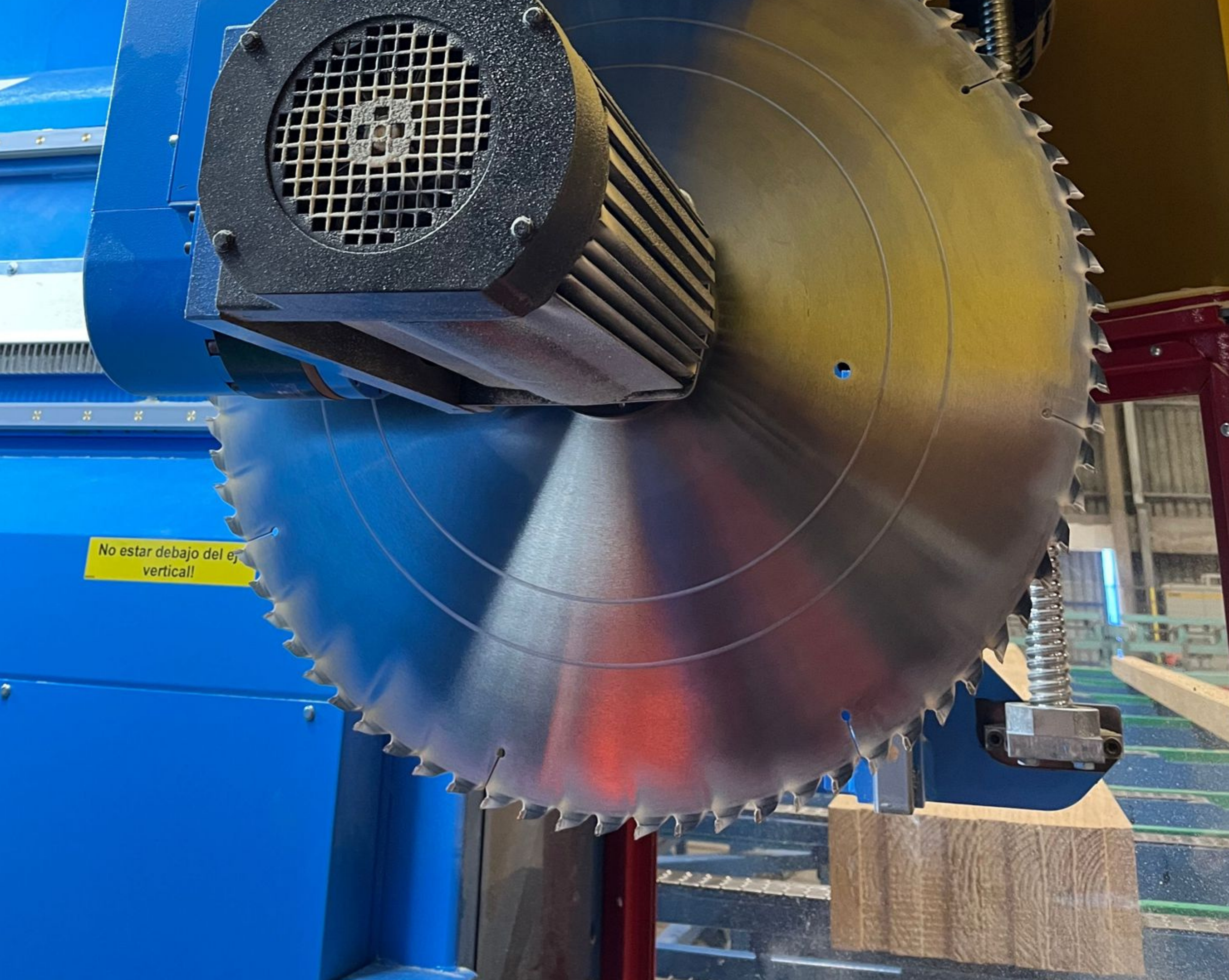


3

GLT

Detalles





No estar debajo del eje vertical!

GLT

Mecanizados





GLT

Mecanizados





GLT

Mecanizados



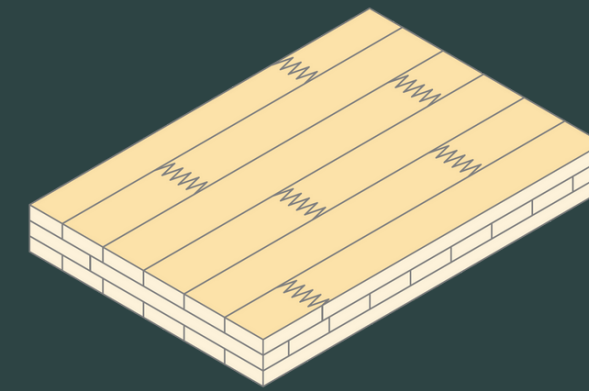


GLT

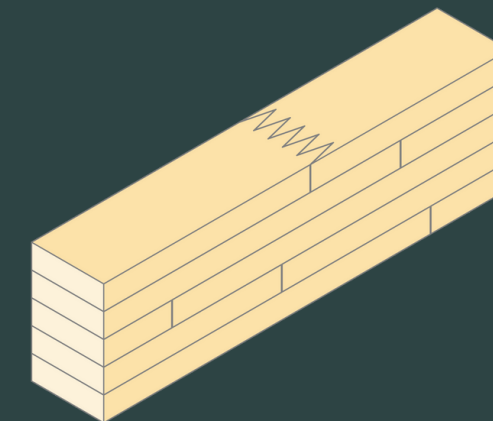
Mecanizados



PRODUCCIÓN



CLT - EN 16351



GLT - EN 14080





PRODUCCIÓN





INGENIERÍA ESTRUCTURAL



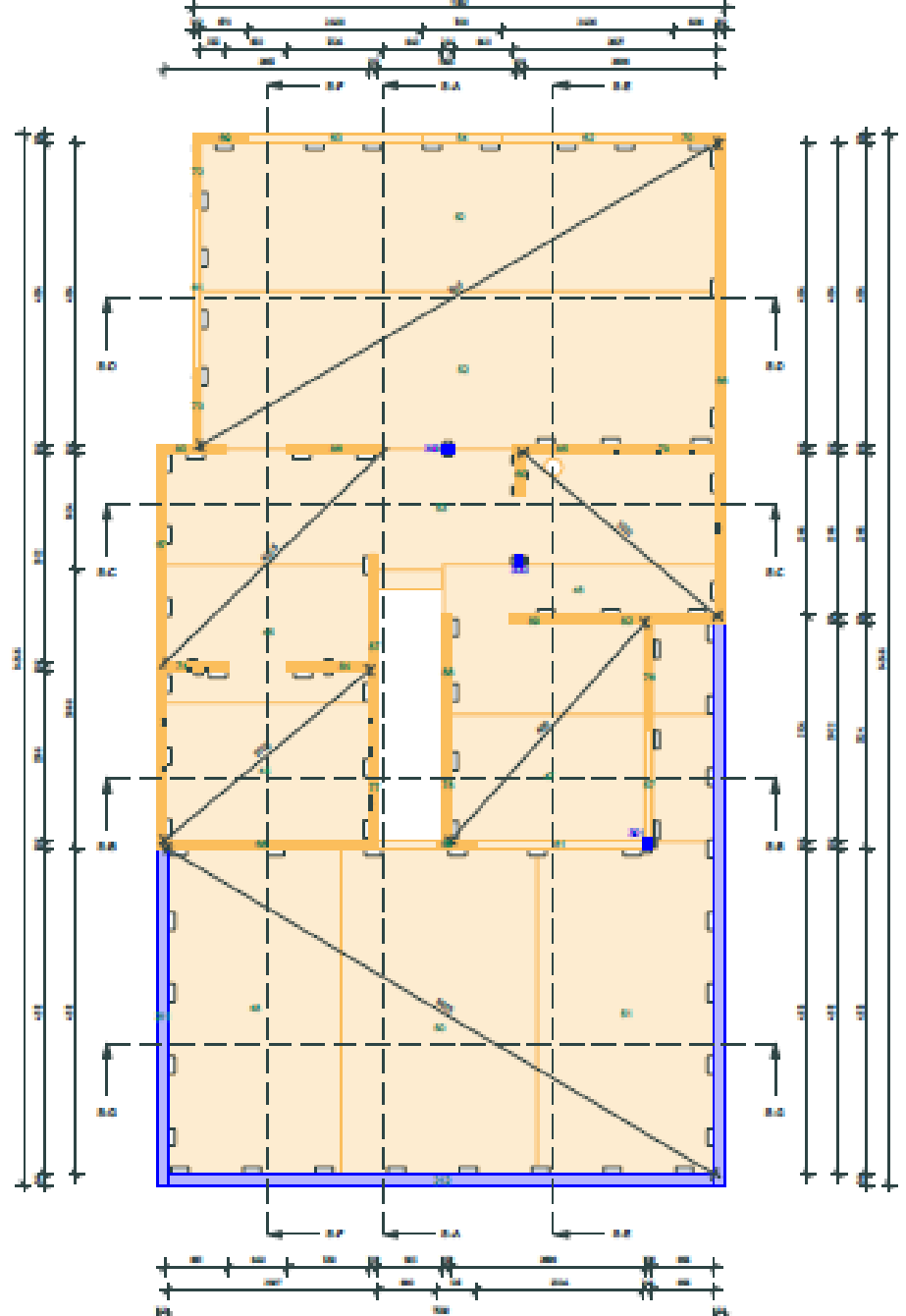
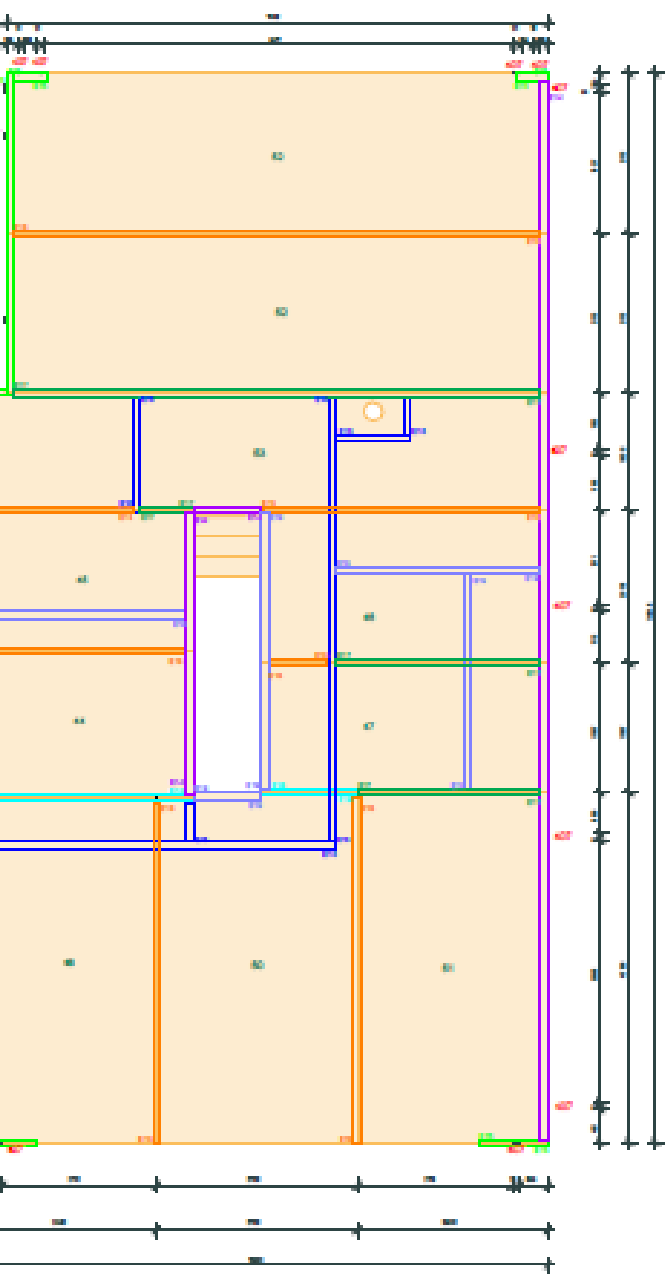


Tabla 01: Usos de dependencias 0.1

ID	Car.	A (m ²)	L (m ²)	Perímetro	Perímetro total
44	1	1004	1004	801	801
45	1	1000	1000	400	400
46	1	1078	1000	400	400
47	1	1007	1000	300	300
48	1	1000	400	100	100
49	1	1700	470	100	100
51	1	1000	470	100	100
52	2	1078	1000	100	100
53	1	1000	1000	100	100
54	1	1000	1000	100	100
55	1	1000	1000	100	100
56	1	1000	1000	100	100
57	1	1000	1000	100	100
58	1	1000	1000	100	100
59	1	1000	1000	100	100
60	1	1000	1000	100	100
61	1	1000	1000	100	100
62	1	1000	1000	100	100
63	1	1000	1000	100	100
64	1	1000	1000	100	100
65	1	1000	1000	100	100
66	1	1000	1000	100	100
67	1	1000	1000	100	100
68	1	1000	1000	100	100
69	1	1000	1000	100	100
70	1	1000	1000	100	100
71	1	1000	1000	100	100
72	1	1000	1000	100	100
73	1	1000	1000	100	100
74	1	1000	1000	100	100
75	1	1000	1000	100	100
76	1	1000	1000	100	100
77	1	1000	1000	100	100
78	1	1000	1000	100	100

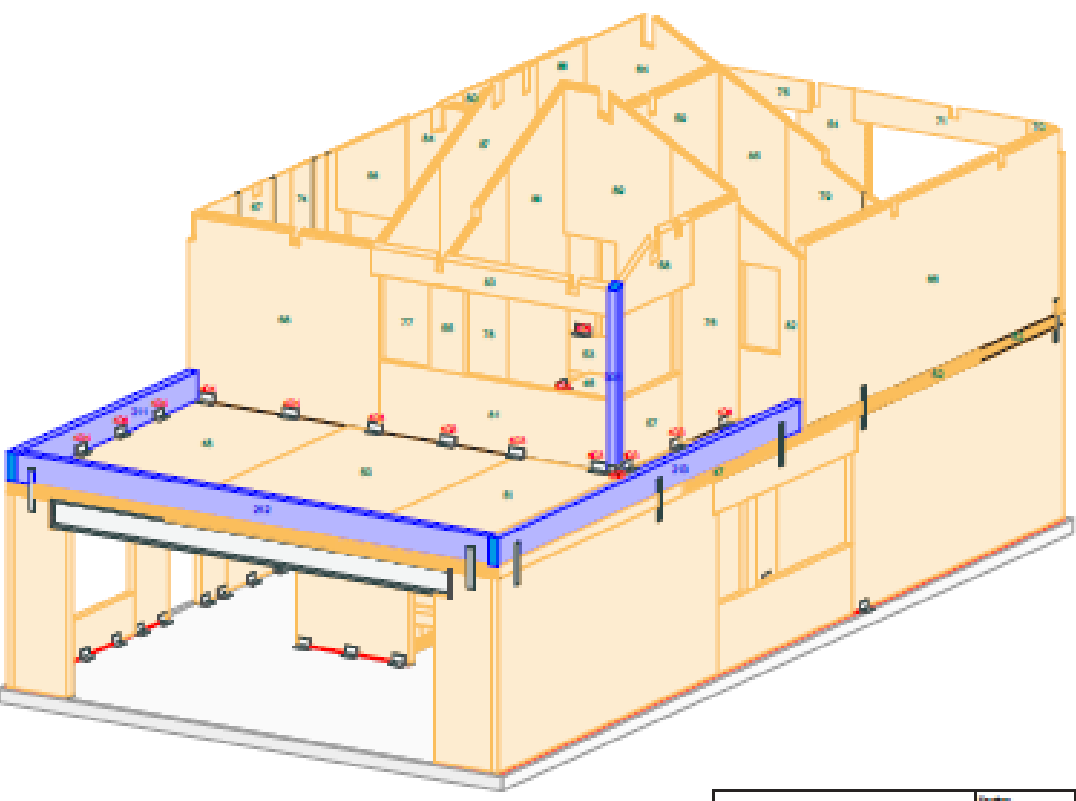
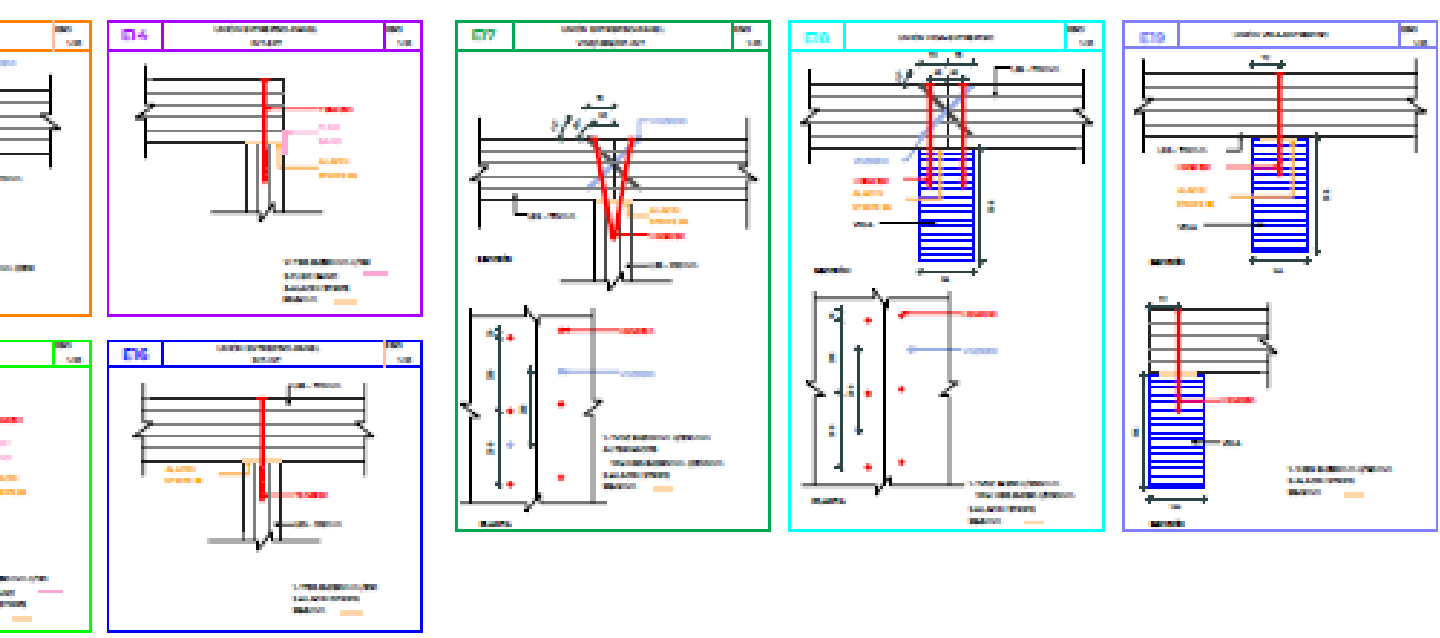
ID	Car.	A (m ²)	L (m ²)	Perímetro	Perímetro total
79	1	1000	1000	100	100
80	1	1000	1000	100	100
81	1	1000	1000	100	100
82	1	1000	1000	100	100
83	1	1000	1000	100	100
84	1	1000	1000	100	100
85	1	1000	1000	100	100
86	1	1000	1000	100	100
87	1	1000	1000	100	100
88	1	1000	1000	100	100
89	1	1000	1000	100	100
90	1	1000	1000	100	100
Total	48				2700

Tabla 02: Usos de vigas y columnas

ID	Designación	Materia	Características (cm)	Longitud (m)	Perímetro	Cant. (m ³)
211	0.22x	CLT	4000	0.006	1	
212	0.22x	CLT	7500	1.024	1	
213	0.22x	CLT	7500	1.024	1	
201	0.22x	CLT	3071	0.177	1	
Columna 1					4	
300	0.22x	CLT	3000	0.111	2	
Columna 2					2	

PUNTO 1.00

PUNTO 1.00



PUNTO 1.00

Aclaración: la representación de orientación de capas CLT es meramente ilustrativa.

INGENIERÍA ESTRUCTURAL



MUCHAS GRACIAS



carlos.mazzey@arboreal.com