

Puentes postensados de madera:

Sistema innovativo y eficiente

La iniciativa permite incentivar el aprovechamiento de un recurso renovable, de gran nivel de producción como es la madera, así como reducir los costos de energía requeridos para la elaboración del material estructural, con estándares de reducción de gases de efecto invernadero superiores a los de cualquier otro material.



El Puente Caulín es el primer puente de alto tráfico de Chile y el más largo de Latinoamérica elaborado con esta tecnología.

Chile posee una larga y variada red vial debido a la característica de su geografía. En ella se encuentran construidos innumerables puentes definitivos de hormigón armado, acero o mixtos.

Según la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, a través de su Departamento de Puentes, a nivel nacional existen bajo su tuición aproximadamente 180 mil metros lineales de puentes y pasos superiores e inferiores (sin incluir puentes concesionados, privados o pasarelas peatonales), lo que se traduce en unas ocho mil estructuras.

De éstas, un 48% presenta madera en su construcción, lo que corresponde a unos 86 mil 760 metros. La infraestructura del 52% restante, es de acero y hormigón. De ese 48% de puentes, un 19% son netamente de madera (35 100 metros) y un 15% posee también en su infraestructura hormigón y vigas de acero (26.460 metros). Otro 8% es en su mayoría de madera pero complementa con hormigón (14.760 metros) y el 6% restante, posee mayormente acero y el resto de la estructura es de madera (10.440 metros).

En la red de caminos secundarios se observa un número bastante mayor de puentes de madera construidos en su generalidad con madera nativa. Estos puentes habitualmente tienen poca duración debido a la degradación de este tipo de madera que en forma frecuente no tiene tratamiento de preservación o su penetración en la madera nativa es insuficiente. Según especialistas estos puentes deben ser reemplazados o reconstruidos dentro de un período no superior a los 4 a 5 años.

Al analizar la compleja situación por la que atraviesan los puentes en nuestro país, en el último período, diversas son las investigaciones que intentan dar una solución a esta realidad y una de ellas es la que lleva adelante la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Concepción a cargo del profesor Mario Giuliano, la que dice relación con los puentes postensados. El trabajo de esta iniciativa, que duró tres años, se encuentra resumido en el Manual de Diseño, Construcción, Mantenimiento y Monitoreo de Tableros de Madera Tensado, presentado por el Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera de la Corporación Chilena de la



Madera. La publicación proporciona información referida al desarrollo de puentes postensados en madera, así como experiencias con muy buenos resultados que han utilizado esta tecnología.

La superioridad de la madera

Según Mario Giuliano, ingeniero civil de la Universidad de Concepción, las ventajas del uso de la madera en construcciones están a la vista; "la madera es el único material disponible que alrapa carbono, así como el que emite menos carbono al ambiente en su proceso de fabricación como material estructural, renovable, reciclable y biodegradable. Si a lo anterior le sumamos su excelente relación peso/ resistencia, obtenemos un material que puede ser muy competitivo frente a variadas aplicaciones en obras civiles como viviendas, edificios, galpones industriales, edificios comerciales, tableros de rodado para puentes, muros de contención, etc."

En este sentido Giuliano es optimista respecto del futuro de la madera, anticipando que es muy probable que próximamente la madera alcance el sitio del hormigón. "Si el país a través de las Universidades y Centros de Investigación dedica tiempo a desarrollar investigación, nuevas aplicaciones de productos de ingeniería en madera así como también transferencia tecnológica, se puede llegar a tener a la madera en el mismo nivel que otros materiales de construcción. Sin embargo -agrega- lo anterior debe ir aparejado con una buena difusión del uso de la madera en obras civiles y arquitectónicas a todos los profesionales involucrados, entre ellos ingenieros, arquitectos, labor que deben hacer las Universidades a través de los planes de estudio de Ingeniería, Arquitectura y Construcción Civil".

Puentes en madera

La construcción de puentes de madera son una práctica bastante común en los países escandinavos, tales como Suecia, Noruega y Finlandia, también en países de Europa, entre ellos Suiza, Austria y Alemania; de igual modo en Canadá, tanto para caminos principales como secundarios, teniendo un comportamiento durante su vida útil muy bueno siempre y cuando este tipo de estructuras utilicen la madera estructural adecuada tratada con preservantes y el diseño estructural como de detalles constructivos sea el prescrito por las Normas correspondientes.

Una de las grandes ventajas de usar este tipo de material, sostiene el profesor Giuliano, radica en que la madera se encuentra disponible

en grandes cantidades en la naturaleza; es reciclable; fácil de obtener y procesar como material estructural y lo más importante es que su peso es muy inferior a otros materiales. Este último hecho redundará en una infraestructura de los puentes más económica ya que esta debe soportar la carga de peso propio muy inferior a la de puentes construidos con otros materiales, así como la disminución sustancial de cargas sísmicas sobre esla.

En este sentido, los puentes postensados son una buena alternativa de construcción. Según explica el ingeniero civil, "los tableros de madera postensado consisten en tablas de una longitud estándar traslapadas dispuestas de canto y que son atravesadas por barras de acero cada cierta distancia y posteriormente tensadas formando una placa de madera que cumplirá la función de carpeta de rodado para un puente. Esta placa puede ser auto soportante y conformar la infra como la superestructura para puentes de luces pequeñas o para soportar bajas cargas de vehículos. Si las luces de los puentes son mayores, esta placa de madera tensada puede ser la carpeta de rodado del puente y va a estar apoyada sobre la infraestructura que generalmente son vigas de acero o vigas de madera laminada".

En Chile hay experiencias de construcción de puentes postensados, uno de los más destacados es el que se ubica sobre el río Cautín, que es un puente de 100 mts. de longitud con una infraestructura de hormigón armado, la que soportaba un tablero de rodado de madera nativa que debía reemplazarse cada 3 a 4 años.

En este puente se reemplazó el año 2004 la carpeta de rodado de madera nativa por un tablero tensado de madera donde su construcción solo tomó una semana. Desde esa fecha que el puente está en servicio y ya al cuarto año había pasado sobre él el flujo vehicular que se había estimado que debiera pasar en 10 años. El comportamiento de este tablero ha sido hasta la actualidad excelente a pesar de haberse sobrepasado con creces el tráfico de vehículos estimado originalmente, revela Giuliano.

El tablero de madera ya ha casi triplicado la vida útil de un tablero de madera tradicional, y si se toma en cuenta que estos tipos de tablero pueden tener una vida útil de más de 20 años, el costo de este tipo de tableros se hace muy competitivo. Además debemos mencionar, explica el ingeniero civil, la serviciabilidad de estos tableros, que es muy similar a un tablero de hormigón armado, es muy superior a un tablero de madera tradicional y lo pone a la misma altura que los tableros tradicionales de puentes definitivos.

Único en su Especie

El Puente Cautín, sobre el río del mismo nombre en la localidad de Cajón, en la Región de la Araucanía, es el primer puente de alto tráfico de Chile y el más largo de Latinoamérica elaborado con esta tecnología.

El puente se construyó a finales de la década del '30 con un tablero de madera nativa, teniendo que ser reemplazado hace 6 años. Desde ese momento, y debido al rápido deterioro, a partir del segundo año se sometió a una mantención mensual.

El alto costo de los trabajos incentivó a la Dirección de Vialidad de la IX Región a buscar una solución definitiva, apostando por el proyecto de la Universidad de Concepción denominado Puentes de madera postensada.

Con \$30.000.000 proporcionados por el Fondo de Innovación Tecnológica del MOP, los docentes y estudiantes memoristas del departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Concepción, investigaron durante tres años, cómo debería materializarse el tablero de madera postensada, que ya se aplicaba en Canadá, Estados Unidos, Suecia y Alemania.

En marzo de 2004, la teoría pasó a la práctica. El puente Cautín está conformado por dos estribos y tres cepas de hormigón distanciadas a 25 m respectivamente. Posee dos vigas longitudinales rigidizadas por vigas travesaño, sobre los que se apoyaba el tablero de madera nativa. La estructura de hormigón se mantuvo, sólo se reemplazó la carpeta.

Con el tránsito suspendido, el primer paso consistió en la realización de los trabajos preliminares. Éstos comenzaron con el desarme del tablero antiguo, que se encontraba en muy malas condiciones. Así personal de Vialidad retiró la totalidad de los tablonos. Con la ayuda de herramientas metálicas, se extrajeron manualmente las piezas sujetas con espárragos. A continuación, se bolaron las barandas y con la estructura a la vista, quedó de manifiesto que el puente estaba totalmente desnivelado. Para realizar la nivelación, se procedió a elaborar un levantamiento topográfico del nivel de las vigas transversales, las que servirían de apoyo al tablero. Este análisis arrojó desniveles no permisibles entre apoyos. Para corregir esta situación se nivelaron los apoyos con viguetas sobrepuestas a las existentes, con hormigón tipo grout (de alta resistencia). A éstas se insertaron pernos de anclaje, que servirían para instalar una solera de madera.

Esta solera, conformada por vigas de madera en sentido perpendicular a la dirección del puente, constituía la base sobre la que se instalaría el tablero de madera postensada. Los trabajos preliminares demoraron tres semanas.

Con la llegada de la madera estructural suministrada por la empresa CMPC Maderas s.a., comenzó el armado del primer patrón que serviría para guiar el resto de los tablonos. De 2" de espesor por 9" de ancho, cada tablón se impregnó con creosota de acuerdo a los estándares para este tipo de estructuras y perforado. Todas las tablas eran de 4 m de largo, salvo las del inicio y final del puente que variaban entre 50 cm, 1 m, 1,50 m y 2 metros.

Cada patrón estaba formado por cuatro tablas, las cuales se clavaban para mantenerlas en posición. Siguiendo esta línea se procedió a colocar secuencialmente toda la madera.

Con los tablonos dispuestos de canto en la dirección longitudinal del puente, se iban tensando en la dirección transversal por medio de barras de acero de alta resistencia, las que se introdujeron en la madera

por perforaciones hechas en planta. Para esta faena se utilizó acero AS TM A722, correspondiente a un material especial con hilo en toda su longitud. Para introducir el tensado, se empleó un sistema de anclaje ubicado en los laterales del tablero.

El tensado se ejecutó con un cilindro hidráulico hueco, que aplicaba tensión a la barra, tirándola desde su extremo. Entre el cilindro hidráulico y la placa de apoyo existe una silla metálica soldada, que facilita el paso de una llave inglesa para apretar la tuerca de anclaje a medida que se aplica la tensión y la fuerza en la barra se mantiene cuando la presión del cilindro hidráulico se libera.

A través de este sistema de postensado transversal, señalan los especialistas, el tablero actúa como una placa sólida de madera, cuya función estructural es repartir las cargas de las ruedas de los vehículos a los tablonos vecinos que no actúan directamente, colaborando a resistir parte de la carga.

Para que el puente de madera tensado opere correctamente, todas las barras deben ser tensadas en secuencia en reiteradas ocasiones hasta uniformar la fuerza, lo que se logra generalmente tensando la primera barra en un extremo del puente y sucesivamente el resto. El tensado de las barras en el puente Cautín, se realizó en tres fases, primero un 25% del nivel de tensado, posteriormente un 50% y finalmente se llegó al 100%.

Para proteger las barras de la corrosión, éstas fueron embutidas en tubos o vainas de plástico (PVC) y luego se rellenaron con grasa. Después de cuatro días, el tablero de madera de 97 m de largo por 4,50 m de ancho, ya estaba finalizado.

Dentro de las obras complementarias de la iniciativa se recubrió la madera con una lámina asfáltica. Posteriormente se procedió a la colocación del material asfáltico. Asimismo se aplicó un sistema antisísmico. Debajo del tablero se instalaron unos tacos de madera sólida, unidos a la solera con tirafondos. Éstos se colocaron por ambos lados de la solera con el objetivo de que el tablero no se deslizará horizontalmente (tanto en la dirección transversal como longitudinal). Esta última etapa demoró 5 semanas, completando la construcción total del tablero postensado en dos meses y medio.

Ventajas del sistema

Los buenos resultados del proyecto, según la opinión de los especialistas, reflejan que el sistema de madera postensada resulta una alternativa válida ante otras soluciones constructivas para puentes. Si comparamos un tablero de madera tensado con uno de madera tradicional de 97 m de largo y 3,6 m de ancho, podemos notar que el tensado tiene un costo de alrededor de \$ 57.000.000 versus el tradicional que cuesta \$ 32.000.000. Sin embargo, el tablero postensado está proyectado para que tenga una duración de 40 años, en cambio al tradicional hay que repararlo cada dos años, por lo que después de 40 años se ha gastado \$ 220.000.000.

Por otro lado, destaca Mario Giuliano, se trata de un montaje sencillo que no requiere mano de obra sumamente calificada. Sólo requiere una buena supervisión y especialización en la etapa de tensado. Además, se trata de un sistema constructivo rápido de ejecutar, demorando sólo 10 días aproximadamente, en el montaje del tablero, contra una losa de hormigón que lleva tres meses. ●

Fuente: Revista Bit