

**OBRA
INTERNACIONAL**

**VIADUCTOS DE SNEEK,
HOLANDA**

DISEÑO EN MADERA

PAULA CHAPPLE C. y ALEJANDRO PAVEZ V.
PERIODISTAS REVISTA BIT



GENTILEZA FOTOS DAVID BONE

■ Dos puentes de madera cubren la principal carretera que cruza el ayuntamiento de Sneek, en Holanda. Cada uno pesa 360 toneladas y mide 32 metros de longitud. Pueden resistir cargas de hasta 60 t y su arquitectura pretende ser una de las postales más importantes de la nortina provincia holandesa. ■ Su madera acetilada es fruto de largas investigaciones y de una tecnología que les garantiza una vida útil de 80 años. Se les considera los puentes en madera más resistentes y grandes del mundo. Diseño puro.



E

N NOVIEMBRE del año pasado se inauguró el segundo puente que completa una de las etapas más importantes del proyecto "Rijksweg 7" (Ruta A7), plan urbanístico que busca remozar una de las principales arterias de la localidad de Sneek, al norte de Holanda. La obra, que espera ser entregada en los primeros meses de este año, ya está abierta al tránsito normal y sus dos joyas, los puentes Krúsrak y Duvelsrak, han respondido positivamente a las expectativas. Ubicados específicamente en la circunvalación sur de la mencionada autopista, ambos viaductos pretenden transformarse en importantes puntos de referencia y de atracción turística.

¿Por qué dos gigantes de madera? Simple. Todo radica en una decisión de la provincia de Frisia, el Rijkswaterstaat Noord Nederland (Servicio Estatal de vías y obras fluviales del Norte de Holanda) y el ayuntamiento de Sneek. Los tres, mandantes en común del proyecto, apostaron por la construcción en madera para desarrollar la identidad de la comarca. Claro, y es que su mate-

FICHA TÉCNICA

VIADUCTOS KRÚSRAK Y EL DUVELSRAK

UBICACIÓN: Sneek, Holanda

MANDANTES: Ayuntamiento de Sneek / Provincia de Frisia / Servicio Estatal de vías y obras fluviales del Norte de Holanda

ARQUITECTO: OAK Architecten (Architectuur Achterbosch / Onix Architects).

CONSTRUCTORA: Schaffitzel Holzindustrie

AÑO DE CONSTRUCCIÓN: 2009 / 2010

MATERIALIDAD: Madera Accoya® (Accsys Technologies)

LONGITUD AMBOS PUENTES: 32,00 m

ANCHURA KRÚSRAK: 12 m

ANCHURA DUVELSRAK: 8,80 m

ALTURA: 15,00 m

ALTURA INTERIOR: 4,60 m

PRESUPUESTO APROXIMADO: US\$ 4.700.000 (por puente)

1. Una serie de barras de acero de 48 mm de diámetro son las que conectan cada una de las vigas de madera.



1



2

2. Para no tener problemas con el alto contenido de ácido de la madera, lo que se hizo fue realizar estas conexiones de acero con insertos de poliuretano.



3



4

3 y 4. Los puentes fueron hechos en partes y trasladados por tierra al lugar de su asentamiento. En la foto, el Krúsrak, a 1 km de su emplazamiento final, dispuesto a ser armado.

rialidad evoca las antiguas experiencias constructivas que aún afloran en la ciudad. Sus vigas de madera reflejan la industria de la construcción naval, importante sector de la producción local. El tema de la identidad no se quedó sólo en el concepto arquitectónico de los viaductos. La comunidad de Sneek ha participado activamente en el desarrollo del Krúsrak y el Duvelsrak. Es más, estos nombres fueron escogidos por los mismos vecinos y tienen que ver directamente con la historia de la ciudad. Duvelsrak, por ejemplo, nombra a un reconocido lugar de los bosques de Sneek. Así, estos puentes representan un símbolo para la ciudad ya que, por su elevación, longitud y resistencia, se les ha denominado como los puentes de madera de mayor altura y resistencia. Veamos por qué.

GEMELOS PESADOS

Una de las condiciones más relevantes del plan de remodelación de la autopista A7 de Sneek era la construcción de dos viaductos que sirvieran como puerta de entrada a la

ciudad y como principal vía de conexión con las zonas más periféricas del poblado. Ubicados en Akkerwinde y en Molenkrite, respectivamente, estos hermanos gemelos representan todo un hito para la ingeniería holandesa, así como para la construcción en madera. No faltaron los desafíos constructivos, sobre todo en su montaje.

“El proyecto consideró la construcción de dos puentes casi idénticos. El primero (el Krúsrak) fue inaugurado en abril del año 2009 y tiene una longitud de 32 metros y un ancho de 12 metros. El segundo puente (el Duvelsrak), abierto al público a finales del 2010, posee la misma longitud, pero su ancho bordea los 8,8 metros. Ambos alcanzan una altura aproximada de 15 m”, explica a Revista Bit Frank Miebach de Schaffitzel Holzindustrie, empresa alemana encargada de la construcción e instalación del proyecto.

El diseño de los puentes es obra de OAK Architecten, y se basa en la geometría del “Watergate” de Sneek, una histórica construcción gótica, símbolo de la ciudad, por cuyo arco central cruza el principal canal del poblado, el Waterpoort. Las vigas de madera, que se retuercen y se entrelazan para formar la curvatura de los puentes, rescatan la arquitectura de las antiguas embarcaciones

que transitaban por los canales de Sneek. Esta forma no es azarosa. Y es que las paredes del viaducto fueron acopladas en el centro creando un gran arco para garantizar la estabilidad del puente y un óptimo tránsito vehicular.

La estructura se conforma por dos clases de vigas. La primera, corresponde a unos listones que crean unos marcos triangulares que se unen en sección transversal para erigir el arco que permite el paso de los vehículos. La segunda, en cambio, corresponde a una serie de maderos que se cruzan diagonalmente entre los marcos para formar el tejido de la cubierta de los viaductos. Así, se crea esta especie de armadura arqueada. Una gran celosía, cuya altura exterior es de 15 metros. Dentro del viaducto, en cambio, la altura asciende a la los 4,60 metros. Para la construcción de estos gemelos, se utilizaron vigas de madera de 1.080 x 1.400 mm de sección maciza y las conexiones se realizaron con pernos y uniones pretensadas. Para conectar las piezas de los puentes, se utilizaron unas barras de acero de 48 mm de diámetro insertadas en las vigas. Para no tener problemas con el alto contenido de ácido de la madera, lo que se hizo fue realizar estas conexiones de acero con insertos de poliuretano

Paneles reforzados de hormigón celular hebel para revestimiento industrial

Gran resistencia al fuego



Aislación térmica



Aplicación en vertical y horizontal



Rapidez de instalación

Sistema constructivo permite ampliaciones, remodelaciones o vanos sin comprometer al resto del revestimiento.

TECNOLOGÍA

EL CONTROL NUMÉRICO por Computador (CNC) es un sistema de operaciones complejas, capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil mediante órdenes elaboradas automáticas a partir de informaciones numéricas en tiempo real. En otras palabras, aplicada a máquinas o herramientas, el sistema permite modelar diversos elementos y materialidades de manera de elevar la precisión dimensional de lo que se crea, aumentando, además, su producción en un proceso mucho más eficaz. En definitiva, un sistema que permite mejorar la calidad de los productos y es utilizado en la ebanistería, carpintería, entre otros.



EL MONTAJE

Uno de los desafíos constructivos más importantes de este proyecto fue el traslado y montaje de los viaductos. Los marcos celosía y el tablero fueron trasladados y montados en una zona ubicada a un kilómetro del emplazamiento original donde hoy descansan los puentes. Frank Miebach de Schaffitzel Holzindustrie, explica que para armar uno de los puentes "se utilizaron hasta seis grúas telescópicas al mismo tiempo, lo que representó una de las grandes dificultades técnicas en relación al montaje". Recordemos que el peso total de los marcos, más el tablero, es de 360 toneladas, por lo que el transporte no fue nada fácil. Desde el lugar de armado, el puente fue trasladado por tierra hasta la zona escogida. Toda esta operación se realizó de noche para no entorpecer el tránsito de la autopista y pese a las dificultades técnicas, duró poco más de tres horas. Muy eficaz. Una vez en el lugar, el puente fue elevado a la altura requerida gracias a un sistema hidráulico de elevación sincronizada proporcionado por la empresa Enerpac. Un procedimiento que, según el experto de Schaffitzel, "ahorró tiempo en comparación con la elevación manual con cuñas".

El sistema hidráulico de elevación consiste en una combinación de accionamiento, conmutación y control digital. Esta herramienta entrega una operación con mucha mayor precisión gracias a los comandos de un software que dirige la elevación y el descenso de la estructura soportada. La ventaja de este sistema es que es capaz de levantar cargas pesadas con una precisión controlada de 1 milímetro. Cuatro fueron los cilindros hidráulicos utilizados para elevar cada uno de los puentes. En conjunto, estos cilindros son capaces de elevar cerca de mil toneladas. El proceso consistió en instalar vigas de ma-

encubierto. Con todo, cada uno de los viaductos pesa cerca de 360 t y bordea los 690 m³ de madera. Unos verdaderos gemelos pesados.

"Cada uno de los puentes puede resistir cargas de hasta 60 toneladas", explica Miebach. El tablero de hierro, recubierto con hormigón armado también es soportado por vigas de madera y garantiza el tránsito adecuado para grandes camiones y otros vehículos de peso relevante. Un importante atributo que cataloga a estos viaductos de madera como los más grandes en su tipo y con mayor resistencia en el mundo. Esto según el Eurocódigo, norma de estandarización europea que, entre otras cosas, busca unificar criterios y normativas en las materias de diseño, cálculo y dimensionado de estructuras.

Entre las innovaciones que se aplicaron en la construcción del Krúsrak y Duvelsrak destaca la utilización de la tecnología CNC o Computer Numerical Control, (Control Numérico por Computador). "Uno de los hitos técnicos del proyecto fue la utilización de la tecnología CNC", comenta el experto de Schaffitzel Holzindustrie y es que este sistema les permitió el desarrollo preciso y eficaz de cada una de las piezas que conforman los viaductos (ver recuadro).



1



2



3



4

1. Los marcos celosía y el tablero fueron trasladados y montados en una zona ubicada a un kilómetro del emplazamiento original donde hoy descansan los puentes.
2. Se utilizaron seis grúas telescópicas al mismo tiempo para el montaje. El peso total de los marcos, más el tablero, es de 360 toneladas.
3. Los marcos de madera se unieron en el centro para formar el arco que permite el paso de los vehículos.
4. Una vez armado, el viaducto se trasladó hasta su lugar definido y con un sistema hidráulico se elevó para montarlo definitivamente sobre la ruta A7. La operación se hizo de noche para no interrumpir el tráfico.

dera noble (maderas nativas / tropicales) capa por capa, para ir elevando el puente hasta su posición final. Después de cada 10 cm de elevación, se instalaba una nueva capa de vigas. Así, el puente se elevaba a un ritmo promedio de 50 cm por hora, llegando a su posición final a unos cuantos metros de la superficie.

MADERAS RECARGADAS

Krúsrak y Duvelsrak están hechos de madera. Pero no cualquiera. Se trata de un tipo de madera químicamente intervenida para garantizar un buen comportamiento frente a las condiciones climáticas del lugar. Tecnología de punta. Y es que los diversos ríos y canales que cruzan la ciudad de Sneek, provocan elevados índices de humedad que obligan la utilización de un material que no se desgaste fácilmente. Un proceso de investigación y desarrollo que ha durado más de siete décadas, avala que la madera de estos puentes tenga una vida útil de aproximadamente 80 años.

Una acción necesaria. Claro. Porque las propiedades físicas de cualquier material es-

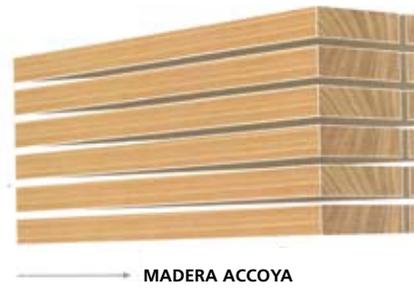
tán determinadas por su estructura química. La madera, en este caso, contiene una gran cantidad de grupos químicos llamados "hidroxilos libres", que son los encargados de absorber y liberar el agua de acuerdo a los cambios en las condiciones climáticas a las que la madera está expuesta. Esta es la razón principal del por qué la madera se dilata y se contrae. En una condición con mucha humedad, ésta absorbe mucha más agua de la que puede contener, por lo que sus propiedades se van perdiendo.

Accoya® es la marca de la madera que se utiliza en los puentes de Sneek. Un pino radiata, certificado por la Forest Stewardship Council (FSC), proveniente de los bosques de Nueva Zelanda, y que fabrica la empresa Accsys Technologies. Su principal atributo radica en la aplicación de un tratamiento de acetilación que hace que la madera absorba menos humedad y mejore su durabilidad. El proceso consiste en la modificación de la madera a través de la inyección de anhídrido acético, obtenido del ácido acético (vinagre común en su forma diluida), que transforma los hidroxilos libres de la madera en un gru-

po acetilo. Esto reduce considerablemente la absorción de agua de la madera haciéndola dimensionalmente más estable (ver esquema). Una gran ventaja. "La madera constantemente trabaja, se mueve. Se está abriendo y cerrando. Nuestro proceso elimina eso, no completamente, pero si de manera muy considerable. Lo hace comparable con el concreto, el acero y el aluminio. Nuestra madera tiene un movimiento máximo de 1,5% de deformación", comenta David Bone, Business Development Manager de Accsys Technologies.

Este procedimiento de alteración celular hace que esta madera adquiera propiedades similares o incluso superiores al de las maderas nobles tropicales. Eso dicen sus creadores. Los grupos acetilo, compuestos simplemente por oxígeno, hidrógeno y carbono ya están presentes de forma natural en todas las especies de madera. Esto significa, según la empresa desarrolladora, que el proceso de fabricación no añade ninguna otra sustancia que no se haya producido naturalmente en el interior de la madera. El producto final, por tanto, no expele toxinas al medioambiente.

Estudios realizados por Accsys Technolo-



La madera ingresa a un contenedor donde es expuesta a grandes cantidades de anhídrido acético que reduce la absorción de agua de la madera.

gies han indicado que esta madera presenta una gran resistencia a las situaciones más hostiles. Ha sido expuesta a diversas condiciones atmosféricas, y testeada incluso con pruebas subterráneas y acuáticas. Las respuestas han sido positivas, afirman. En la misma línea, esta modificación permite que al cortar o ensamblar la madera, ninguna de las superficies expuestas queden sin acetilar. Esta ventaja suprime el uso de productos nocivos para el medio ambiente ya que no es necesario proteger dichas áreas.

Con esto, Sneek cuenta desde ahora con dos grandes gemelos. Dos viaductos que serán postales de la ciudad. Diseño en madera. ■

www.a7sneek.nl ; www.accoya.com ;
www.accsysplc.com ; www.achterboscharchitectuur.nl ; www.schaffitzel.de

ARTÍCULOS RELACIONADOS

- "Puentes. Conectividad a prueba". Revista BIT No 74, Septiembre - Octubre de 2010, pág. 18.
- "Puente con tablero de madera tensada. Único en su especie". Revista BIT No 59, Marzo 2008, pág. 114.
- "Puentes en la mira de la madera". Revista BIT No 13, Julio 2003, pág. 62.

■ EN SÍNTESIS

Dos viaductos cruzan la autopista A7 de la localidad de Sneek en Holanda. Colosos de 360 toneladas cada uno, verdaderas celosías hechas completamente de madera, resisten cargas de 60 toneladas. Su madera acetilada, químicamente modificada, le otorga un mejor comportamiento frente a las condiciones climáticas y le garantiza una vida útil de 80 años. Diseño en madera del más alto nivel.

BIT 77 MARZO 2011 ■ 87

La Solución en Construcción Civil

Los revestimientos y cubiertas termo aislantes Dānica son ideales para edificios comerciales e industriales, shoppings, supermercados, escuelas, campamentos mineros, oficinas y otras soluciones en construcción civil. Los paneles prefabricados en acero prepintado con núcleo aislante en PUR, PIR e EPS resultan en un sistema constructivo de alta calidad y durabilidad con rapidez y flexibilidad en montaje y además ofrecen gran libertad para desarrollar proyectos arquitectónicos.

La solución en termo aislantes.

56 2 784 6400 | ventas@danica.cl
www.danicacorporation.com

La imagen del Empire State Building® es marca registrada de ESBC y se utiliza con permiso.



Si funciona aquí, puede funcionar en cualquier lugar.

Gracias a la colaboración de Johnson Controls y otros expertos a nivel mundial, se está realizando el reacondicionamiento del Empire State Building para que aumente más de 38% en eficiencia en el consumo de energía. Cuando estas mejoras se completen en 2013, este ícono internacional estará en el 10% superior de edificios de oficinas de los Estados Unidos en términos de eficiencia en el consumo de energía.

Johnson Controls le proporciona al Empire State Building tecnologías innovadoras, mejoras en la infraestructura del edificio y servicios de monitoreo de sistemas que reducen los costos de energía y disminuyen las emisiones de carbono. Para 2011, se habrán implementado más del 50% de las mejoras. Esto creará espacios de trabajo para arrendamiento con un alto rendimiento y los mantendrá de esta forma.

Se espera que la obra genere un ahorro de US\$4,4 millones en costos anuales de energía y se financiará solo en poco más de tres años. El Empire State Building... uno de los edificios más admirados del mundo, evoluciona para ser uno de los más eficientes en el consumo de energía.

Es un edificio que funciona. Desde instituciones educativas y hospitales, hasta edificios de gobierno y de oficinas, Johnson Controls puede hacer que su edificio funcione de forma más eficiente, sustentable y rentable. Para obtener más información, visite MakeYourBuildingsWork.com.

Johnson Controls Chile

Av. Los Maitenes Oriente 1261, Pudahuel - Núcleo Empresarial ENEA - Santiago - Tel: 427-2100 / Fax: 444-9922

www.johnsoncontrols.com





Soinsa: Innovación y servicio

La empresa de Andamios y Encofrados Soinsa incorporó en 2010 la nueva línea de División Motorizados, con Plataformas Motorizadas (GP-40) para trabajos de fachada y elevación de carga y personas. Además, Soinsa sumó a su oferta grúas torres para proyectos especiales.

En primer lugar, las **plataformas motorizadas** permiten ejecutar trabajos en fachada, tanto en proyectos nuevos, como en rehabilitación de obras antiguas y de reconstrucción. Como monomástil, la plataforma de trabajo puede cubrir hasta 10 m horizontales de fachada y como bimástil alcanza hasta 32 metros, con capacidades superiores a 4.550 kgs. y llegando hasta 200 m de altura gracias a sus mástiles de sección cuadrada que proporcionan mayor resistencia a la torsión. Esta representa una importante ventaja al utilizar la máquina en un solo mástil.



Ambas estructuras son completamente galvanizadas y poseen un sistema de freno de emergencia centrífugo, lo que asegura mayor suavidad y estabilización de la carga. "Estas plataformas se pueden unir entre ellas para abarcar mayor superficie y solucionar distintos requerimientos. También, se adaptan al perímetro de fachadas, ya que cuentan con extensiones de acercamiento de hasta 2,50 m útil," señala Jaime Danus, gerente de la división.

Sus principales ventajas se observan en la velocidad de desplazamiento, trabajo en una plataforma continua, altos rendimientos y control de la producción. Además, se aprecian cualidades como una notoria calidad en cambios de piso, armado y desarmado en menos horas que el sistema de andamiaje, asegurando un montaje rápido y limpio.

La nueva línea de **plataformas** ha tenido una alta penetración en el mercado, atendiendo más de 70 obras a lo largo del país durante sus primeros 6 meses.

Por otra parte, la incorporación de **grúas torre** para proyectos especiales nos ha permitido solucionar necesidades específicas a nuestros clientes que no están disponibles en el mercado. Destaca la grúa de la obra Edificio Bicentenario de Constructora Sigro, por ser el equipo de mayor autonomía del país por superar los 74 m libre de arriostamiento con 50 m de pluma. Además, se pueden mencionar las 3 grúas que estamos incorporando para un proyecto industrial, las cuales cuentan con similar altura de autonomía antes descritas, pero con plumas que superan los 65 m de largo con capacidades máximas de carga de 12 toneladas.

Una de las principales características de los productos de esta línea radica en su alta calidad y en su certificación europea. Guillermo Schenone, subgerente general de Soinsa, señala que su meta para el 2011 consiste en consolidarse como la empresa N° 1 en Chile en la línea de plataformas motorizadas y consolidar la incorporación de grúa torre en nuestra línea de productos. "Soinsa es una empresa que se propone metas exigentes porque confía plenamente en sus productos y servicios. A lo largo de su trayectoria se ha esmerado en tener altos estándares de calidad para poder satisfacer de la mejor manera las altas exigencias del mercado. Tanto los andamios, encofrados y división motorizados cuentan con características únicas en el mercado y se destaca por ofrecer un servicio de ingeniería, asistencia técnica y montaje a lo largo de todo el país", afirma Guillermo Schenone.

