

MADERA

EN LA CONSTRUCCIÓN

35

Separata de EDIFICAR
Enero - Marzo 2017

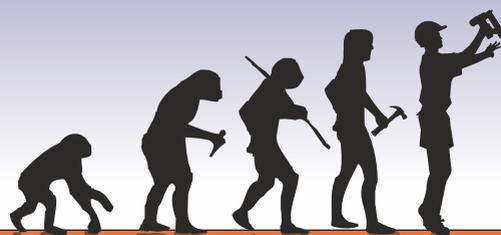


Paneles estructurales de madera contralaminada

Propiedades y uso en edificación.
Experiencia en Uruguay



la casa de la
ENGRAMPADORA



la evolución, ahora depende de usted

Editorial

Una de las metas que esta publicación se ha trazado es ser una herramienta eficiente de difusión acerca del uso de la madera en la industria de la Construcción.

El trabajo desarrollado desde el Instituto de la Construcción de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo ha sido muy trascendente pero debemos acordar que no suficiente en el complejo panorama del desarrollo del conocimiento en la aplicación de este material en la industria.

Por esta razón saludamos la posibilidad de integrar el conocimiento que se esta desarrollando con destacados profesionales de la Facultad de Ingeniería que en este número colaboran con un trabajo sobre paneles estructurales de madera contralaminada.

Intentaremos darle una continuidad a este trabajo mancomunado.

Mario Bellón

Indice

Editorial	2
La alternativa es agregar valor - Msc. Arq. Pier Nogara	3
Paneles estructurales de madera contralaminada <i>Propiedades y uso en edificación. Experiencia en Uruguay</i> Dr. Ing. Vanesa Baño / Msc. Arq. Daniel Godoy	6

Madera en la Construcción se edita como **Separata de la revista Edificar**. Su contenido está coordinado por el Arq. Pier Nogara, integrante de la Cátedra de Construcción III y IV de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República.

Se distribuye en forma gratuita junto con la edición 71 de la revista **Edificar**.
Precio de venta individual \$ 50.

Todas las ediciones pueden ser descargadas en forma gratuita de nuestro sitio web:
www.edificar.net

La alternativa es agregar valor

Msc. Arq. Pier Nogara

Nuestro país se posiciona cada vez más en la búsqueda de nuevos productos de la cadena productiva maderera, donde el aumento del valor agregado es un requisito ineludible en el horizonte a corto y mediano plazo. Teniendo en cuenta que la inversión realizada por el Estado a través de subsidios y exoneraciones desde el seno de la Ley Forestal de 1987 forman parte de una inversión del colectivo nacional, es que entendemos de vital importancia que la misma se capitalice con el incremento de la cadena de valor que genera nuevas fuentes de trabajo y nuevos productos de la madera, que aumentan el PBI y mejoran la distribución de la riqueza en una condición armonizada del colectivo nacional.

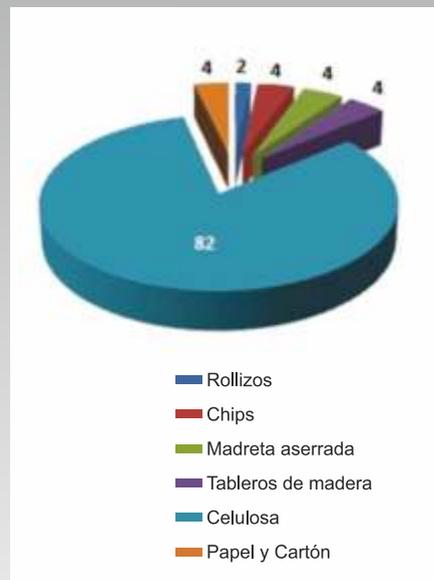
Como es sabido, el desarrollo forestal en nuestro territorio trajo como consecuencia directa una significativa masa forestal sin precedentes en la historia, que nos posiciona como un país de vocación forestal y que se traduce en el desarrollo de áreas de oportunidad productiva en el escenario internacional.

En el siguiente cuadro de la Sociedad de Productores Forestales puede observarse la contrastante diferencia en magnitud de los productos exportados de la madera siendo que más de las tres

cuartas partes corresponde a la celulosa, una materia prima de bajo valor agregado que en el contexto de la cadena productiva del bosque es de menor rentabilidad en relación al m3 de madera verde (madera en pie) que otros productos.

De esto se deduce la importancia de generar la diversificación de nuevos mercados que aumenten la cadena de valor, incrementando la rentabilidad y su distribución en la sociedad en su conjunto.

EXPORTACIONES POR PRODUCTO (%)
AÑO 2015



Años atrás hubiese sido impensado el desarrollo tecnológico que ha registrado la industria de la madera en el escenario global actual. Las posibilidades que la industria y la tecnología aplicada nos ponen hoy a disposición eran inimaginables en el contexto de dos a tres décadas pasadas, donde nuevas ofertas de maderas laminadas, microlaminadas, contralaminadas, tableros contrachapados especializados, de fibras orientadas, maderas termotratadas entre varios productos, son hoy ya insumos directos para la industria de la Construcción en el mundo globalizado.

Los paneles de madera CLT que en el artículo a continuación es desarrollado por los autores, forman parte de los nuevos productos que el contexto internacional viene utilizando como en el caso de Austria y que su desarrollo en la producción nacional estaría sustituyendo la importación de materiales constructivos, generando de esa manera

el ahorro real de divisas, aumento de valor agregado, incremento de la cadena de valor y la distribución armonizada de la riqueza del producto forestal en la sociedad.

Es oportuno mencionar a su vez, que estos paneles producto del desarrollo tecnológico aplicado en la industria forman parte de una nueva visión constructiva y arquitectónica basada en los conceptos de sustentabilidad, ecología y eficiencia energética que en ediciones anteriores hemos señalado como eje de los artículos y para el caso particular de los paneles CLT, en la separata N° 25 del año 2012 se mencionó su aplicación en la construcción del Edificio "STADTHOUS", un ejemplo emblemático que se ubicaba en aquel momento como la construcción civil en madera más alta del mundo con nueve pisos elevados sobre la ciudad de Londres.





Paneles estructurales de madera contralaminada

Propiedades y uso en edificación. Experiencia en Uruguay

Dr. Ing. Vanesa Baño / Msc. Arq. Daniel Godoy

1. ¿Qué son los paneles de madera contralaminada?

Los paneles de madera contralaminada (conocidos internacionalmente como CLT, Cross Laminated Timber) son productos estructurales de ingeniería en madera (EWP, Engineered Wood Products). Están formados por tablas de espesores menores a 40 mm, vinculadas entre sí por medio de adhesivos estructurales (fenólicos/aminoplásticos, poliuretano monocomponente de curado en húmedo o isocianatos y de emulsión), colocándose en capas superpuestas unas sobre otras de modo que la dirección de las tablas en cada capa es perpendicular a la anterior (Figura 1 a). La mayoría de los paneles está conformado por 3, 5 ó 7 capas, aunque puede haber más capas, siendo simétricos desde una capa central (Figura 1 b). Los espesores de panel varían en función del espesor de la tabla y de la cantidad de capas, situándose entre los 51 y los 400 mm. El ancho y el largo del panel se define en función de cada proyecto y depende de la capacidad de prensado de la industria que lo fabrica, siendo las dimensiones máximas actuales de 3.5 x 18 m. Esto genera un producto de ingeniería en madera

sólido que trabaja en forma de placa, lo que permite su utilización en entrepisos, techos y muros de carga en edificación, con la posibilidad de dejarlos vistos o revestirlos. Generalmente, estos paneles se realizan con madera de coníferas, provenientes de bosques con gestión silvícola para su explotación comercial. Estas especies son seleccionadas debido a su facilidad de mecanización y a su bajo costo, aspecto fundamental para la competitividad del sistema ya que utiliza un gran volumen de madera.



Figura 1. a)



Figura 1. b)

Figura 1.
a) Configuración de un panel CLT de tres capas
(Fuente: Laguarda, 2014);
b) paneles CLT de 3, 5 y 7 capas
(Fuente: www.ontariowood.com)

2. El sistema constructivo con paneles CLT

El sistema constructivo utiliza paneles de madera contralaminada que resuelven la estructura portante, tanto de los planos horizontales como en los verticales. En los paramentos verticales su forma de trabajo es como muro de carga (o plano de carga). Sobre los paneles se pueden mecanizar los huecos para las puertas y ventanas de forma libre. Esto constituye una libertad formal-constructiva respecto a otros sistemas constructivos en madera, mucho más rígidos en este aspecto, como ser los sistemas de entramado, donde las aberturas requieren de una estricta coordinación modular con el resto de la estructura. Los paramentos horizontales trabajan como losas a la flexión en las dos direcciones ortogonales y se dimensionan de tal manera que no necesiten incorporar ninguna clase de refuerzo estructural.

Aunque las uniones entre paneles es uno de los temas sobre los que se está investigando, la unión entre los paneles verticales y horizontales se resuelve, normalmente, con herrajes metálicos estructurales (Fig. 2 a). Una forma habitual de ensamble entre paneles en el mismo plano es mediante un machihembrado conformado con las propias capas de los paneles, que posteriormente se fija por medio de tornillos estructurales.

El tamaño de los paneles depende de la capacidad industrial de los productores en cada país, siendo habituales en los

mercados europeos y norteamericano los anchos de 0.60, 1.20 y 2.95 metros, las longitudes dependen de las instalaciones de cada proveedor, frecuentemente ronda los 12 m. Es posible realizar grandes superficies mediante ensambles de paneles pequeños con la ayuda de apoyos intermedios, por lo cual el tamaño del panel no constituye una limitante para el diseño (Fig.2b).



Figura 2.a



Figura 2.b

Figura 2.

a) Unión entre paneles horizontales y verticales

(Fuente: www.treehugger.com);

b) Ejemplo de apoyo de paneles sobre vigas de madera

laminada encolada (Fuente: www.canadianarchitect.com)

Uno de los mayores impactos que han tenido estos paneles es que habilitó a la construcción con madera en edificación en altura. La posibilidad de prefabricar el edificio completo y posteriormente trasladarlo a su ubicación final da lugar a que esta forma de construir pueda ser entendida como "edificios para armar", realizando una analogía con los muebles de madera.

El primer icono de esta nueva forma de construir fue realizado en Londres en el año 2009, un edificio de 9 pisos destinado a vivienda (Fig. 3). Los paneles fueron realizados en Austria y luego trasladados a Inglaterra.

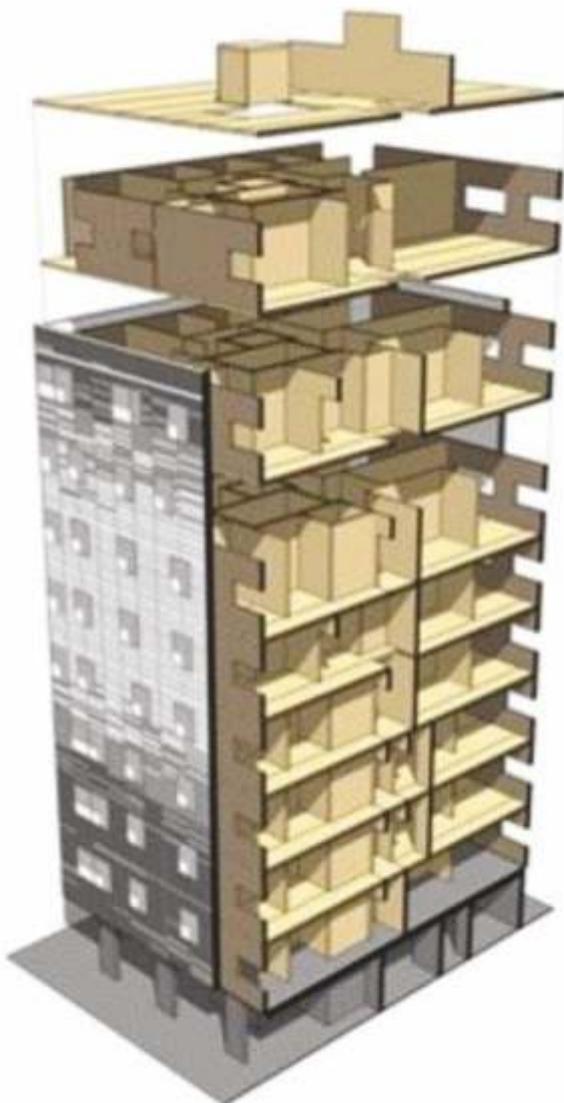


Figura 3. Edificio 24 Murray Grove (Fuente: www.e-architect.co.uk)



Figura 4. a) Edificio Forté (Fuente: www.thefifthestate.com.au)



Figura b) Edificio Brock Commons (Fuente: naturallywood.com)

Posteriormente, otros hitos se fueron sucediendo. En el año 2013 se concluyó el edificio Forté en Australia, con 10 niveles de altura (Fig. 4.a).

En agosto de 2016 se concluyó la estructura del Edificio Brock Commons, en Vancouver, Canadá, destinado a residencias estudiantiles y que se considera, en la actualidad, el edificio más alto del mundo construido en madera (Fig. 4 b). El mismo cuenta con 53 metros de altura y 18 pisos.

La estructura fue construida a razón de 2 pisos por semana, contando con la mano de obra de 9 carpinteros.

3. Ventajas del sistema constructivo con paneles CLT

El sistema constructivo con paneles CLT presenta, entre otras, las siguientes ventajas:

3.1. Ventajas ambientales

- La utilización de madera estructural en edificios supone un bajo consumo energético en la etapa de explotación y en la transformación posterior de la materia prima en productos terminados.
- La madera es considerada una excelente fuente de almacenamiento de CO₂. Se estima que cada m³ de madera almacena 0.9 toneladas de CO₂ que, sumado a la reducción proveniente de la sustitución de otros materiales de construcción, se logran reducir 2.0 toneladas de CO₂ por cada m³ de madera utilizado.
- Las edificaciones con madera contralaminada consumen altas cantidades de madera por las características propias de

los paneles y del sistema constructivo, lo que implica un elevado almacenamiento de CO₂. Actualmente los paneles CLT son considerados el producto estrella a nivel mundial en el mercado de la construcción eco-amigable.

3.2. Ventajas de la industrialización del producto y del sistema constructivo

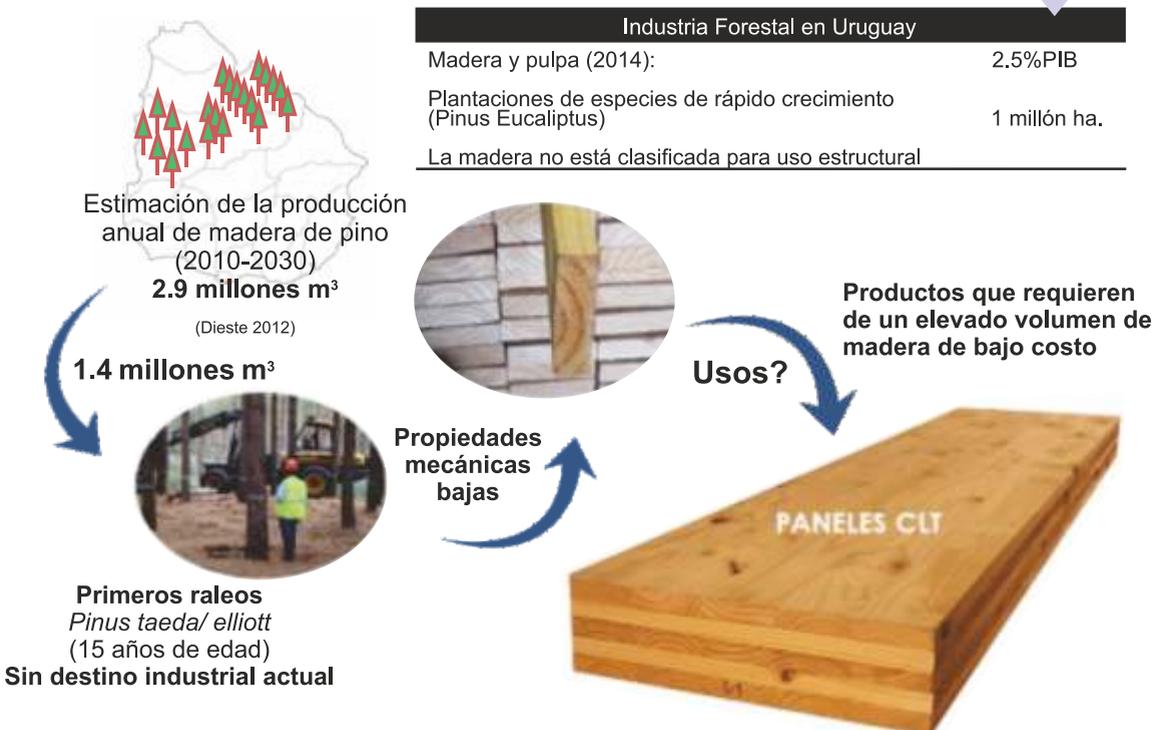
- Se trata de un sistema de construcción industrializado en su totalidad, desde la fabricación del panel CLT (que se considera un producto homogéneo y de calidad y propiedades mecánicas controladas) hasta su montaje y puesta en servicio.

- El costo final es conocido, ya que se pueden individualizar los costos de

fabricación, transporte y montaje, sin las improvisaciones clásicas de la construcción tradicional.

- Rapidez de montaje. Dentro de los costos relativos, su gran ventaja es la velocidad de montaje, reduciendo de forma muy importante la mano de obra en sitio, lo que lo hace un sistema competitivo. A modo de ejemplo, la construcción de un edificio de 9 pisos en Londres se realizó en sólo 12 semanas, comparando con las 45 semanas que hubieran sido necesarias en una estructura de hormigón armado. Cada nivel fue construido en tres días contando con un personal de cuatro trabajadores.

Figura 5. Esquema de disponibilidad de madera de pino en Uruguay y la oportunidad de fabricación de paneles CLT



3.3. Ventajas desde el punto de vista de aislación térmica y acústica

Las paredes realizadas con paneles CLT suelen tener gran espesor, lo que hace que presenten una alta aislación térmica y acústica. La relación entre el número de capas necesario según su función estructural y el número de capas necesario para cumplir con los valores de aislación exigidos por los diferentes códigos de edificación es muy próxima. En algunos casos es necesario la colocación de unas pocas capas complementarias y en algunos casos sólo se requiere colocar una barrera impermeable.

4. La industria forestal en el Uruguay

La forestación en Uruguay se comenzó en la década de los '90 con la plantación de, principalmente, las especies *Pinus taeda* y *elliottii* y *Eucalyptus grandis*. El eucalipto tiene en la industria de la celulosa un demandante sólido que asegura la

colocación de buena parte de la producción. El caso del pino es diferente. Según datos publicados por la Dirección Nacional de Industrias, en la actualidad se estima una oferta anual promedio de 2,9 millones de metros cúbicos de madera de pino, de los cuales 1,4 millones de metros cúbicos corresponden a madera de raleos (primeras cortas a los 15 años de edad normalmente). De madera pino disponible en el país, un total de 1,7 millones de metros cúbicos de trozas no tienen en la actualidad destino industrial. El Plan de Acción Integral del Consejo Sectorial Forestal-Madera tiene como primer objetivo "fomentar inversiones que promuevan la producción de derivados de la madera con mayor valor agregado y que profundicen la diversificación productiva"

La madera de estas especies de pino plantadas en Uruguay, consideradas como especies de rápido crecimiento,

Clavadoras a gas para colocación de zócalos, planchuelas metálicas y estructuras de madera.

- ▶ **A)** Para clavos de acero endurecido en la colocación de zócalos en todo tipo de paredes (hasta 50 mm. de longitud), así como también con la misma máquina con clavos de terminación para contramarcos y estructuras de madera (hasta 65 mm. de longitud).
- ▶ **B)** Para clavos especiales en colocación de: planchuelas metálicas, marcos galvanizados para paredes de yeso, alfajías etc. en planchadas, pisos o paredes de hormigón.
- ▶ **C)** Para estructuras de madera (framing), decks, siding con clavos de 50 , 75 , 83 y 90 mm. anillados (para mejor fijación aún en maderas blandas como pino y álamo) y galvanizados en caliente (para resistir mejor la oxidación sobre todo en construcciones cercanas al mar).

hace que sus propiedades mecánicas sean bajas aún en la corta final (normalmente a los 25 años de edad). Si hablamos de madera proveniente de raleos, estas propiedades mecánicas son aún menores debido a que se trata de madera juvenil. Con respecto a este punto, la construcción con paneles de madera contralaminada se presenta como una oportunidad para su uso en edificación, donde las bajas propiedades mecánicas de la madera aserrada se ven compensadas con la fabricación de paneles CLT con el número de capas necesario hasta conseguir la rigidez y resistencia necesaria. Además, ya que esta forma de construcción requiere de un elevado volumen de madera, el bajo costo de esta madera de raleos de pino uruguayo hace que sea un producto óptimo para la fabricación de paneles CLT. En la Fig. 5 se presenta un esquema de la disponibilidad de madera de pino en Uruguay y la oportunidad que ésta supone para la fabricación de paneles CLT.

5. Fabricación de paneles CLT en Uruguay

El equipo de trabajo de madera estructural de la Facultad de Ingeniería está desarrollando la primera experiencia de fabricación de paneles estructurales CLT a partir de la madera de pino nacional. Al tratarse de elementos estructurales es necesario cumplir con determinados requisitos, tanto de fabricación como de ensayos experimentales de determinación de propiedades físicas y mecánicas, que aseguren sus prestaciones. El trabajo de investigación del desempeño estructural de los paneles CLT de pino uruguayo se basó en el proyecto de la norma europea EN 16.351 (Estructuras de madera. Madera contralaminada. Requisitos), que recién fue publicada en su versión final en el año 2016.

El trabajo de investigación comenzó con la determinación de las propiedades mecánicas de la madera aserrada



*Con garrafas de gas,
livianas y transportables.*

*Independícese de la
energía eléctrica y del
compresor de aire.*



la casa de la
ENGRAMPADORA

Wilson Ferreira Aldunate 1171

Tels.: 2900 8488 - 2902 4083

www.lacasadelengrampadora.com.uy



Figura 6. Fotos del 1 al 8 - Proceso de fabricación de los primeros prototipos de CLT Uruguay



Se fabricaron paneles de 3 y 5 capas con distintas configuraciones de espesores de tabla en cada capa con el fin de ensayarlos experimentalmente y tener una primera estimación de sus propiedades estructurales y su posible uso como entrepiso en edificación. La Fig.7 muestra los ensayos de flexión de cuatro puntos realizados y la forma de rotura de los paneles.

En base a las propiedades mecánicas obtenidas experimentalmente, se realizó el cálculo estructural de paneles CLT de 5 capas para su uso como losas en forjados, de acuerdo a la norma europea de cálculo estructural con madera Eurocódigo 5 (EN 1995-1-). Los resultados mostraron que dichos paneles pueden ser usados en entresijos de viviendas con luces de hasta 4.5 m, mayores a las que se pueden fabricar actualmente en Uruguay, lo que valida su aptitud estructural.

En la actualidad, se trabaja en la continuidad del presente proyecto, con el fin de obtener resultados experimentales de un número de paneles estadísticamente representativo. Dicho trabajo forma parte de la tesis doctoral del MSc. Arq. Daniel Godoy, codirigida por Dr. Ing. Vanesa Baño (Facultad de Ingeniería, Udelar) y el Dr. Arq. Gerardo Saelzer (Universidad del Bío-Bío, Chile).

Figura 7. Las tres fotos muestran el proceso de ensayos de flexión sobre los prototipos de paneles CLT

Vigas Laminadas

STOCK DISPONIBLE
PROYECTOS ESPECIALES

- Pisos / Entrepisos
- Molduras / Lambris
- Estantes a medida
- Porcelanatos españoles
- Eucaliptus finger - joint secado en horno



Raices
industria de la madera

Daniel Fernández Crespo 1838 - Montevideo
Tel/Fax: 2402-1159 / 2401-9122
Ruta 90 km 57 - Tel.: 4740-2112 - Paysandú
Ruta 5 km 181,500 - Tel.: 4362-5997 - Durazno
ventas@raices.com.uy

www.raices.com.uy

EDMA[®]



STANLEY BOSTITCH[®]



Herramientas para pisos flotantes, prefinished e ingenieriles.



KIK BACK

Juego de 2 calces de dilatación regulable



MULTI COUP EXTRA

Cizalla de corte en inglete con ángulo variable

Gran abertura para el corte de: molduras decorativas, zócalos de madera, juntas de caucho, perfiles plástico PVC.

Ultra resistente.
Bloque metálico para golpear con todo tipo de martillos y mazas.

Sacaclavos integrado.



SUPER TAK TIK

Barra de empuje profesional para instalación de suelos estratificados (sist. clip y encajable)



VARIOCUT

Corte de revestimiento de fachadas de fibrocemento

Juego indispensable para el montaje de parquet estratificado y medio.



SET TAK TIK

Juego completo para la instalación de suelos estratificados (montaje por sistema clip y encajable)



STRATICUT

Guillotina de corte para parquet estratificado y medio, corta pisos flotantes hasta 11 mm.



VARIOCUT

Guillotina para pisos flotantes hasta 15 mm. de espesor para todo ángulo.



Stanley Bostitch

clavadora para pisos de madera

Wilson Ferreira Aldunate 1171
Tels.: 2900 8488 - 2902 4083
www.lacasadelaengrampadora.com.uy



la casa de la
ENGRAMPADORA