

**Seminarios de Ingeniería Civil**

**2016**



**28**  
setiembre

**Salón Actos**

Edificio Polifuncional J. Luis Massera

17:30 a 20:00 hs.

**PANELES ESTRUCTURALES DE MADERA CONTRALAMINADA (CLT)  
PARA EDIFICACIÓN E INGENIERÍA CIVIL Y EXPERIENCIA EN URUGUAY**

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

Introducción

Madera contralaminada

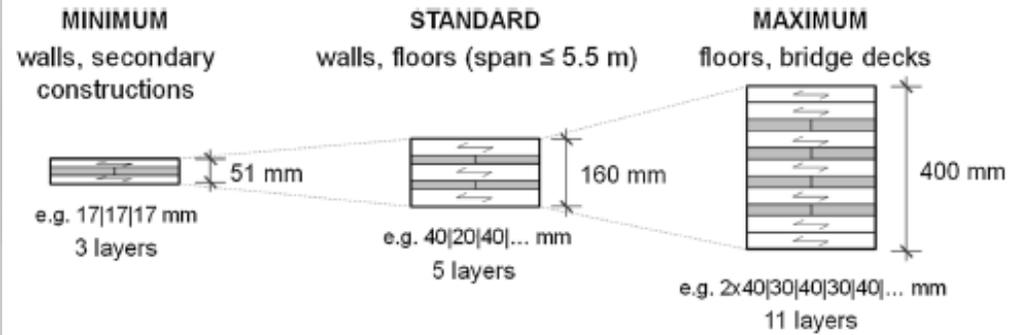
Cross Laminated Timber CLT



Fuente: Ontario wood



Fuente: Laguarda (2014)



Fuente: Brandner (2015)

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

Fuente: Alessi (2011)

## Introducción

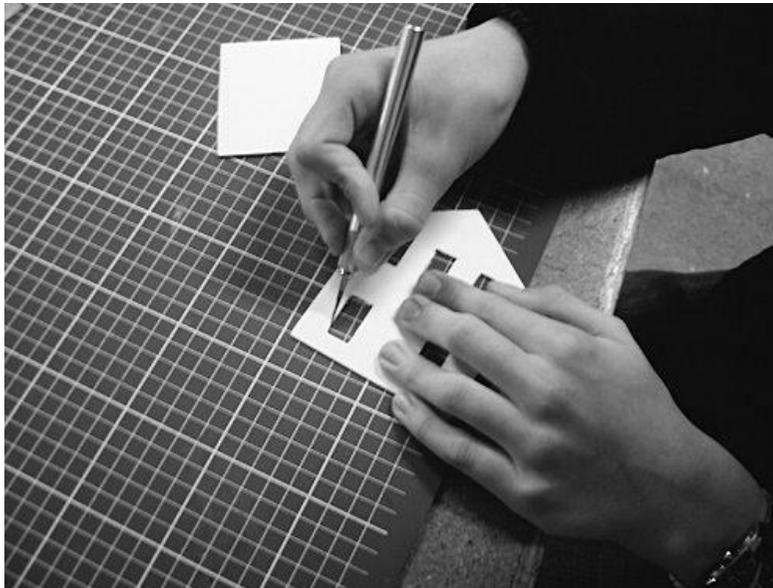
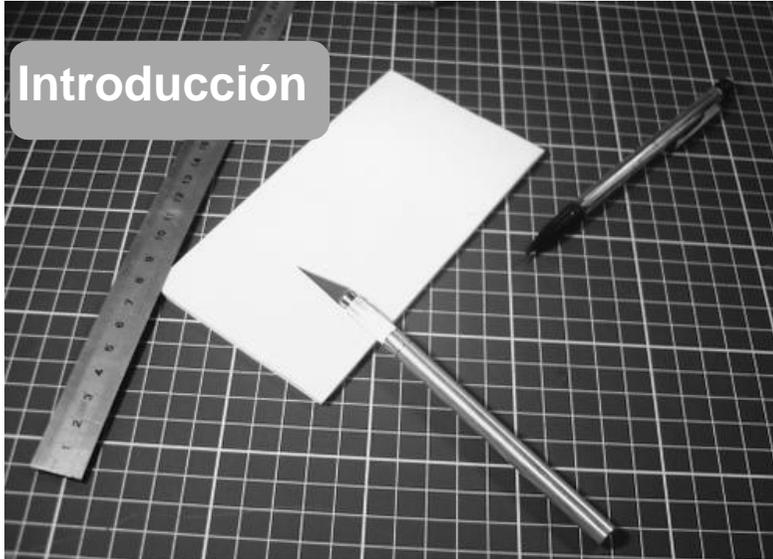


Fuente: [www.tymasociados.com](http://www.tymasociados.com)

Fuente: [www.mundolignia.com](http://www.mundolignia.com)

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

Introducción



Fuente: [www.pinterest.com](http://www.pinterest.com)



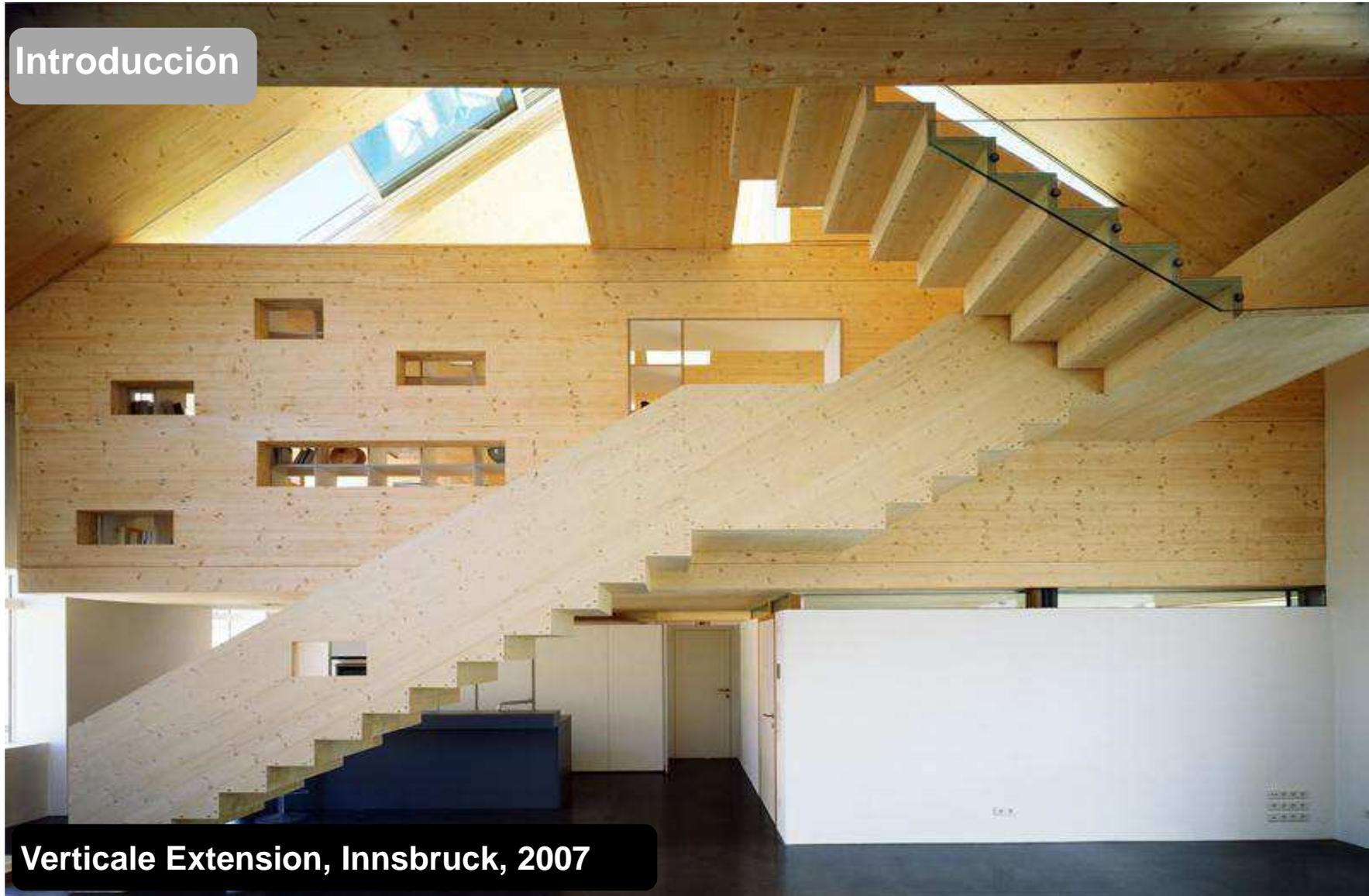
Fuente: Alessi (2011)

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura

Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

Fuente: Alessi (2011)

## Introducción



**Verticale Extension, Innsbruck, 2007**

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

## Introducción



Edificio 24 Murray Grove, London (2009)



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



“edificio para armar”



Fuente: [www.pinterest.com](http://www.pinterest.com)

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

## Introducción

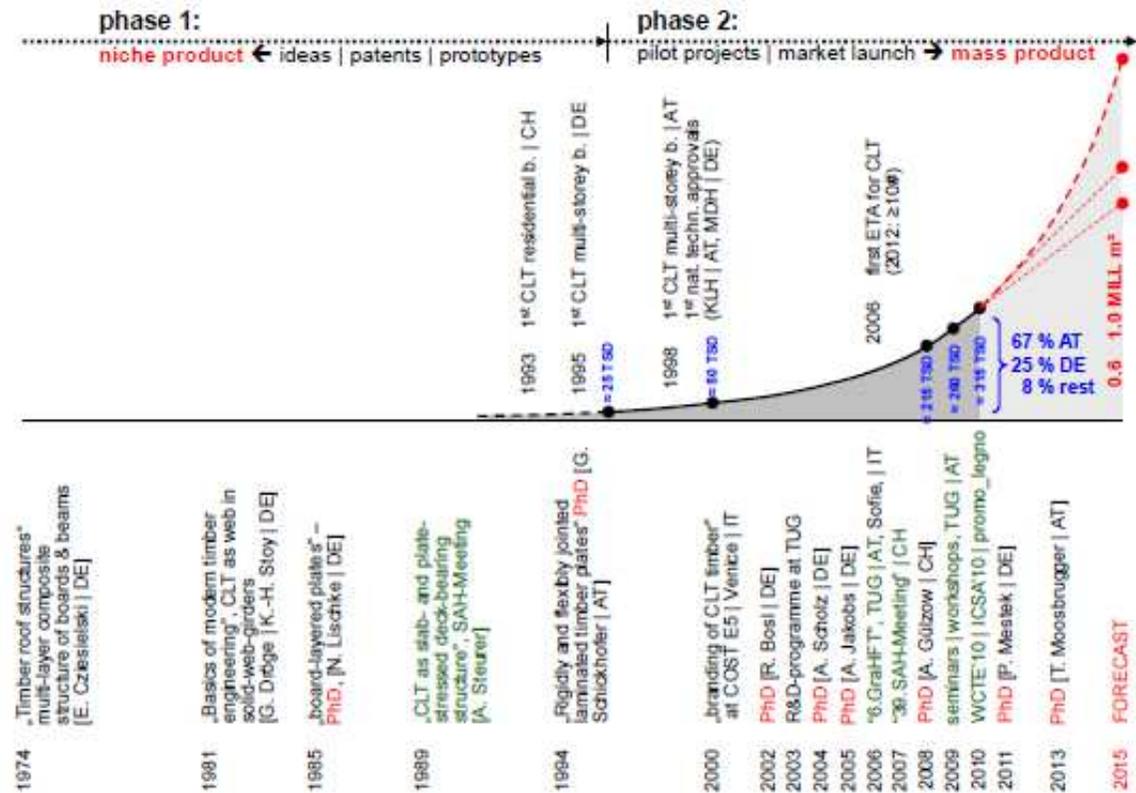
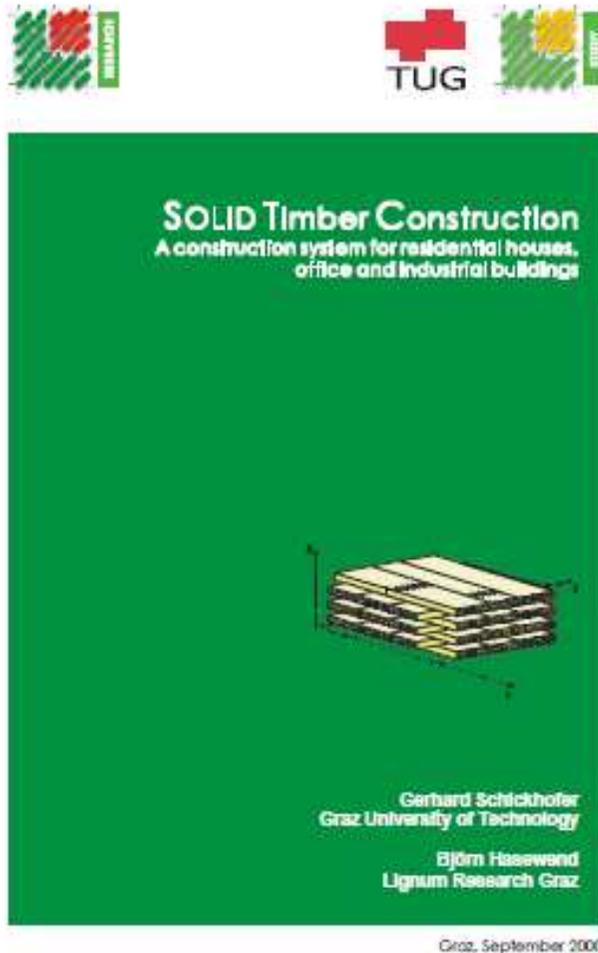


Edificio Forté, Auckland (2012)

Fuente: [www.thefifthestate.com.au](http://www.thefifthestate.com.au)

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

Introducción



Fuente: Brandner (2015)

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería



NORDIC  
STRUCTURES

STRUCTURLAM  
INNOVATIVE WOOD SPECIALISTS

StructureCraft



SMARTLAM

DR Johnson  
Wood Innovations  
Innovative Wood Solutions

STRUCTURLAM  
INNOVATIVE WOOD SPECIALISTS



XLam



CIRILLAM



CROSSLAM



Benken Wood  
Gardelgen GmbH

Metsä

HMS  
BAUSYSTEME

EDER WOOD

STEPHAN

SBM

AGEKA

SCHILLIGER  
DOLZ

ME MASSIFPOS

egoin

amatex

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

binderholz

TIMBORY

KLH

KAUFMANN

TILLY

ROTH

HASLACHER  
HORICA TIMBER

MOSER  
HOLZBAU

DERIX

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
 Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



2016



ÖSTERREICHISCHES  
INSTITUT FÜR  
BAUTECHNIK

A-1010 Wien, Schenkenstraße 4  
Tel.: +43 (0)1-583 66 50  
Fax: +43 (0)1-583 64 23  
E-Mail: mail@oib.oe.at



Mitglied der EOTA

**DOCUMENTO DE IDONEIDAD TECNICA EUROPEO DITE 06/0138**

Traducción al español. La versión original es en alemán, y la presente traducción se realiza desde la traducción inglesa oficial.

Handelsbezeichnung <b>Marca comercial:</b>	<b>KLH-Massivholzplatten</b> KLH: placas de madera maciza / paneles de madera contralaminada
Zulassungsinhaber <b>Ostenta el documento:</b>	<b>KLH Massivholz GmbH</b> 8942 Katsch an der Mur 202 Österreich
Zulassungsgegenstand und Verwendungszweck <b>Tipo genérico y uso del producto de construcción:</b>	<b>Massive plattentförmige Holzbaulemente für tragende Bauteile in Bauwerken</b> Los paneles de madera contralaminada se utilizarán como elementos estructurales en edificios
Geltungsdauer vom <b>Validez de</b>	01.07.2011
bis zum <b>a</b>	30.06.2016
Herstellerwerk <b>Localización de la planta de producción:</b>	<b>KLH Massivholz GmbH</b> 8942 Katsch an der Mur 202 Österreich
Diese Europäische technische Zulassung umfasst <b>This European technical approval contains</b>	<b>17 Seiten einschließlich 6 Anhängen</b> 17 Pages including 6 Annexes
Diese Europäische technische Zulassung verlängert <b>This European technical approval extends</b>	<b>ETA-06/0138 mit Geltungsdauer vom 27.07.2006 bis zum 26.07.2011</b> ETA-06/0138 with validity from 27.07.2006 to 26.07.2011



European Organisation for Technical Approvals  
 Europäische Organisation für Technische Zulassungen  
 Organisation Européenne pour l'Agrément technique

## norma española

UNE-EN 16351

Febrero 2016

**TÍTULO**

**Estructuras de madera**

**Madera contralaminada**

**Requisitos**

*Timber structures. Cross laminated timber. Requirements.*  
*Estructuras en beta. Beta laminada cruzada. Requisitos.*

**CORRESPONDENCIA**

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 16351:2015.

**OBSERVACIONES**

**ANTECEDENTES**

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 56 Madera y corcho cuya Secretaría desempeña AITIM.

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura

Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

Requisitos

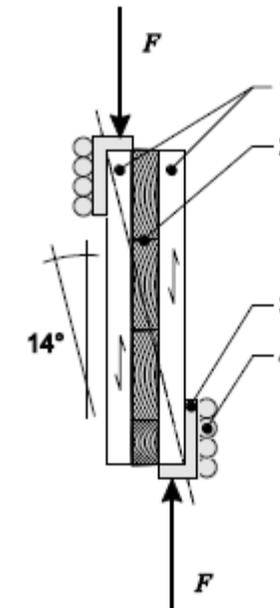
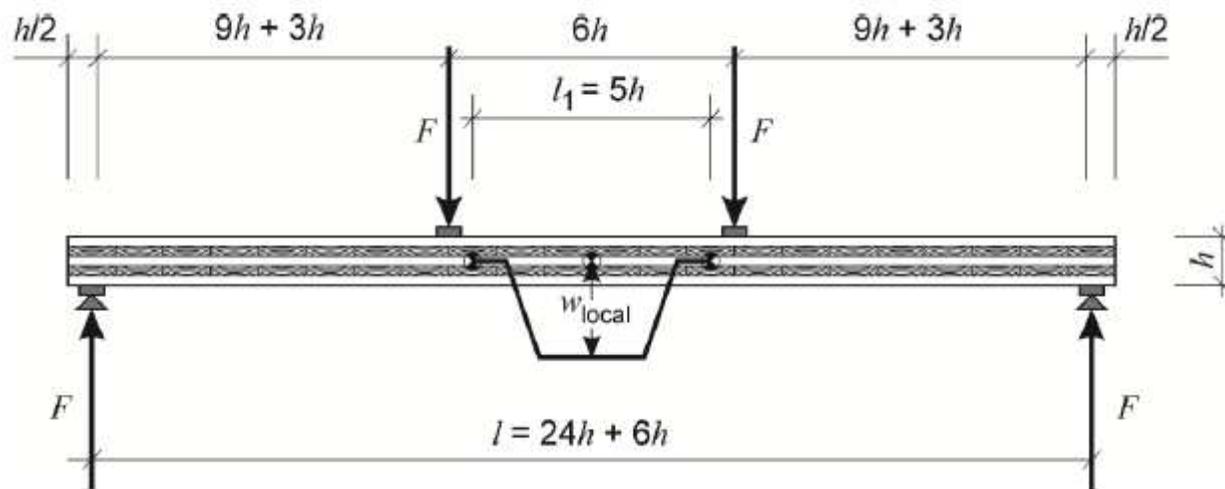
Producto validado

Adhesivos estructurales

Métodos de ensayo

Controles fabricación

Otros.....

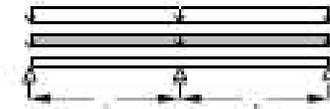


Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura

Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

## Viga de dos vanos

### Deformación



Según la homologación EN 14084, DIN 6850 (2008) y EN 14084-1 (2008)

**EUROCODIGO 5**



**clase resistente C24**



**URUGUAY**



Carga permanente (p <sup>o</sup> ) [kN/m]	Carga de uso (p <sup>o</sup> ) [kN/m]	LUZ ENTRE TRES APOYOS $\ell_1$					$\ell_2 = 0,8\ell_1$ bis $1,0\ell_1$				
		3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	7,00 m	
1,00	1,00	57 L2a	74 L2a	83 L2a	87 L2a	97 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a
	2,00	74 L2a	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	3,00	74 L2a	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	4,00	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	5,00	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
1,50	1,00	74 L2a	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	2,00	74 L2a	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	3,00	74 L2a	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	4,00	74 L2a	83 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	5,00	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
2,00	1,00	74 L2a	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	2,00	74 L2a	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	3,00	74 L2a	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	4,00	74 L2a	83 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	5,00	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
2,50	1,00	74 L2a	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	2,00	74 L2a	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	3,00	74 L2a	83 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	4,00	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	5,00	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
3,00	1,00	74 L2a	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	2,00	74 L2a	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	3,00	74 L2a	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	4,00	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a
	5,00	83 L2a	87 L2a	100 L2a	112 L2a	119 L2a	128 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a	130 L2a

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura

Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

## VENTAJAS

**Usuario** →



Fuente: egoin

**Calidez**

Terminaciones interna vistas

**Buen aislante térmico y acústico**

Elemento sólido de madera

**Ambiente interior saludable**

Regulador de humedad

**Elemento macizo**

Construcción no liviana

**Plazo y costo de obra conocido**

Precio final conocido

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura

Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

## VENTAJAS

**Medioambientales**



**Balance ecológico positivo**



**Material sustentable**

**Requiere baja energía de transformación**

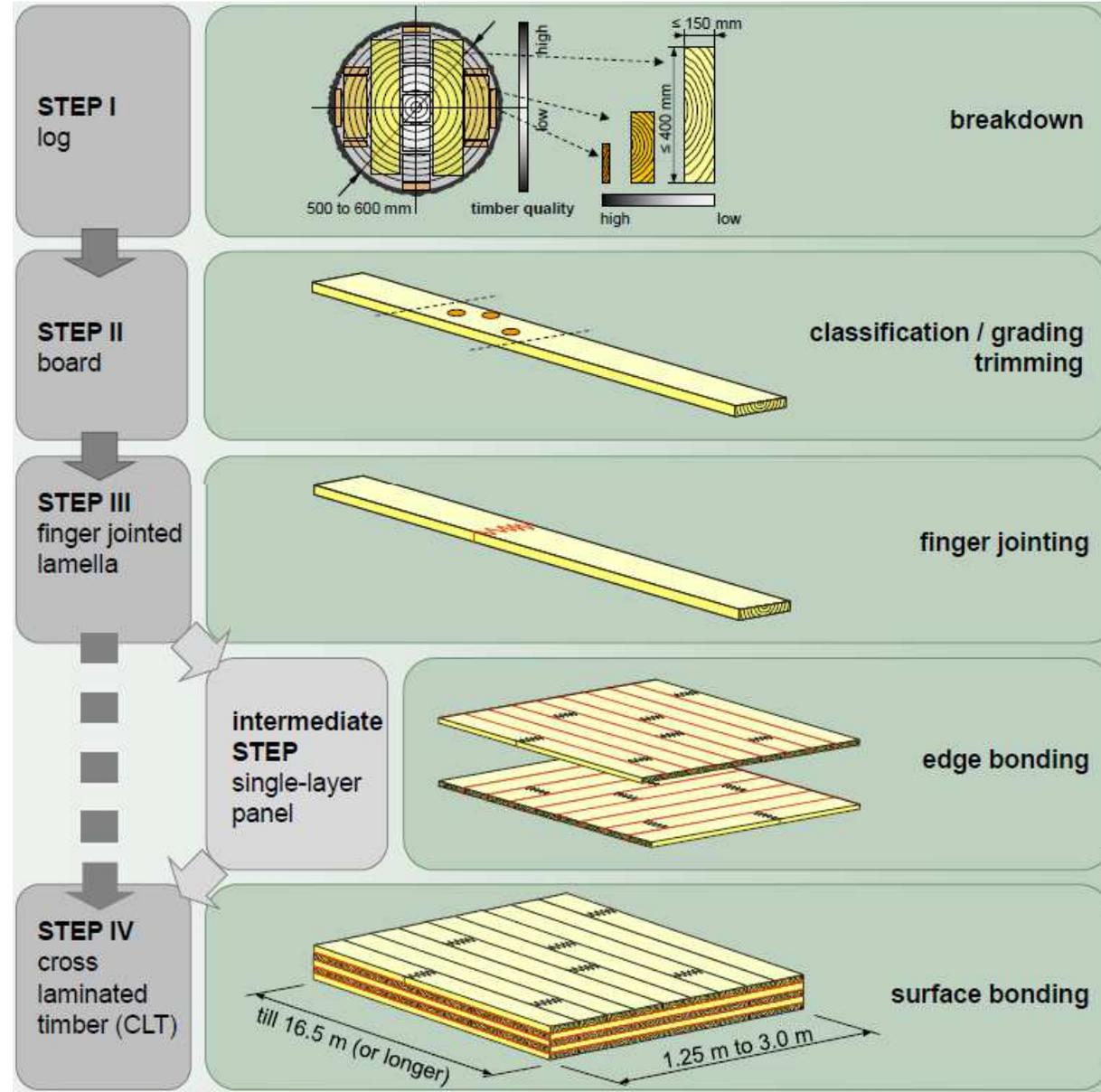
**Almacena  
CO<sub>2</sub>**



Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura

Fuente: Schickhofer (2013)

Fabricación



Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

Fuente: [www.minda.de](http://www.minda.de)

Prensado



Dimensiones máximas

18 m largo

3,5 m ancho

40 cm espesor

Presión

0,8 a 1,5 N/mm<sup>2</sup>

PUR



EPI



MUF, UF, etc



Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

Fuente: [www.woodtec.ch](http://www.woodtec.ch)

Prensado



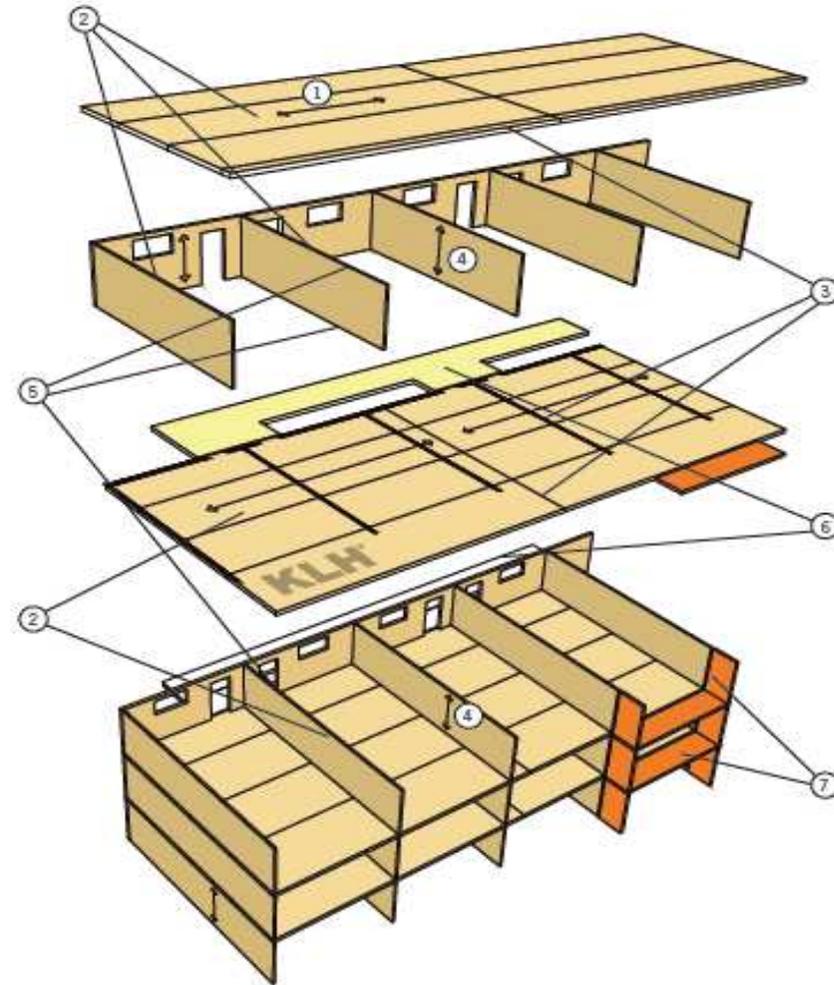
Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

## Prensado



Fuente: el autor

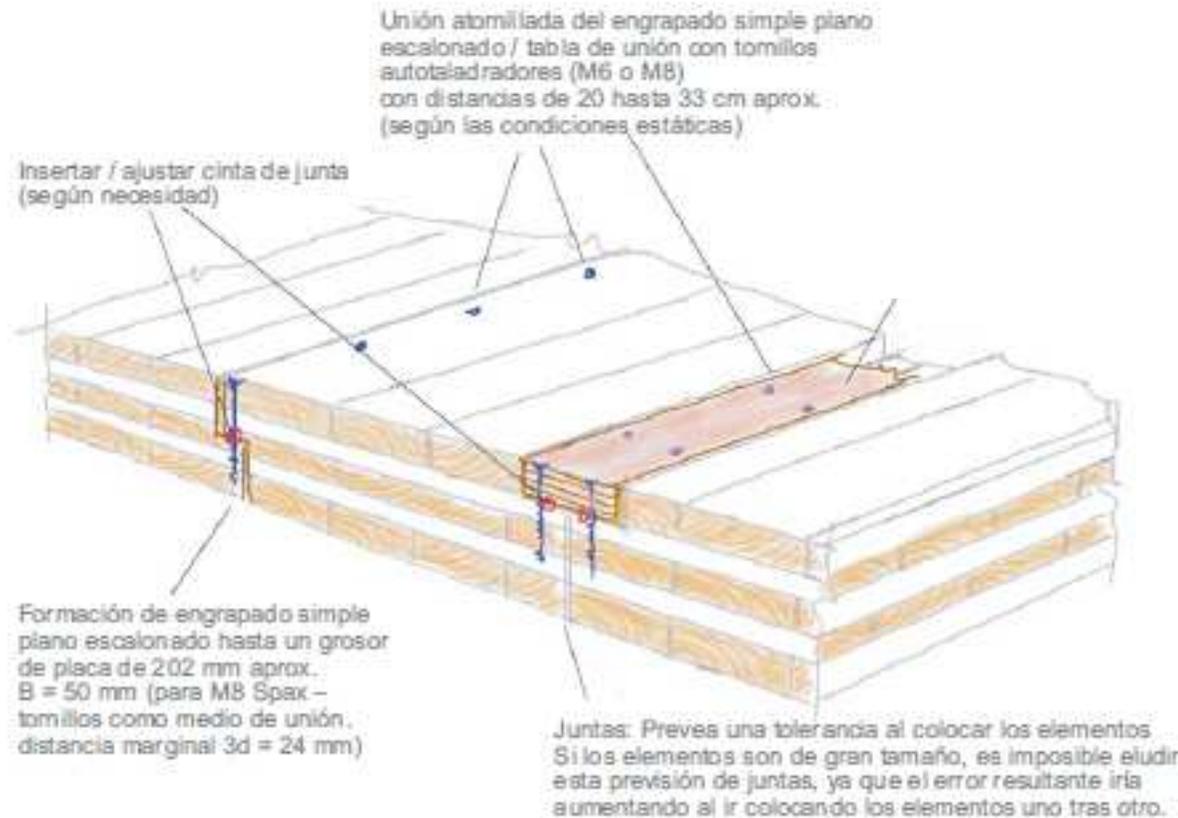
Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería



Edificio residencial "Spöttelgasse", Vienna/Austria

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
 Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

Montaje



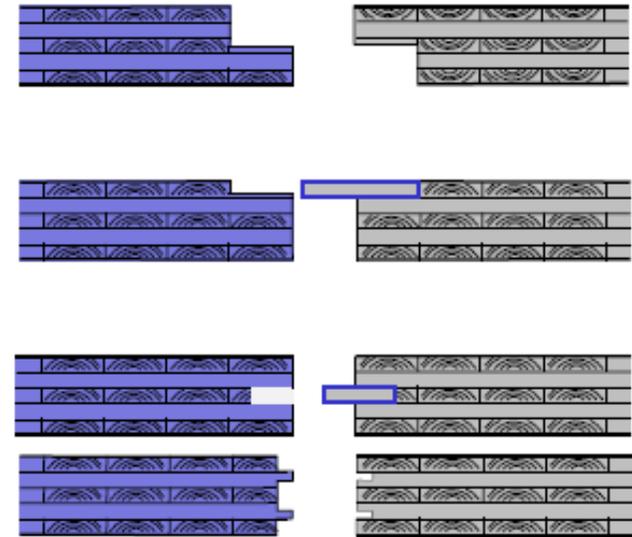
Fuente: KLH



UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
 URUGUAY



Fuente: Alessi (2011)



Fuente: CLT Handbook (2013)

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

## Montaje



Fuente: Alessi (2011)



Fuente: Rothoblaas



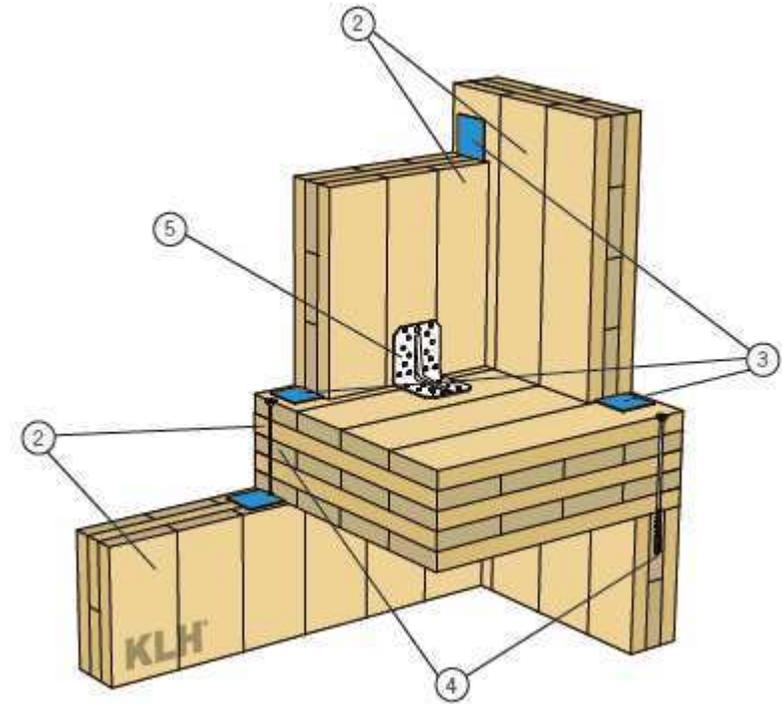
Fuente: Rothoblaas

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

## Montaje



Fuente: Rothoblaas



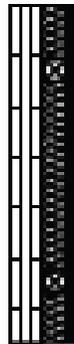
Fuente: KLH

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

## Montaje



**AW02**  
 $R_w = 44 \text{ dB}$   
 $U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$   
REI 60



**AW04 a, b, c, d, e, f**  
 $R_w = 53 \text{ dB}$   
 $U \leq 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$   
REI 90

URUGUAY



Fuente: [www.pinterest.com](http://www.pinterest.com)

Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

**Agosto 2016**

## **Edificio Brock Commons**

**Ubicación: Vancúver, Canadá**

**Destino: residencias estudiantiles**

**Pisos: 18, altura 53 metros**

**Montaje**

**2 pisos semanales**

**Total de la estructura en madera: 66 días**

**Certificación LEED gold**

**CO<sub>2</sub> evitado 2.500.000 kg**



Paneles de madera contralaminada: usos en edificación en altura  
Msc. Arq. Daniel Godoy Machado, IEM, Facultad de Ingeniería

