



— UNA OBRA DE GRANDES DIMENSIONES SE INSERTA EN EL PAISAJE COLOMBIANO. SE TRATA DE LA CENTRAL SOGAMOSO, CUYA CONSTRUCCIÓN DEMANDÓ DESAFÍOS LOGÍSTICOS, DE EXCAVACIÓN DE TÚNELES Y, POR SOBRE TODO, RETOS TÉCNICOS.

FICHA TÉCNICA

CENTRAL HIDROELÉCTRICA SOGAMOSO

UBICACIÓN: Departamento de Santander, Colombia

MANDANTE: Isagen

MONTAJE MECÁNICO, COMISIONAMIENTO

Y PUESTA EN MARCHA: Consalfa

CAPACIDAD: 820 MW

PERÍODO DE CONSTRUCCIÓN: 6 años

INICIO OPERACIÓN: Diciembre 2014

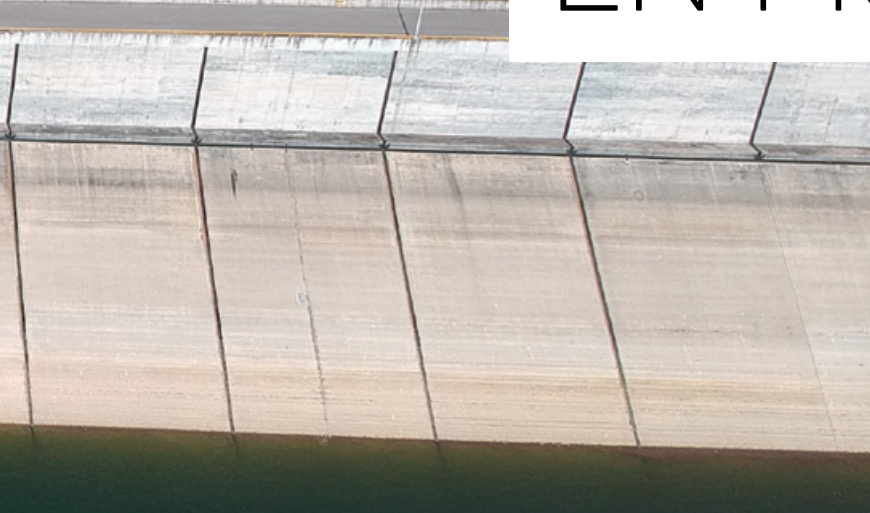
INVERSIÓN APROXIMADA: US\$ 1.395 millones (4,3 billones de pesos colombianos)

FOTOS GENTILEZA ISAGEN



CENTRAL HIDROELÉCTRICA SOGAMOSO EN COLOMBIA

ENERGÍA EN MOVIMIENTO



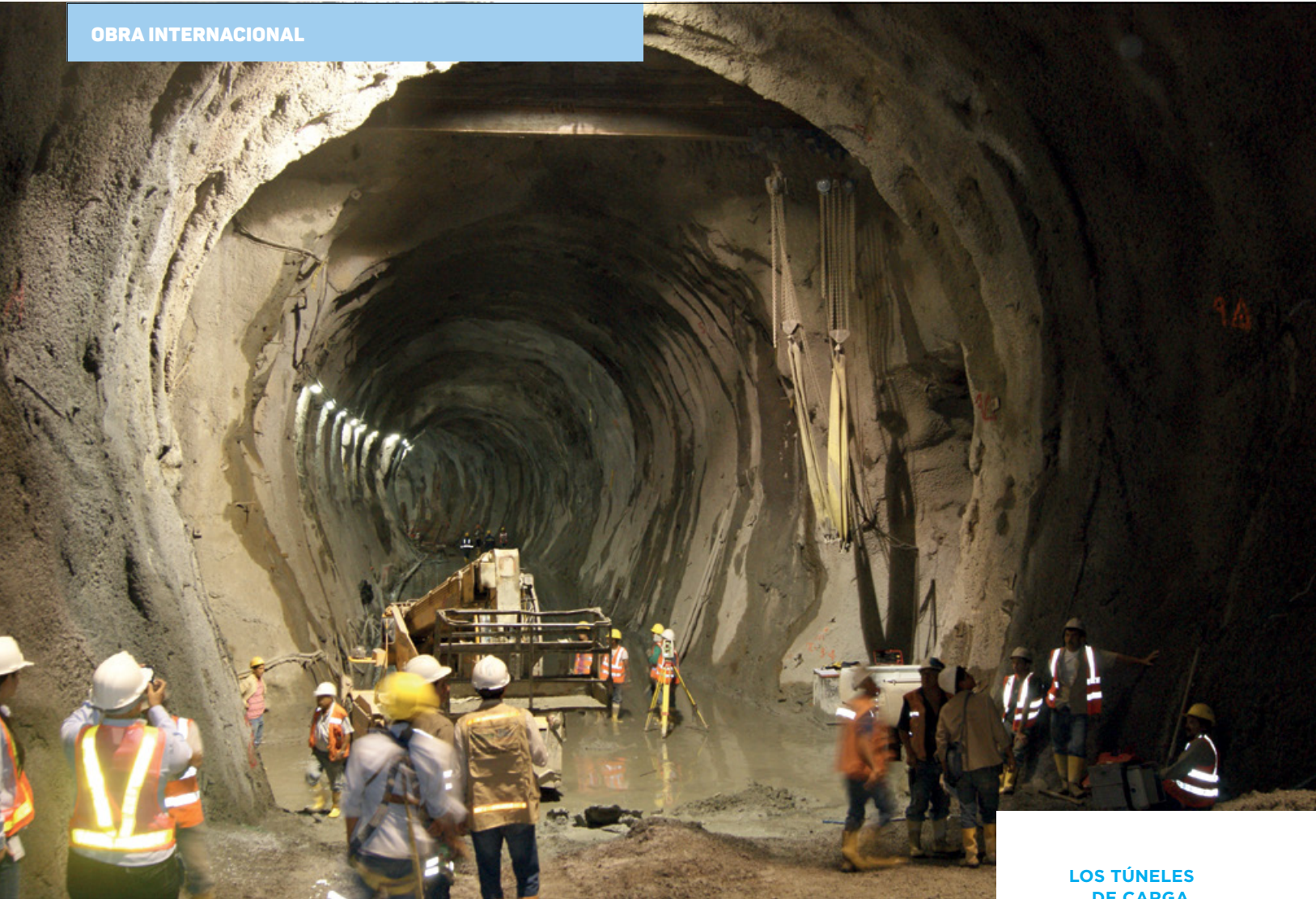
PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT



ERCA DE CUATRO AÑOS han pasado desde que la obra de ingeniería entró en operación. La Central Hidroeléctrica utiliza las aguas del río Sogamoso, en el departamento colombiano de Santander, para la generación de energía eléctrica. Para ello cuenta con una presa de enrocado con cara de hormigón (CFRD o Concrete Faced Rockfill Dam) de 190 m de altura y tres cavernas subterráneas (de máquinas, transformadores y oscilación), que albergan las tres unidades de generación tipo Francis más grandes del país, de acuerdo a lo que señala la empresa generadora Isagen, mandante del proyecto.

Con una capacidad instalada de 820 MW y una generación media anual de 5.056 GWh/año, es la cuarta hidroeléctrica con mayor capacidad instalada en Colombia, con un aporte cercano al 8,3% de la energía que se consume en el país anualmente.





OBRAS SUBTERRÁNEAS

Tras la bocatoma, el recorrido se inicia en las compuertas de conducción, ubicadas en la tubería que alimenta de agua a las turbinas. Dichas compuertas fueron fabricadas por secciones en Italia y luego ensambladas in situ, utilizando un puente grúa de 70 toneladas instalado en la cámara de compuertas. Estas compuertas tienen por objeto proteger la turbina cuando se presente un evento que requiera detener el paso de agua.

Los túneles de carga, junto con sus obras anexas, integran todo el sistema de conducción de las aguas del río Sogamoso hasta las turbinas de generación localizadas en la caverna de máquinas; en total, son tres túneles de carga para igual número de generadores.

Los túneles superiores de carga son los encargados de captar las aguas del río sobre la elevación de 250 msnm., y conducirlas hasta el sitio de generación en la caverna de máquinas. De sección transversal de excavación en herradura con paredes curvas de 9,80 m de diámetro, para conformar un área útil de 60,82 m², la longitud de estos túneles es de 134,80 m para el túnel 1; 149,90 m para el túnel 2 y 165 m para el túnel 3.

Los túneles superiores, en tanto, cuentan con un soporte primario de hormigón proyectado y revestidos con hormigón con-

venicional de 21 Mpa, para un espesor total de 0,50 metros.

Los pozos de carga, de sección circular de 9,90 m de diámetro, son los encargados de conducir el agua desde los túneles superiores hasta los túneles inferiores de carga. Tienen una longitud vertical total de 92,81 m, entre cotas 249,22 y 156,41. Cuentan con soporte primario de hormigón proyectado y revestidos con hormigón convencional reforzado de 21 Mpa, para un espesor total de 0,50 metros.

Los túneles inferiores de carga, fueron construidos con un revestimiento de hormigón convencional de 21 Mpa a lo largo de una parte de su alineamiento y un blindaje de acero en el tramo final a su llegada a la Caverna de Máquinas de radio 3,40 m, embebido en hormigón convencional de 21 Mpa.

LOS TÚNELES DE CARGA, JUNTO CON SUS OBRAS ANEXAS, INTEGRAN TODO EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE LAS AGUAS DEL RÍO SOGOMOSO HASTA LAS TURBINAS DE GENERACIÓN.

CAVERNAS

La caverna de máquinas fue diseñada con una sección tipo baúl, con una longitud de 142,10 m, un ancho de 24 m y una altura máxima de 48,99 metros.

La caverna de oscilación cuenta con un diseño en sección tipo baúl, con una longitud de 100 m, un ancho de 20 m y una altura de 43,10 m. Mientras que la caverna de transformadores fue diseñada con una sección tipo baúl, con una longitud de 113,80 m, un ancho de 14 m y una altura de 15,80 m. Cabe destacar que la cobertura de roca desde la excavación de la central hasta la superficie es de aproximadamente 125 metros.

El conjunto de cavernas de máquinas, caverna de transformadores y caverna de oscilación tiene el mayor volumen de excavación que se haya ejecutado en

Colombia (rocas sedimentarias de dureza media a baja), esto es de 209.757,27 m³. “La excavación de la totalidad de la central subterránea se llevó a cabo empleando el sistema convencional de perforación y voladura. La perforación se ejecutó con equipos jumbo (perforación horizontal) y equipo de trackdrill (perforación vertical - banqueo), cargue, voladura y deshumo, rezaga, desabombe e instalación de soporte”, prosiguen desde Isagen.

Finalizada la colocación del soporte y con el frente de excavación asegurado, se iniciaba un nuevo ciclo de excavación.

PRESA

La presa de la central Sogamoso se clasifica como una estructura de grandes proporciones; por su altura, “siendo una de las más altas del mundo en su tipo”, de acuerdo lo señalan en Isagen. Como elemento particular, esta presa cuenta con una atagüa construida en hormigón compactado con rodillo (CCR) sobre la que se cimentó el plinto inferior de la cara de hormigón. Tiene una altura de 190 m, una longitud de cresta de 340 m y un volumen de rellenos de aproximadamente 9 millones de metros



LA CAVERNA DE MÁQUINAS FUE DISEÑADA CON UNA SECCIÓN TIPO BAÚL, CON UNA LONGITUD DE 142,10 m, UN ANCHO DE 24 m Y UNA ALTURA MÁXIMA DE 48,99 METROS.

LOGÍSTICA DE EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS

El traslado de los transformadores fue una de las rutas críticas del proyecto. De acuerdo a Isagen, fueron los equipos más complejos de trasladar debido a su peso que era de 250 toneladas. Esto requirió de un estudio de transporte y del reforzamiento de los puentes en la vía Barranca-Brasil.

cúbicos. Su construcción inició en febrero de 2011 y finalizó en noviembre de 2014. El embalse Topocoro, formado por la presa, tiene un volumen de 4.800 millones de m³ y cubre 7 mil hectáreas al nivel máximo de operación a la elevación 320 msnm.

El sistema de desviación para el manejo del río durante la construcción de la presa, consistió de dos túneles de desvío excavados en la margen izquierda, una pre-atagüa del tipo enrocado con manto arcilloso hasta la cota 201 msnm y una atagüa en CCR con su cresta en la cota 170 msnm. "Además, se construyó una contratagüa al pie de lo que posteriormente sería el espaldón aguas abajo de la presa. La desviación del agua hacia los túneles y cierre del río se efectuó entre el 28 y el 29 de enero de 2011", comentan desde Isagen.

Los materiales de relleno de la presa se obtuvieron, en parte, de las excavaciones del vertedero y de un depósito aluvial del sitio llamado Hacienda La Flor, localizado entre 4 km y 6,5 km aguas abajo del sitio de presa. "La cara de hormigón está conformada por una serie de losas de hormigón re-

forzado de espesor variable, fundidas en el sitio sobre la superficie conformada por bordillos de hormigón extrudado, los que a su vez protegen la cara expuesta de los rellenos", señalan desde Isagen.

En la parte inferior, las losas de hormigón empujan con un plinto que se ancló a la atagüa en CCR por medio de barras de acero y en la parte superior con un muro parapeto de hormigón reforzado en la cresta de la presa.

El talud de la cara de hormigón es de 1.5 H: 1.0 V. La cara de hormigón se dividió en franjas monolíticas o losas principales, separadas por juntas verticales de dilatación. El ancho típico de cada una de las franjas es de 15,0 metros.

En los estribos y sobre la atagüa se construyó el plinto en hormigón conformado por 16 tramos, los cuales se cimentaron sobre roca o hormigón de reposición. Entre la cara de hormigón y el plinto se conformó una junta perimetral.

Con el objeto de asegurar la impermeabilidad de los estribos, desde el plinto y hacia el interior del macizo rocoso, se construyó una pantalla cortaflujo, mediante la excavación de galerías horizontales y verticales que se rellenaron con hormigón, con una longitud de 40 m de profundidad en el estribo izquierdo y 50 m en el estribo derecho y un área total de 19.657 m² hasta alcanzar la cota 322 msnm. Adicionalmente y para complementar el control de infiltraciones en la zona de contacto de la presa con los estribos, fue construida una cortina de inyecciones entre las cotas 170 msnm y 322 msnm.



La construcción de la estructura del canal del vertedero se construyó de abajo hacia arriba, iniciando por el deflector; siguiendo con el tramo de alta pendiente, que incluye dos aireadores; la curva convexa, el tramo de baja pendiente y la estructura de control.

PANTALLA DE HORMIGÓN

Para la construcción de la pantalla de hormigón y la cortina de inyecciones, se construyeron varias galerías de acceso sobre ambos estribos, con una longitud aproximada de 749 metros. “Igualmente fue necesaria la construcción de galerías inclinadas de inyección con una longitud aproximada de 510 m y de galerías de drenaje sobre ambos estribos con una longitud aproximada de 1.102 m. Las inyecciones fueron realizadas con lechada de cemento a todo lo largo del perímetro de las losas de hormigón en el pie de la presa y desde los extremos interiores de la pantalla cortaflujo a lo largo de las galerías inclinadas”, detallan desde la empresa.

La cortina construida a lo largo de las galerías inclinadas por encima de la elevación 170 msnm, estuvo compuesta por dos filas de huecos con una longitud de 40 m; y la cortina semi vertical a la elevación 170 msnm se conformó por tres filas de inyecciones con perforaciones desde la superficie del plinto localizado sobre la ataguía, con

profundidades de 60 metros y 120 metros.

Los rellenos de la presa se clasificaron de acuerdo con su función dentro de la zonificación de la misma, las condiciones de compactación de estos rellenos se determinaron mediante terraplenes de prueba y la calidad de los materiales se controló mediante ensayos tanto en el sitio de la fuente como en el de su disposición final después de compactación.

La protección del espaldón de aguas debajo de la presa se conformó con una capa de enrocado de 2 m de espesor (riprap), constituido por bloques de roca de tamaños superiores a 60 centímetros.

Finalmente, la construcción de la estructura del canal del vertedero se ejecutó de abajo hacia arriba iniciando por el deflector (agosto de 2011 a febrero del 2012), siguiendo con el tramo de alta pendiente, que incluye dos aireadores (mayo 2011 a junio de 2012), la curva convexa, el tramo de baja pendiente (enero 2013 a agosto 2014) y la estructura de control (junio 2012 a diciembre 2014).

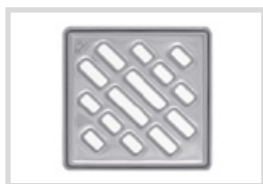
El vertedero está ubicado en el estribo izquierdo de la presa, es del tipo canal abierto controlado con compuertas, tiene como finalidad evacuar los excesos de agua cuando se supere la capacidad de almacenamiento del embalse (cota 320 msnm), está diseñado para evacuar la creciente máxima probable del río Sogamoso. Energía colombiana en movimiento. ■



*Formas lineales sencillas y elegantes.
Fácil instalación, perfecto acabado y máxima fiabilidad.*

Sumideros Premium

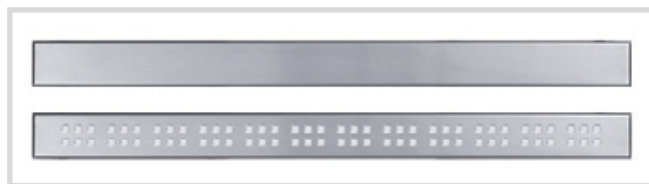
CAMALEON



LINNUM TRIANGULAR



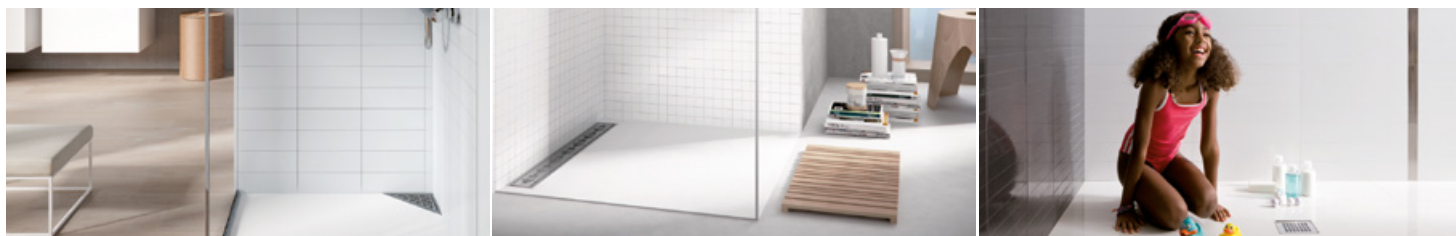
LINNUM RECTANGULAR



Caudal: Hasta 0.8 l/s, conforme a la norma EN 274.

Diseño: Diseño estilizado, mayor facilidad para realizar pendientes de la ducha. Perfecto acabado y funcionamiento.

Aplicación: Para plato de ducha en obra tanto en el hogar (salas de baño) como para camarines, spa y gimnasios.



Innovaciones Sustentables con Sello Holandés

Sin duda uno de los conceptos más de moda en la actualidad es la Sustentabilidad. Lo escuchamos mencionar relacionado con alimentos, transporte, edificios, y en muchos otros productos o servicios que quieren mostrar responsabilidad con el medio ambiente y conciencia por el futuro.

‘Sustentabilidad’, debe verse como el objetivo de la humanidad referente al equilibrio del ecosistema-humano, mientras que ‘desarrollo sustentable’ se refiere al enfoque holístico y los procesos temporales que nos llevan al punto final de la sustentabilidad. En 2005, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Social identificó tres objetivos de desarrollo sustentable, conocidos como los tres pilares de la sustentabilidad: el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medioambiente.

Strukton, empresa constructora comprometida con la sustentabilidad, ofrece soluciones competitivas e innovadoras a los problemas que enfrentan sus clientes. Este compromiso se ve reflejado en sus políticas de Responsabilidad Social Empresarial (RSE), teniendo “Pensar juntos en términos de vida operacional”, como el centro de su política, con las personas, el planeta y la rentabilidad como sus pilares. El primer pilar, “Personas”, trata sobre la empleabilidad sustentable, el bienestar, alentando a sus empleados a desarrollar sus habilidades, competencias y destrezas comerciales, incluyendo también a subcontratistas y proveedores. Es un compromiso explícito a formar parte de la sociedad, involucrando a los residentes en los proyectos, invirtiendo en la formación de estudiantes y ofreciendo trabajo a las personas con acceso restringido al mercado laboral.

El segundo pilar, “Planeta”, está relacionado tanto con limitar sus propias emisiones y desperdicios, como las de sus clientes. Por ejemplo, en la forma de extender la vida operativa de productos y servicios que ahorran energía. Strukton busca formas de reducir sus emisiones de CO₂.

Para el tercer pilar, “Rentabilidad”, Strukton trabaja continuamente en nuevos modelos de negocios y estructuras de financiamiento para asegurar la rentabilidad de sus innovaciones. Éstas deben proporcionar una alternativa sustentable y a su vez recuperar su inversión.

Strukton tiene muchos desafíos relacionados con estos tres pilares, los cuales enfrenta a través de la innovación y la cooperación en las áreas de su especialización. Es así como muchos de los productos y proyectos de Strukton contribuyen directamente a la sustentabilidad desde un comienzo. Strukton desarrolla productos ferroviarios que aseguran reducir sustancialmente las emisiones de CO₂ por movilidad. El enfoque de ciclo de vida para los proyectos de edificación genera ahorros de energía y edificios sustentables. Strukton también utiliza la filosofía del ciclo de vida en sus Proyectos Públicos-Privados. Los proyectos civiles contribuyen con instalaciones de energía descentralizadas y mediante la reutilización óptima de



residuos, áridos y materiales secundarios.

Algunos ejemplos de productos y servicios desarrollados son: reciclaje de 100% de asfalto y hormigón; software de monitoreo para edificios sustentables (Pulse); consultoría para reducción de energía; entre otros. A continuación se describen en detalle algunos de ellos.

► **DMI Dust Control 150:**

Control de adhesión de polvo en grava, hormigón de vía y paredes de túneles para proyectos de metro y trenes interurbanos. Producto compatible con el medio ambiente.

► **Verdygo:**

Plantas de tratamiento de aguas residuales, modulares y sustentables. Módulos estándares, escalables, transportables, plug&play, tecnología probada, reutilizables. Reduce el consumo de energía y los materiales requeridos. Se puede utilizar cualquier tecnología de tratamiento seleccionada, adaptada a las necesidades específicas del cliente, con ajuste rápido y económico.

► **Eco Silence Wall:**

Barrera de sonido o panel acústico de concreto con pasto elefante o miscanthus. El pasto elefante absorbe 5 veces más de CO₂ que la fibra de madera. La mezcla resulta en un hormigón liviano (65% del peso normal), 100% reciclable, clasificación de sonido A4 de acuerdo a NEN-EN 14388.

► **Solaroad:**

Vía que convierte la luz solar en electricidad. La red vial funciona como una fuente inagotable de energía verde y sustentable. La electricidad generada puede ser usada para alumbrado público, señales de control de tráfico, hogares, bicicletas y otros vehículos eléctricos.



Strukton
International

Compañía holandesa del sector de la construcción, enfocada en trabajos ferroviarios, infraestructura vial, tecnología y edificación.

El mantenimiento y la gestión, utilizando tecnología de punta, dominio del conocimiento y el trabajo especializado, son la base de la empresa.

Con más de 95 años en el rubro, presente en Australia, Bélgica, Chile, Dinamarca, Holanda, Italia, Medio Oriente, Suecia y Estados Unidos.

www.strukton.com
+562 2348 4051
francisco.escudero@strukton.com

Soluciones Sto

Aislación térmica, impermeabilización y hermeticidad para construcción en madera

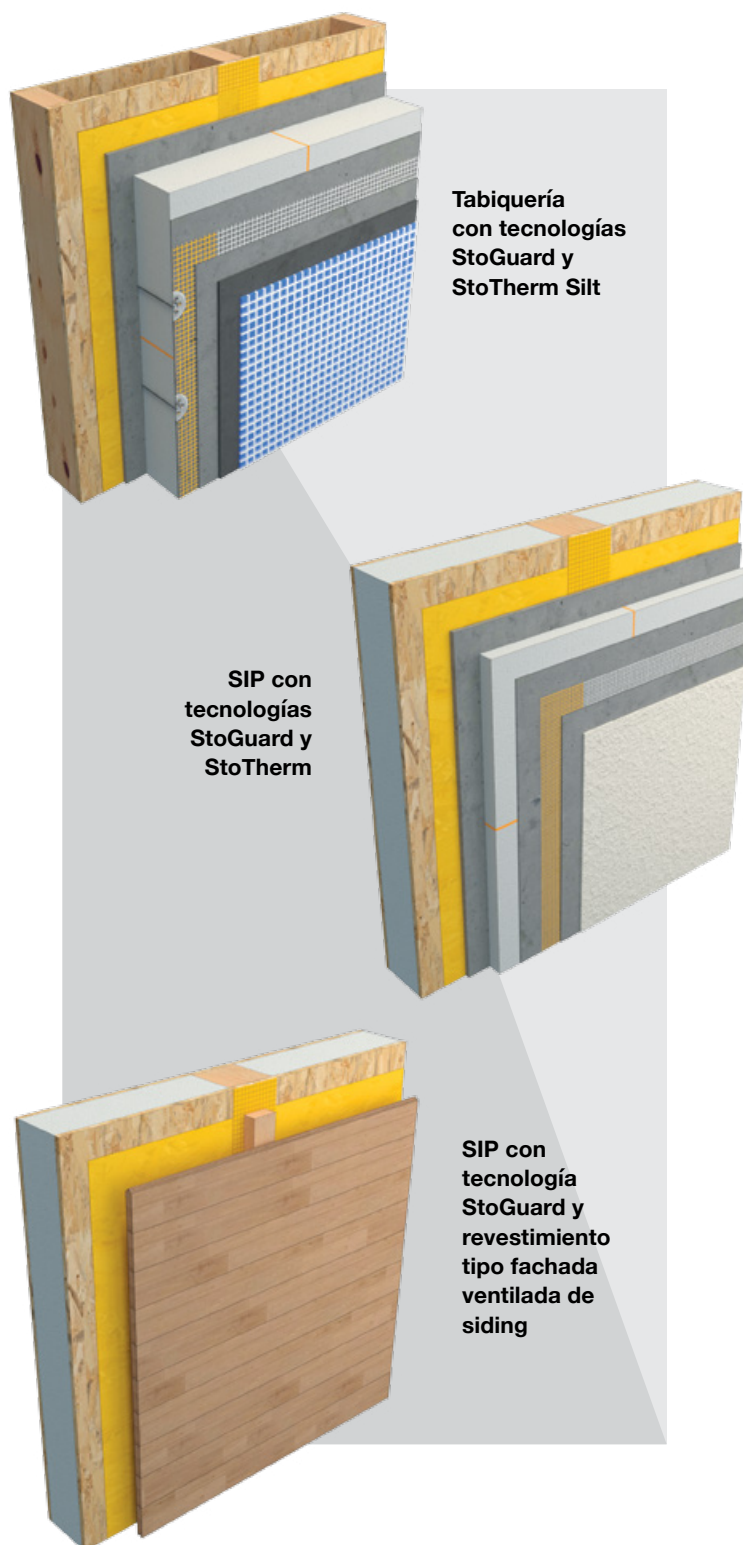
La madera es un excelente material. Sus propiedades de resistencia tanto a la compresión, la flexión y su módulo dinámico –sumado al hecho que tiene una huella positiva de carbono– lo convierten en un excelente elemento para dar solución a la estructura y cerramiento de proyectos de arquitectura.

Más aún, contando Chile con tanta riqueza de dicho material, cruzado con las políticas públicas derivadas del Plan de Descontaminación Atmosférica o la Reglamentación Térmica, las bases están echadas para el desarrollo de otras formas de trabajar con la madera: planchas aislantes de lana de madera.

Paralelamente a lo positivo de la madera, que absorbe dióxido de carbono en todo el proceso de crecimiento del árbol, no debemos olvidar que la reforestación planeada, elección de especies arbóreas sin daños colaterales y huella de carbono derivada del transporte y producción, son elementos que también deben ser computados para poder decir “éste material es sustentable”.

Entendiendo que el retorno medioambiental de usar cualquier material aislante se encuentra alrededor de los 0,6 y 0,8 años y que la verdadera huella de carbono de cualquier proyecto se define por el consumo energético durante su vida útil –y no en la producción de sus materiales o en la ejecución de la obra– podemos ver aquí representados los distintos niveles de soluciones que brinda Sto para alternativas constructivas que adoptan la madera.

Entendiendo que la madera tiene una gran debilidad que es la intrusión de agua, podemos ver en las soluciones Sto para la envolvente la constante presencia de la tecnología hermética e hidrófuga StoGuard.





VITRAHAUS

Herzog & de Meuron Architects

Prismas tubulares, yuxtapuestos, con una expresión monocromática y monolítica en su fachada. El reconocido estudio optó por las soluciones **StoTherm** para la resolución energético-estética de su envoltente.

Alta eficiencia energética
Muros o losas ventiladas
Enorme libertad de diseño

StoTherm EIFS



MAXXI MUSEUM

Zaha Hadid Architects

El hormigón armado, tan versátil elemento para la materialización de obras, genera en los interiores un tiempo de reverberancia indeseado. "Eco".

La renombrada Arquitecta optó por las soluciones **StoSilent** para poder brindar una experiencia acústica de calidad a los que visiten el Museo MAXXI en Roma.

100% de absorción sonora
Techos o muros
Sin juntas

StoSilent
Direct