

EDIFICACIÓN
EN MADERA

CONSTRUCCIÓN DE MEDIA ALTURA

■ En Chile, la normativa de “Diseño Sísmico de Edificios” regula el diseño estructural de edificios de madera, pero aplicándole excesivas restricciones que dificultan su desarrollo. En tanto, los casos de edificios de más de seis pisos en madera en el extranjero se multiplican, mientras en nuestro país se construyen casas sólo hasta los dos pisos y medio. ■ ¿Podría cambiar la tendencia? Es la construcción en madera de media altura.



PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT

T

RADICIONALMENTE, salvo en la zona sur de Chile, la madera no ha sido utilizada como material primario para la construcción de casas o

edificios. Esta situación se contradice con lo que sucede en el extranjero: fuerte desarrollo de productos estandarizados en madera y sistemas constructivos probados con adecuadas capacidades sísmicas. A tanto ha llegado el desarrollo tecnológico, que la construcción en madera de media altura (3 a 8 pisos) se ha posicionado fuertemente en el extranjero, pero en Chile sigue en deuda.

Actualmente es la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, la que define las construcciones en madera en nuestro país. El artículo 5.6.7 indica lo siguiente: "Las edificaciones con estructura de madera que no se sometan a cálculo estructural, podrán tener hasta dos pisos, incluida la cubierta o mansarda, si la hubiere, y con una altura máxima de 7 metros". Para mayor altura, se requiere cálculo estructural.

En la práctica, desde los tres pisos hacia arriba se considera una edificación de media altura. Para construirla, hay que entrar a las normativas. La norma que controla el diseño sísmico de edificios es la NCh433 of96, modificada en 2009 y reemplazada mediante DS N° 117 en 2011. Ésta entrega un factor de modificación de la respuesta, referido con la capacidad de disipación de energía, para edificios de acero, hormigón, albañilería y también para los de madera. "El hormigón armado y la albañilería son materiales rígidos, por lo tanto son capaces de satisfacer las restricciones de desplazamiento entre niveles que impone la norma NCh 433", comenta Paulina González, ingeniero civil de la Universidad de Santiago de Chile (USACH).



1. En Chile se construyen casas en madera sólo hasta los dos pisos y medio.
2. Ensayo de viga laminada que se efectúa en la Usach.
3. Máquina clasificadora de madera de la Usach.

GENTILEZA LP

GENTILEZA USACH

El gran impedimento que hoy existe para construir edificaciones en madera de media altura es que, si bien edificios de madera tienen un buen comportamiento sísmico, éstos experimentan deformaciones mayores a las admisibles por la NCh433. "Nuestra propuesta es modificar ese desplazamiento máximo admisible, y que sea específico para los edificios de madera. En el decreto de emergencia ya se amplió, pero para el hormigón armado", señala Eduardo Pérez, jefe de laboratorio de estructuras de la Usach. Con este cambio, se podría materializar la construcción de edificación en madera de media altura.

REQUISITOS Y LIMITANTES

En el código estadounidense de construcción (International Building Code, IBC) para edificios de planta regular construidos íntegramente de diafragmas de madera no se exige un análisis dinámico para estimar las solicitaciones sísmicas, pudiendo aplicarse un método simplificado conocido como Método de Fuerza Lateral Equivalente. Aquí la fuerza sísmica se maneja sólo como un problema inercial: antes del inicio del fenómeno el edificio se encuentra en equilibrio estático y al manifestarse los desplazamientos del terreno de apoyo, la construcción tiende por inercia a quedarse en su lugar original, generándose de esta forma las fuerzas sísmicas", comenta Mario Wagner, ingeniero calculista en madera. Aparecen ciertos requisitos que deben cumplir este tipo de construcciones, pero también limitantes.

NORMATIVA

En Norteamérica existen normativas específicas que regulan el diseño estructural de este tipo de edificios, las cuales reconocen su buen comportamiento sísmico cuando el diseño y detallamiento son realizados de manera correcta. La Universidad de Concepción lidera un proyecto, encabezado por el académico Gian Mario Giuliano, que propone sentar las bases para el diseño sísmico de edificios de madera de mediana altura, bajo el sistema de plataforma (Ver recuadro Sistema de Plataforma). El proyecto indica lo siguiente: "En Chile no existe un marco regulatorio específico respecto al diseño sísmico

de este tipo de estructuras. Por ejemplo, la NCh1198-2006 "Madera - Construcciones en Madera - Cálculo", no entrega cargas admisibles laterales para muros de corte de madera, sino que sólo provee valores de diseño para elementos y conexiones aisladas. La NCh433 of.96 Mod.2009 "Diseño Sísmico de Edificios", asigna al factor de modificación de la respuesta un valor de $R = 5.5$ para muros y sistemas arriostrados de madera, valor que fue definido sin poseer mayores estudios sobre el comportamiento sísmico de estructuras livianas de madera y sin establecer condiciones de detallamiento de los muros de corte". Además, el desplazamiento



CONECTORES

Un punto crítico al momento de diseñar edificios de madera, son las conexiones. Éstas son clave, ya que ayudan a disipar energía.



GENTILEZA EMPRESAS BUSEL

GENTILEZA ARAUCO

PRODUCTO CHILENO

MADERA SECA, cepillada y clasificada de acuerdo a su resistencia mecánica, es la definición de la madera estructural. Según información suministrada por CMPC, esta empresa cuenta con un proceso en Chile de clasificación de madera estructural certificado por la C.A.T.G (Certification and Timber Grading). El proceso incluye una primera etapa, en la cual la madera es secada en cámaras alcanzando un contenido de humedad entre 15%-18%, lo que permite un aumento de su resistencia, comportamiento sólido y estable a lo largo del tiempo y una notable ventaja en su trabajabilidad por la disminución de deformaciones y agrietamientos. Posteriormente cada pieza de madera es pre-clasificada visualmente, de acuerdo a la NCh 1207, luego testeada mecánicamente en la SGM (Strenght Grading Machine), donde es clasificada de acuerdo a su resistencia, timbrándola con los grados C16 o C24 de acuerdo a los valores de resistencia dados en la NCh 1198 (equivalente a las normas internacionales EN 14081 y En 338). Sus principales usos son la construcción de estructuras como envigados, cerchas, muros, pilares y estructuras de tabiques.

to relativo máximo entre dos pisos consecutivos fue establecido para edificios de hormigón armado, límite bastante restrictivo en estructuras livianas de madera con muros de corte, ya que no considera su gran capacidad de disipación de energía y desplazamiento.

“Esto redunda en que actualmente no es económicamente viable construir edificios de media altura (3 a 5 pisos) en madera cumpliendo todas las restricciones de los códigos de diseño y construcción del país”, apunta Consuelo Vergara, gerente técnico de Louisiana Pacific Chile (LP).

CONECTORES Y DEFORMACIONES

Según los expertos consultados, los edificios de madera poseen un buen comportamiento sísmico, no obstante, un punto crítico al momento de diseñar edificios de madera, son las conexiones. Tradicionalmente el diseño de conexiones es complicado debido a su flexibilidad y a la degradación en resistencia de ellas durante un terremoto. Los conectores son clave, ya que ayudan a disipar energía. “El conector más importante en el sistema de plataforma es el que une un piso con el piso superior. En la medida que la construcción va tomando altura, aparecen fenómenos estructurales que no se presentan en las casas. Un factor clave es la ductilidad, es decir qué capacidad tiene la solución constructiva de disipar energía”, comenta Paula Martínez, Directora del Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera (CIDM), de la Universidad Católica de Chile.

Un ejemplo de ello. “En las construcciones típicas americanas, los tableros van fijados a los bastidores con clavos, capaces de deformarse mucho antes de que la estructura se destruya, disipando una gran cantidad de energía, lo que explica el buen comporta-

BIT 79 JULIO 2011 ■ 23



Madera Estructural CMPC

- ✓ Resistencia Estructural
- ✓ Única certificada por organismo internacional (CATG)
- ✓ Seca en cámara
- ✓ Versatilidad de usos

www.cmpcmaderas.cl



SISTEMA DE PLATAFORMA

EN CHILE, CERCA DE UN 30% de las viviendas que se edifican anualmente se construyen con estructuras en madera, siendo el sistema habitual el americano o de plataforma. “Los edificios de madera tipo plataforma han sido ampliamente utilizados en Norteamérica y Japón como una solución económica y segura para construcciones residenciales de mediana altura. En éstos, el sistema sismorresistente está conformado por muros de corte y diafragmas horizontales hechos de tableros estructurales de contrachapado u OSB clavados a entramados de madera de pino radiata”, apunta Mario Wagner. Indudablemente se podría construir con este sistema en Chile, ya que en la zona sísmica de la costa del Océano Pacífico de Estados Unidos y Canadá se construyen edificios de departamentos de 4 pisos, siendo vital el afianzamiento de los contrachapados arriostrantes a la estructura liviana y la constitución de entrepisos rígidos que distribuyan los esfuerzos horizontales. Ejemplo de ello es un “edificio en San Francisco de cinco pisos, construido sobre una base de hormigón, donde los 4 pisos superiores son construidos en madera con estructura tipo plataforma, subiendo en altura con muros conformados por soleras, pies derechos y tableros estructurales”, comenta Consuelo Vergara. A pesar de las restricciones, en Chile, hay casos concretos, ya sea del sistema de plataforma como de un edificio tipo mecano en madera:



SEWELL

GENTILEZA CODELCO

■ **SEWELL:** Construido en base al sistema de plataforma, la gran mayoría de los edificios del campamento minero son ortogonales y su disposición en terreno va siguiendo las curvas de nivel, aunque la poca disponibilidad de terreno obligó a construir en contrapendientes de forma escalonada. La respuesta constructiva fue principalmente de entramados de acero para grandes luces e instalaciones industriales y madera para luces menores y recintos habitacionales y de equipamiento. Construidas en pino oregón americano, se comprobó que las maderas nativas eran aptas para los trabajos requeridos, siendo reemplazado por roble, coigüe y pino araucaria. En los edificios para empleados u obreros se utilizaron diversos conceptos formales y estructurales dentro de la forma ortogonal. En aquellos edificios en que se utilizó el pasillo corredor exterior, en la fachada o fachadas correspondientes, el sistema plataforma se combinó con el concepto de pilar y viga, esto es, que en las fachadas aparecen pilares macizos distanciados, vigas mayores de borde o maestras recibiendo los envigados de piso, así como la transmisión de cargas a pilares.

■ **EDIFICIO BIP COMPUTERS:** En la esquina de Bilbao con Suecia, se emplaza este inmueble construido en 2007 en madera laminada. El arquitecto fue Alberto Mozó, y se construyó con maderas laminadas de Hílam, filial de Arauco S.A. Se trata de un edificio de tres pisos de altura, con plantas libres definidas por la estructura perimetral doble de diagonales de madera. Unos puntales tragados hacia el interior arriostran la estructura en el sentido contrario. Las estructuras de piso y de techumbre también están hechas en madera. La madera laminada ofrece la ventaja de desarmar, y de volver a levantarlo en otro sitio.

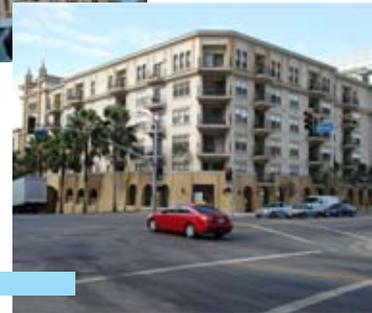


Edificio Bip Computers, inmueble de tres pisos de altura construido en madera laminada.



GENTILEZA LP

Edificio de cinco pisos en San Francisco. Arriba en proceso constructivo; abajo el mismo edificio terminado.



miento que han tenido este tipo de tipologías en el hemisferio norte, sobre todo en regiones sísmicas. Hay que considerar que en terremotos, el 95% de las fallas se dan en las uniones y conectores”, indica Roberto Busel, director ejecutivo de Empresas Busel.

El diseño de edificios de madera se encuentra generalmente controlado por deformaciones laterales. “De usar materiales tradicionales (madera aserrada), dichas estructuras se encuentran limitadas a un máximo de cuatro pisos debido a su excesiva flexibilidad, ya que combinan madera con un bajo nivel de rigidez con conexiones tradicionales altamente flexibles”, expresa Denis Pino, ingeniero civil y miembro del Departamento de Ingeniería Civil y Recursos Naturales de la Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Hay dos sistemas imperantes en el extranjero que, según los expertos, podrían aplicarse en Chile. Pero antes es necesario ensayar y certificar las maderas nacionales (ver recuadro



GENTILEZA ARAUCO

CASOS EXTRANJEROS

1. Ensayo a escala real realizado en la mesa vibradora más grande del mundo ubicada en Japón. Se trata de un edificio de 7 pisos construido en CLT y al cual se le aplicó el terremoto de Kobe.
2. Panel de CLT antes de entrar a mesa de corte.
3. Edificio Stadhouse, emplazado en Londres. Edificio de 9 pisos construido en CLT.



Madera Estructural), ya que no tienen el mismo comportamiento estructural que las extranjeras. "Es necesario testear los nuevos sistemas y componentes extranjeros bajo el criterio y la metodología necesaria para validarlos ante las normas nacionales, considerando que no siempre serán idénticas las tecnologías con que se elaboran, así como el tipo de madera utilizado", comenta Andrés Sierra, arquitecto del CIDM. Veamos de qué se tratan:

SISTEMA CLT: Es un sistema estructural (Cross Laminated Timber o Madera Sólida Contralaminada, CLT) desarrollado hace ocho años en Austria y utilizado masivamente en Europa Central, Inglaterra y Escandinavia y se evalúa su introducción en Canadá y Nueva Zelanda. Consiste en un sistema de muros sólidos de madera aserrada prensada. Los paneles se fabrican pegando tres o más capas de tablas alternando sus direcciones (normalmente un número total impar de capas), colocadas en una prensa de grandes dimensiones. La primera capa va dispuesta longitudinalmente a la prensa, topada de canto para luego aplicar pegamento a la superficie de la tabla a la cual se le monta una segunda capa de tablas en dirección transversal a la prensa, la misma dinámica se mantiene capa a capa hasta conformar paneles de hasta 7 capas. La tabla que se utiliza para la producción de panel de CLT viene aserrada, cepillada y

normalmente unida con finger-joint (sistema de ensamblado de madera) para obtener tablas largas y sin nudos. Se utiliza pino europeo o abeto, y se está probando la utilización de pino radiata en Nueva Zelanda.

Los edificios construidos usando el sistema son soportados tanto por los paneles de CLT en la envolvente como por los paneles de CLT en particiones interiores, no existen elementos estructurales predominantes tales como columnas o vigas. El rol estructural de los muros interiores implica que los edificios construidos estén subdivididos en espacios relativamente pequeños, lo que hace que este sistema sea utilizado mayoritariamente en edificios habitacionales, siendo poco adecuado para edificios comerciales.

Estructuralmente, los edificios de CLT construidos en Europa Central, dada la virtual ausencia de terremotos, no han incorporado diseño sísmico. El caso más emblemático es el Stadthaus en Londres, edificio habitacional de nueve pisos. "Está constituido por un primer piso de muros y losas de hormigón sobre el cual se construyeron los restantes pisos con el sistema de placas, incluso la caja escala y el shaft del ascensor", resalta John Chapman, profesor asociado de la Escuela de Arquitectura y Planificación de

MUROS MESA®

- Muros TEM o MSE antisísmicos
- Sistema prefabricado
- No utiliza acero
- Terminación estética
- Estribos de puentes



GEOPIER CIMENTACIÓN INTERMEDIA® PILAS DE GRAVA COMPACTADA



- Elementos rígidos de alta resistencia
- Control de asentamientos
- Capacidad de carga superior
- Ahorros en costos de cimentación

EMIN
SISTEMAS
GEOTECNICOS S.A.



1

GENTILEZA MICHAEL NEWCOMBE

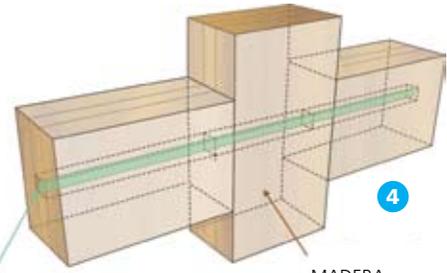


2

GENTILEZA NICOLÁS PÉREZ



3



TENSORES POSTENSADOS

MADERA
MICROLAMINADA

4



5

GENTILEZA DENIS PINO

ENSAYOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

1. Ensayo cuasi-estático bi-direccional de un edificio en escala 2:3.
2. Muro postensado construido bajo el sistema EXPAN o postensado.
3. Detalle del postensado en base de muro con sistema EXPAN.
4. Diagrama de conexión viga columna, se aprecia cómo el cable postensado corre libre al interior de vigas y columnas (sin conexión mecánica).
5. Edificio de 3 pisos, escala 1:4, testeado en mesa vibradora (ensayo dinámico). Se aprecia que el marco no necesita llaves de corte.

la Universidad de Auckland, Nueva Zelanda, quien estuvo de visita en Chile.

Existen casos en Italia que han incluido análisis sísmico de estructuras para edificios de hasta 3 pisos, ejemplo de estos se utilizaron en L'Aquila (provincia de Italia) para la reconstrucción post terremoto de 2009. Asimismo, un estudio internacional testeó un edificio en CLT de 7 pisos a escala real con una planta de 12 x 18 metros, en la mesa vibradora de la E-Defense en Japón (la más grande del mundo). El edificio estaba equipado con productos Simpson Strong-Tie, incluidos los marcos de acero especiales en el primer piso con Anchor Tiedown Systems (ATS) y conectores metálicos para contener los seis pisos de madera encima de éste. "La estructura resistió sin colapsar y en buenas condiciones el terremoto simulado de Kobe (7,2 grados en la escala de Richter), aunque grandes aceleraciones horizontales se observaron en los pisos superiores. Son justamente las aceleraciones las que podrían potencialmente limitar el uso del sistema CLT a cierto tipo de estructura siendo no adecuado para edificios con abundante equipamiento, como los hospitales", detalla Nicolás Pérez, arquitecto y

miembro del Departamento de Ingeniería Civil y Recursos Naturales de la Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda.

En Chile se están dando los primeros pasos en investigar el sistema CLT. La empresa JMS, Ingenieros Consultores, entre otras, junto con la Universidad del Bío-Bío se encuentra desarrollando dicho sistema constructivo. "El problema técnico fundamental del proyecto radica en la elaboración del sistema productor de las placas que consta de tres elementos básicos: la plataforma de soporte del panel y su sistema de vacío; el dispensador del adhesivo y el equipo que permite el dimensionamiento de las placas de acuerdo a las medidas solicitadas por proyecto", cuenta Ricardo Hempel, arquitecto y académico de la Universidad del Bío-Bío. A la fecha, la Casa de Estudios ha construido algunas placas para realizar los ensayos de laboratorio con la finalidad de verificar las cualidades de un nuevo elemento conformado por tablas de pino radiata cercanas a los 30 mm de espesor. En paralelo se construyó la máquina experimental que permite fabricar estas placas en serie con la finalidad inicial de edificar un prototipo, que será sometido a ensayo y en segunda instancia in-

roducir el producto en el mercado.

Estudios similares se llevan a cabo en la Usach. "Hemos fabricado elementos de CLT y estamos planificando construir un edificio prototipo en media altura bajo este sistema. Con la disposición de láminas cruzadas, se reduce uno de los problemas que tiene la madera, y que apunta a que tiene más resistencia en la dirección longitudinal que en la perpendicular. Por lo tanto es un material que resiste en tres ejes, con este sistema se logra hacerlo más homogéneo", apunta Paulina González. Una opinión distinta. "La construcción en CLT que hemos visto, es en países europeos en donde no hay terremotos, en base a grandes edificios sometidos a cargas estáticas, no dinámicas, por lo tanto no sabemos cómo se va a comportar ante un evento sísmico en Chile. Ahora bien, se ha probado en países sísmicos como Italia, pero cuya fundación se trataba de una gran plataforma de hormigón con aisladores sísmicos", apunta Vergara.

METROPOL PARASOL EN SEVILLA

Inaugurado en la antigua Plaza de la Encarnación de Sevilla, España, la estructura de madera es de 150 m de largo, 75 m de ancho y 28 m de alto. Son elementos microlaminados, dispuestos en una retícula ortogonal de 1,50 m a 1,50 metros. El canto de los elementos depende del funcionamiento estructural. Así, la zona perimetral tiene menos cargas, 30 cm y en la transición hacia los troncos es de unos 300 metros.



GENTILEZZA FERNANDO ALDA FOTOGRAFIA
WWW.FERNANDOALDA.COM

La estructura ortogonal de madera está arriostrada por barras diagonales que se ubican por debajo de las pasarelas. La estructura de madera tiene el comportamiento de un entramado laminar bidireccional. Las más de 3 mil diferentes piezas de madera que componen esta obra, representan un volumen de 2.500 m³ de madera microlaminada. Como la estructura de madera no tiene cubierta y debe ser protegida de la intemperie, los arquitectos desarrollaron un revestimiento de poliuretano de 3 mm impermeable, pero permeable al vapor. Para las más de 3 mil uniones en las intersecciones de la madera. Arup y Finnforest Merk desarrollaron una conexión a través de barras de acero encoladas.

SISTEMA POSTENSADO: Desde el 2005, la Universidad de Canterbury ha estado desarrollando un sistema estructural para edificios de varios pisos en zonas sísmicas usando maderas elaboradas (laminadas/glulam y microlaminadas/lvl) combinadas con cables postensados. Las conexiones son simples, rápidas y más rígidas que las tradicionales. Este sistema "es a la fecha el único sistema desarrollado para edificios comerciales (grandes luces) construidos en zonas de gran actividad sísmica. Pero también edificios habitacionales, casas e inmuebles educativos son posibles mediante muros postensados", detalla Denis Pino.

Uno de los beneficios del sistema de edificios de madera postensados, con respecto a otras soluciones constructivas, radica en sus conexiones. Los cables postensados conectan vigas, columnas y muros de forma directa sin necesidad de clavos o tornillos. Durante ciclos carga-descarga no existe degradación de rigidez o disminución en la capacidad de disipación de energía. Adicionalmente, el beneficio más directo consiste en el automático recentrado de la estructura una vez finalizado el sismo. Estructuras tradicionales quedan deformadas después de un terremoto, siendo necesario reparar-

las y ponerlas a plomo, o en caso contrario demolerlas. El sistema postensado asegura que la estructura volverá a su posición original evitando costos de reparación y/o demolición, facilitando que el edificio quede operativo en el corto plazo.

"Este sistema puede ser implementado en todo Chile debido a su gran capacidad de resistir sollicitaciones sísmicas, rapidez de construcción, precisión y facilidad constructiva. Sin embargo, el sistema con muros CLT podría ser de gran atractivo a implementarse en el sur de Chile, debido a las bajas temperaturas existentes. Muros de 500mm de espesor en madera combinan una baja cantidad de energía para temperar el edificio con una gran capacidad de mantenerla. Si bien edificios construidos con CLT no poseen la cualidad de un efectivo recentrado, éstos han demostrado alta resistencia a las sollicitaciones sísmicas, siendo ideales para climas fríos con baja a mediana demanda sísmica", resalta Denis Pino.

"En el caso de marcos, vigas y columnas se encuentran conectadas simplemente por tensores de acero postensado a través de ellas, lo que implica que durante un desplazamiento lateral se produce una apertura en la junta elongando los tensores e incrementando la fuerza del posten-



Nuevos
productos
con AHORRO



STRETTO[®]
VIVE EL AGUA

CONCLUSIONES Y ENSEÑANZAS

A pesar que la construcción en madera es incipiente en Chile, hay enseñanzas viables de poner en práctica en el mediano y largo plazo.



GENTILEZA NICOLÁS PÉREZ

■ **NORMATIVAS:** “Se necesita hacer una renovación de los códigos de construcción chilenos. Es preciso hacer una cirugía integral en la Ordenanza, analizando cómo se ha resuelto esta problemática en países de América del Norte y Europa”, comenta Mario Wagner. Lo ideal “es modificar ese desplazamiento máximo admisible de la NCh433, y hacerlo específico para los edificios de madera”, complementa Eduardo Pérez.

■ **SISTEMAS CONSTRUCTIVOS:** “Construir en zonas sísmicas con CLT, sin grandes modificaciones al sistema actualmente implementado en zonas asísmicas, es viable en edificios de hasta cuatro pisos, sobre esa altura, un reforzamiento destinado a disipar energía y disminuir aceleraciones sería recomendado”, co-

menta Nicolás Pérez. “Las edificaciones con el sistema de plataforma deben suplir el aislamiento térmico, acústico y la resistencia al fuego complementando la estructura con materiales ignífugos lo que no es necesario al usar tabiques y losas de madera sólida, como son los con placas CLT”, comenta Ricardo Hempel.

■ **EXPERIENCIA CHILENA:** “El pino radiata es la madera que tenemos de certificación, y por lo tanto de producción industrial en Chile. Es la madera que estamos capacitados para exportar y generar distintos productos y, lo más importante, está validada y certificada desde el punto de vista estructural”, señala Paula Martínez.

■ **BENEFICIOS:** Uno de los beneficios asociados de construir en madera “es su bajo

Fachada oeste en construcción de un edificio educacional construido en el sistema postensado, en Nueva Zelanda. Al lado, fachada oeste terminada del mismo inmueble.

peso, lo que se traduce en fundaciones más pequeñas y en una cantidad menor de transporte asociado a las faenas, disminuyendo el tiempo de construcción”, comenta Nicolás Pérez. Otro más. “La prefabricación en madera es más una ventaja que una dificultad, porque la obra resulta limpia y más rápida”, comenta Paulina González. “Al mismo tiempo se obtienen altísimos niveles de precisión lográndose así estructuras de destacable calidad estética y estructural”, agrega Denis Pino.

sado. Esta elongación de los tensores genera una fuerza que trata de cerrar la apertura, lográndose así un efectivo recentrado de la estructura”, apunta Nicolás Pérez. Debido a que la mayor parte del movimiento se concentra en la apertura de la junta, vigas y columnas están sujetas a una deformación que las mantiene muy cerca del rango elástico, por lo que es esperado un mínimo daño durante un sismo.

Existen varios edificios en Nueva Zelanda que están siendo construidos con el sistema postensado. De hecho, hay una gran demanda del sistema para la reconstrucción de Christchurch, ciudad azotada por un sismo (6,3° en la escala de Richter en febrero de este año, y un segundo movimiento telúrico de 5,2° en junio reciente). Entre las estructu-

ras construidas, destaca un edificio educacional de tres pisos (13 m de altura) actualmente en operación, y se está construyendo uno de seis niveles en Wellington, capital neozelandesa que presenta alta demanda sísmica.

El sistema de piso puede ser de madera, hormigón o híbrido (madera y hormigón). En el sistema híbrido un panel de LVL de unos 60 mm es soportado horizontalmente por una trama de vigas secundarias dispuestas transversalmente a las vigas principales en el sistema de marco estructural. En obra se aplica una capa de entre 75 mm a 100 mm de hormigón armado con malla-enfierradura dispuesta sobre el panel de LVL, donde la enfierradura es conectada mecánicamente a las vigas principales, transmitiendo las cargas generadas en el piso a la estructura

de marcos o muros. No obstante, las limitaciones para aplicar el sistema en Chile pasan por la disponibilidad de maderas elaboradas (laminadas o microlaminadas).

Desafío pendiente es avanzar en la creación de una cultura de construcción en madera, como existe en naciones desarrolladas como Estados Unidos, Japón, Nueva Zelanda, entre otras. El próximo paso es la edificación en madera de media altura. ■

www.cidm.cl; www.cttmadera.cl;
www.usach.cl; www.ubiobio.cl;
www.canterbury.ac.nz; www.arauco.cl;
www.lpchile.cl; www.empresasbusel.cl

ARTÍCULOS RELACIONADOS

- Viaductos de Sneek, Holanda. Diseño en madera”.
Revista BIT N° 77, Marzo de 2011, pág. 82.



Miradores de Reñaca
Arquitectos: Quiroz y Puelma



HILAM
La Mejor Madera Laminada

Productos para una arquitectura de **vanguardia**.

www.hilam.cl
www.araucosoluciones.com



¿Soldadura Fuerte para redes de **GAS** domiciliario?

DECRETO 66 (ART. 45 PUNTO 45.2.6) - SEC

 **ARGENTA**
TECNOLOGIA EN SOLDADURA

Casa Matriz: Santa Corina 0198, La Cisterna / Tel. (56-2) 522 2222
Sucursal Zona Sur: H. Salas 419 / Tel. (56-41) 223 6230

Evite aleaciones de Soldadura Fuerte de procedencia y composición desconocida.

Con aleaciones certificadas de ARGENTA asegura el resultado de calidad esperado

Distribución en todo Chile y el mundo / Proceso Certificado ISO 9001:2008.

www.argenta.cl

TANTA CURVA
Y YO SIN



CUANDO HABLAMOS DE CUBRIRLO TODO, ES TODO.

NUEVO KEM PRO CUBRIENTE TOTAL

- Nueva fórmula en Látex y Esmalte al Agua
- Mayor poder cubriente
- Buen rendimiento y fácil aplicación
- Gran resistencia a la intemperie

Cubrimos todo Chile con 37 tiendas



PreguntaleaSherwin.cl

Placa Diamant

Tabiques resistentes a zonas de alto tráfico

Posee un núcleo reforzado de alta densidad que puede resistir impactos significativos sin daños ni deformaciones.

Ideal para: pasillos, cines, áreas de alto tráfico en hospitales, hoteles y edificios comerciales.

Características Técnicas

- Alta dureza
- Resistente al fuego
- Resistente a la humedad
- Espesor: 12,5mm y 15mm
- Ancho: 120cm
- Largo: 240cm
- Borde rebajado (BR)
- Peso: 12,8Kg/m² (12,5mm) aprox.
19,0kg/m² (15mm) aprox.



KNAUF
Calidad con sustento

Visítenos en www.knauf.cl / Fono (56 2) 584 9400



Safeboard®

100% Segura.

0% Plomo.

Placa de yeso-cartón para blindaje a Rayos X.
Desarrollada para Hospitales, Centros Médicos y Centros
Odontológicos.

- Resistente al fuego ✓
- Libre de plomo ✓
- Excelente aislación acústica ✓
- Fácil instalación ✓

KNAUF
Calidad con sustento

Visítenos en www.knauf.cl / Fono (56 2) 584 9400