

# LOSA DE MADERA EN PASARELA



## INNOVACIÓN REGIONAL

La primera pasarela de madera tensada del país, que supera los 36 metros, se asienta en un arco de madera laminada cubierto por celosías del mismo material. Revista Bit presenció en terreno el complejo montaje de esta estructura, realizado en la Autopista Concepción-Talcahuano.

CLAUDIA RAMÍREZ F.  
ENVIADA ESPECIAL A CONCEPCIÓN



**P**ARA CONCRETAR una idea innovadora se deben superar diversos desafíos. Y la primera pasarela peatonal construida con madera tensada en el país no es la excepción. El puente, ubicado en Concepción y desarrollado a partir de un proyecto Fondef (Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico), debió enfrentar la escasez de normativa vigente para este tipo de estructuras, un presupuesto ajustado y exigentes condiciones de instalación. A esto se sumó el diseño y cálculo estructural de un arco de madera laminada protegido por celosías igualmente de madera, y una superestructura de madera tensada, inédita en el país.

Los retos en la planificación y logística durante el montaje de estas delicadas estructuras merecen un capítulo aparte. Para apreciarlos, asistimos a las faenas de instalación realizadas en la Autopista Concepción- Talcahuano en septiembre. La lluvia sumó un elemento adicional y cinematográfico a esta imperdible historia.

### Transferencia tecnológica

La idea de importar el sistema constructivo de madera tensada a nuestro país, de uso habitual en puentes y pasarelas de países nórdicos, surgió hace más de cuatro años en la Universidad del Bío Bío con la adjudicación del proyecto Fondef "Protección por diseño en el uso de la madera en la infraestructura vial: Puentes, pasarelas y elementos de seguridad". En la iniciativa, que contempló la participación de profesionales europeos, el énfasis no sólo estuvo en la innovación sino también en la se-



La pasarela se compone de arcos de madera laminada de 9,9 m de altura en la articulación central.

## FICHA TÉCNICA

**Proyecto:** "Protección por diseño en el uso de la madera en la infraestructura vial: Puentes, pasarelas y elementos de seguridad", Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondef).

**Monto:**

\$178 millones

**Año:**

Octavo concurso nacional de proyectos de I + D, 2002

**Director del proyecto y arquitecto:**

Ricardo Hempel

**Ubicación:**

Autopista Concepción- Talcahuano, Concepción, VIII Región.

**Mandante:**

Universidad del Bío Bío

**Constructora:**

Ingelam LTDA.

**Ingeniero Estructural:**

Juan Marcus y JMS Ingenieros Consultores

El traslado de las vigas de madera laminada se realizó en un camión cuya palataforma aumentó en 4 m su ancho. Las grúas de 25 y 55 toneladas ayudaron a sostener las vigas.



guridad. "A pesar de que los puentes abundan en el sur del país, sufren continuos daños y deben ser reparados periódicamente. La idea era presentar una iniciativa en madera que incluyera medidas de seguridad y preservación de los materiales", señala Ricardo Hempel, decano de la Facultad de Arquitectura de la Universidad del Bío Bío y director del proyecto.

Así, los recursos asignados por Fondef – unos 178 millones de pesos– se destinaron a la elaboración del proyecto, la investigación y la transferencia tecnológica. Un claro ejemplo se aprecia en la participación como revisores en el diseño definitivo del ingeniero Tormod Dyken, de la dirección de puentes del Ministerio de Obras Públicas de Noruega, el arquitecto Francisco Arriaga de la Universidad Politécnica de Madrid, España, y el ingeniero Kurt Schwaner, de la Fachhochschule Biberach de Alemania.

Tras la experiencia, los profesionales chilenos concluyen que los conocimientos adquiridos en la elaboración de la pasarela abren nuevas posibilidades. "Es la primera vez que se usa la técnica de madera tensada en el país, y la estamos proponiendo como una alternativa para puentes vehiculares, ya que de acuerdo con la práctica europea estas estructuras se diseñan para resistir incluso camiones de alto tonelaje", agrega Juan Marcus, ingeniero estructural



de JMS Ingenieros Consultores. Justamente tras la experiencia de la pasarela, los estudios se encaminan a aplicar esta solución constructiva en otro tipo de puentes.

Más allá de las perspectivas, la obra se concentró en la protección de la madera por medio de materiales antihongos y termitas y el diseño de estructuras especiales. "Uno de los problemas de las estructuras de madera en climas húmedos es la protección del material. Se debe evitar que las estructuras permanezcan completamente a la intemperie porque se pueden producir daños por la humedad y los rayos del sol. En este caso la madera ubicada en el arco está protegida por celosías que evitan el contacto directo con estos agentes", asegura Hempel.

### Estructura fina

En palabras simples hablamos de una pasarela peatonal de 52,4 m de largo, emplazada entre dos laderas de cerro y apoyada en dos arcos de madera laminada con una luz libre de 39,2 m y una altura de 9,9 m en la articulación central. En síntesis: Una estructura de madera que cruza de lado a lado la Autopista Concepción-Talcahuano sin pilares centrales. "La idea del diseño arquitectónico es darle protagonismo al arco de madera, lo que se consigue con una plataforma bastante fina, igual que los pilares de acero, que a distancia parecen muy livianos.

Se sugirió prescindir de un soporte central para evitar que cualquier accidente atente contra la estructura, por lo que ha-

bía que cubrir la luz total de la vía y la mejor solución resultó ser el arco”, explica el arquitecto.

Así, la estructura se dividió en dos medias vigas de madera laminada prefabricadas, que sostienen perfiles metálicos de acero, los que a su vez soportan la plataforma de circulación de madera tensada. Vista desde abajo, se compone de un arco de madera laminada con perfiles metálicos tipo pórticos que sostienen la plataforma definitiva de circulación. Todo soportado por fundaciones de hormigón armado ubicadas en las laderas de ambos cerros. Al respecto el ingeniero estructural agrega: “Los suelos de fundación corresponden a arcillas limosas de densidad media con una capacidad portante de 0.8 kg/cm<sup>2</sup> por lo que se realizó un mejoramiento de terreno para aumentar la capacidad portante a 1.5 kg/cm<sup>2</sup>, aunque la tensión de contacto de diseño es de sólo 0.5 kg/cm<sup>2</sup>. Esto debido a que los puentes de madera son muy livianos”.

En cuanto a requerimientos sísmicos, Marcus explica: “La pasarela goza de gran estabilidad y flexibilidad sísmica, considerando que la estructura que más trabaja son los arcos, diseñados para ser bastante resistentes a los sismos. Por su parte, la

plataforma de circulación es muy liviana. No hay que olvidar que la madera pesa la quinta parte del hormigón, lo que significa que las fuerzas sísmicas también serán de un quinto en la plataforma”. El profesional destaca que por medio de un modelo matemático computacional se calcularon los esfuerzos y resolvieron los desafíos que planteó la estructura. “Comúnmente las solicitaciones más peligrosas son las longitudinales y transversales. En cuanto a la longitudinal, el arco no sufre nada, la transversal la soporta por su forma inclinada en unos 9°, y finalmente todas las fuerzas se transmiten a la fundación, que es muy rígida. En resumen habrá un sistema de transmisión de cargas desde los transeúntes a la plataforma, de la plataforma a los pórticos, de los pórticos a los arcos y de éstos a la fundación”.

Pero volvamos a las estructuras. Los pórticos sujetos al arco, se componen de tubos macizos cuyo extremo posee grandes anillos. Estos tubos sirven de soporte a la superestructura y se ubican cada 4,40 m, alzándose en forma de doble T y recibiendo otra estructura en T, en una figura tipo canal. Tanto el diseño en forma de A, como el material de los pórticos, de acero galvanizado, les permite obtener mayor



La lluvia no fue impedimento para el montaje de la pasarela. Un andamio instalado en el bandejón central sostuvo por unos instantes una de las vigas.



## Equipos y Tecnologías para Bombeo y Proyección de Hormigón y Mortero.

### Putzmeister

- Bombas para hormigón y mortero-shotcrete.
- Equipos para túneles.
- Servicio de arriendo para bombeo y proyección de mortero con operador.



- Equipos para la proyección de hormigón en minas y túneles.

### LIEBHERR

- Betoneras sobre camión, plantas de hormigón.

### Zimmerman

- Mezcladoras Móviles de Hormigón.



- Fibras metálicas y de polipropileno para aplicaciones en hormigón y mortero.

### LEYDE

- Sistemas de limpieza y protección de hormigón adherido en maquinaria.

### FRITZ-PAK

**SLICK-PAK**, Lubrica las tuberías para bombeo.

**SLICK-PAK II**, Mejora bombeabilidad del hormigón.

**MINI DELAYED SET**, Extiende el tiempo de fraguado (en los mixer).

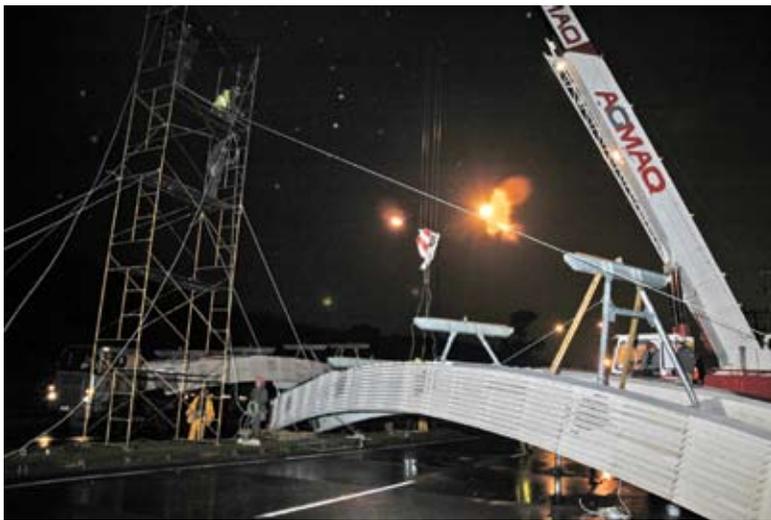
**Venta • Servicio  
Repuestos • Arriendo**

SANTIAGO: Av. José Pedro Alessandri 991 - Nuñoa  
Mesa Central : (2) 782 9200 - Directo: (2) 782 9249  
Fax: (2) 782 9254 - e-mail: lanzputz@lanzco.cl  
ANTOFAGASTA: General Borgoño 934 Of. 701, Edificio  
Las Empresas - Fono: (55) 257 836 - Fax: (55) 473 302



Las grúas resultaron fundamentales para elevar las vigas de madera hasta los herrajes.

Primero se elevó la viga ubicada en el sector de la Mutual, luego la del cerro opuesto y finalmente se ensambló el herraje central.



resistencia. El ingeniero estructural aclara: "Las cargas de peso propio más las sobrecargas se transmiten a los arcos de madera laminada mediante pórticos de acero compuestos por vigas IN y perfiles tubulares en forma de 'A', articulados en su unión a la barra de conexión tubular de 6" de diámetro. Este perfil tubular se conecta en forma transversal a ambos arcos de madera mediante conectores de placas de acero y pernos pasados".

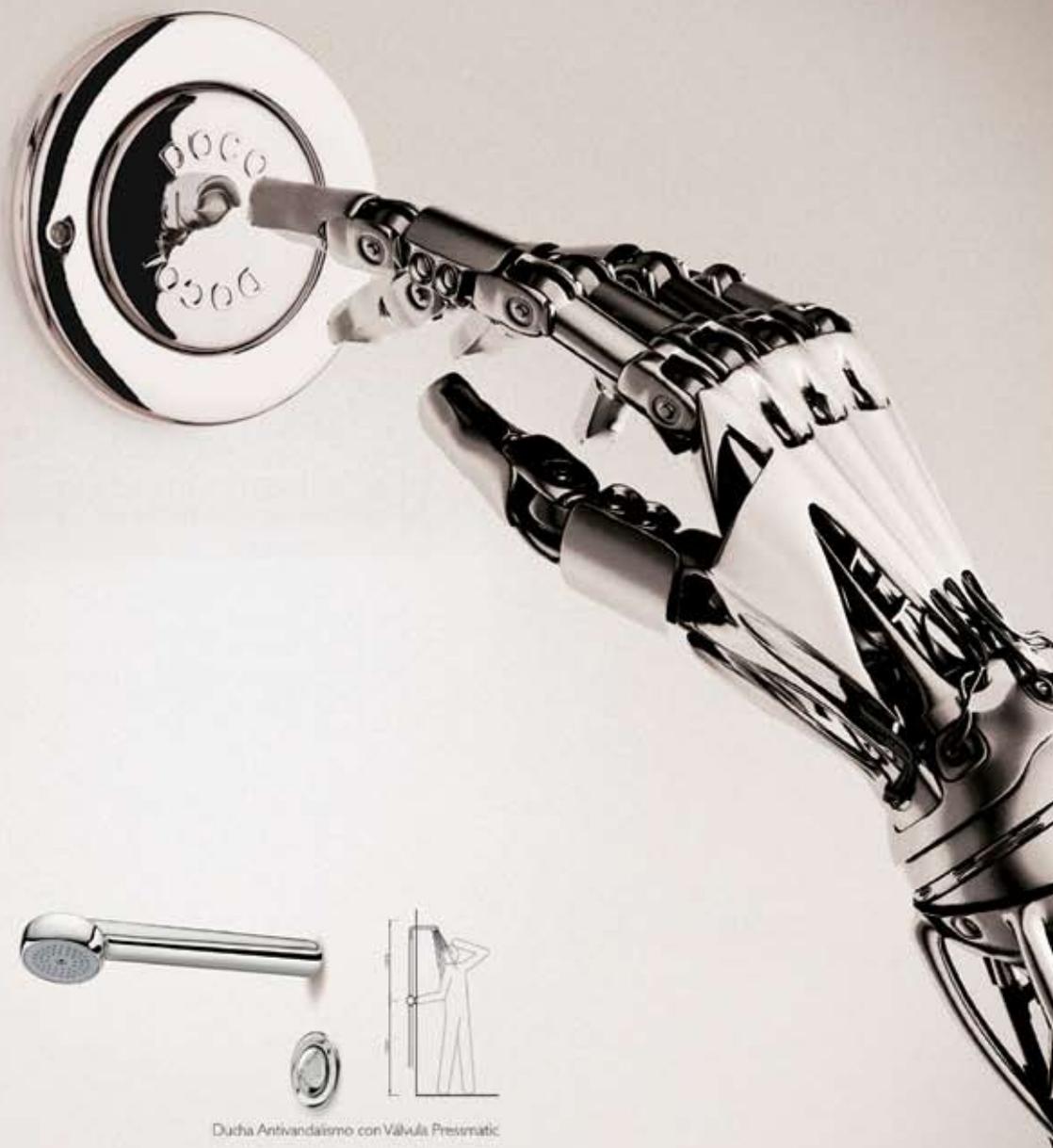
El arco también cuenta con aplicaciones especiales como la celosía que cubre la viga de madera laminada al interior de la estructura constituida por tablillas tipo peinetas situadas cada 1,20 m. Esto para proveer ventilación y evitar que la madera se humedezca en caso de lluvia.

Otra característica de la estructura es la articulación. "Se trata de un conjunto estable de cuatro patas, que cuenta con una articulación rotulada y un cierre tipo machihembrado. Las vigas se diseñaron en dos dimensiones curvas e inclinadas hacia el interior de la estructura, por tanto no llegan perpendiculares al herraje, lo que constituyó un importante desafío de montaje", explica Juan Acevedo, gerente técnico de Ingelam.

### **Losa de madera**

No hay duda que la innovación más importante de este proyecto es la elaboración de una losa de madera. La estructura tensada es de 2,5 m de ancho y está diseñada para resistir una sobrecarga de 415 kg/m<sup>2</sup>, de acuerdo con lo exigido por la normativa implementada tras el colapso de la pasarela de Caleta Portales en Valparaíso el año nuevo de 1999. A pesar de





Grifo de Pared para Lavatorio



Ducha Antivandalismo con Válvula Pressmatic

La tecnología **DocolMatic** Antivandalismo es perfecta para quien piensa en el futuro. Además de reducir en hasta un 77% el consumo del agua, es también a prueba de vándalos. En Chile, las soluciones **DocolMatic** ya son usadas en espacios públicos como Restaurantes, Colegios, Universidades, Estadios, etc.

**DOCOL**   
GRIFERÍAS  
Sinónimo de Calidad

Av. Kennedy 6980, Vitacura, Santiago - Fono: (56-2) 2023635  
5 Norte 195, Viña del Mar, Fono: (56-32) 2979831 - (56-32) 2697490

**DUOMO**  
DISEÑO

El ángulo inclinado de las vigas y su disposición en dos dimensiones exigieron diversos esfuerzos de instalación.



esta exigencia, uno de los retos de la construcción de la plataforma tensada fue justamente la escasez de reglamentación. "No existen normas para controlar el diseño del proyecto, por esto la división de puentes del Ministerio de Obras Públicas demoró en evaluar y aprobar la iniciativa. Tuvimos que aplicar la normativa de madera aserrada para la laminada lo que nos obligó a rediseñar algunas estructuras y aplicar la norma americana y europea para otras", afirma Marcus.

La losa se compone de cuatro grupos de 28 tablillas laminadas de 40 mm espesor y 8" de alto con 1,10 m en total, además de herrajes, pasadores, y sensores. Las tablas de madera aserrada se ubican traslapadas y prensadas a 1,2 y 1,5 MPa por medio de una perforación de 1" hecha con un perno de ½. "Es la primera vez que se construye en el país una estructura de madera tensada en terreno. En este caso los tablo-

nes se tensaron con un único pegamento que es el roce", asegura Acevedo.

Las tablillas tensadas tampoco estuvieron exentas de inconvenientes. "El proyecto contó con pocos recursos y numerosas donaciones. Por ejemplo, la madera de las vigas y la tensada, fue donada por Arauco y Forestal Bío Bío. Esto nos obligó a adaptarnos a lo que disponíamos, como la madera para las vigas que de acuerdo con el proyecto debía ser de 9", pero debido al exceso de demanda en el país, se están cortando los bosques muy jóvenes, y recibimos maderas de sólo 8", lo que nos obligó a recalcular las vigas tensadas", explica Marcus.

Otro detalle. Los tubos de acero en T tienen una estructura tipo pestaña constituida por seis pasadores que en caso de sismo, mantiene las tablas en su lugar, evitando que se muevan.

La superficie de la plataforma lleva un

doble fieltro y sobre éste, una capa final de asfalto. "Teníamos temor que el asfalto, que llegó en caliente a 120°, soltara la madera tensada, pero esto finalmente no ocurrió. Donde efectivamente tuvimos que tomar precauciones fue en el cepillado de las vigas de madera que se hizo a mano debido a la falta de cepilladoras que cubrieran las dimensiones solicitadas", explica Acevedo.

Por seguridad de los transeúntes y protección de los materiales, la capa de asfalto no dejará ver la madera tensada en la plataforma. Lo que sí se apreciará son los desafíos y conocimientos que dejó la primera experiencia de este tipo en el país.

### Desafío en altura

El arribo del camión de transporte a la Autopista Concepción –Talcahuano dio el vamos al montaje de la primera pasarela de madera tensada en el país. Ya a las 21 horas, una bruma tenue amenazaba con complicar las labores que se autorizaron para la madrugada del fin de semana del 9 y 10 de septiembre, a fin de evitar atochamientos y operar con cortes de tránsito.

Las vigas de madera, elaboradas en Santiago, permanecían hace más de un mes en el sitio de acopio ubicado en terrenos del MOP a unos 50 m de las fundaciones de la pasarela. La presencia de dos grúas, una de 55 y otra de 25 ton, anticipaban que los trabajos no serían sencillos y se extenderían durante toda la noche.

JUAN MARCUS,  
ingeniero estructural.



JUAN ACEVEDO,  
constructor de Ingelam.



Lo primero fue trasladar las vigas de madera. La condición era llevarlas una por vez puesto que la plataforma del camión aumentó el ancho en 4 m, impidiéndole doblar con la carga de las vigas. Así, primero se trasladó la viga ubicada en la ladera que conecta la entrada al Hospital de la Mutual de Seguridad y la Sede San Andrés del Instituto Duoc (\*), y luego la que comunica hacia el sector urbano.

A esa hora ya se había desatado la lluvia que acompañaría las faenas durante la noche, algo que anticipaban los ingenieros. "Estamos dispuestos a trabajar con lluvia, no nos produce ningún problema de seguridad ya que no usamos herramientas eléctricas aunque las labores se hacen más lentas y exigen mayor precisión".

Para el traslado, las grúas movieron las barreras viales tipo New Jersey que separan ambos sentidos de la Autopista, cada uno con tres pistas, y se aprovechó el bandedón de 2,7 m para instalar un andamio de cuatro alturas que permitiera apoyar las vigas. Tras el traslado de la primera estruc-

tura, se procedió a juntar los ejes de 3,6 a 3,55 m, por medio de una cinta especial, luego se conectó el herraje y la rótula con los pasadores. Esta última labor tomó varias horas puesto que el ángulo inclinado de las vigas requirió de diversos esfuerzos de instalación.

La secuencia de montaje exigió el transporte de la segunda viga de madera y un cambio de grúas, específicamente, la de mayor tonelaje que sostenía la viga instalada en primera instancia fue reemplazada por la grúa de menor tonelaje, lo que exigió soportar la estructura en el andamio por unos segundos mientras se cambiaban ambas maquinarias.

Otro desafío interesante lo constituyó el ensamblaje de la rótula central una vez instalados los pasadores a ambos costados. Para esto se requirieron dos grúas y un encargado en terreno que guiara la actividad.

Un verdadero reto, tanto en logística como en planificación, que finalizó a las 8 de la mañana del otro día. Sin embargo,

las labores de terminación se extendieron hasta fin de mes, particularmente las luminarias y barandas de seguridad.

Ni los múltiples desafíos técnicos ni el rigor del clima detienen la innovación en regiones, y atención porque éste parece sólo el comienzo de las losas de madera. ■

(\*) Vea un reportaje del edificio en *BIT 52*, enero 2007.

+ información: [www.ubiobio.cl](http://www.ubiobio.cl)

### EN SÍNTESIS

**La pasarela peatonal de la Autopista Concepción-Talcahuano de 52,4 m de largo se emplaza entre dos laderas de cerro, y se apoya en dos arcos de madera laminada con una luz libre de 39,2 m y una altura de 9,9 m en la articulación central. La estructura de madera sin pilares centrales, que cruza de lado a lado la autopista, es la primera de su tipo en el país.**

BIT 51 NOVIEMBRE 2006 ■ 103

## TECNOLOGIA ADILISTO

LOS RESULTADOS DURADEROS NO SON PRODUCTO DEL AZAR



- ★ Productos de Máxima Calidad.
- ★ Mejor relación precio-calidad.
- ★ En Adilisto contamos con la experiencia y el respaldo de Parex Group.
- ★ Disponemos de un Centro de Formación Técnica, para asesorar a nuestros clientes cuándo y dónde lo requieran.



MORTEROS - ADHESIVOS - FRAGÜES - REVESTIMIENTOS EXTERIORES



Puerto Montt 3235 - Renca - Santiago - Chile  
 Fono (56-2) 328 9900 / Fax: 328 9919  
 E-mail: [soluciones@parex-adilisto.cl](mailto:soluciones@parex-adilisto.cl) / Web: [www.adilisto.cl](http://www.adilisto.cl)