

## AMS DEL EDIFICIO DE LA CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN

# PROTECCIÓN SÍSMICA A LA ALTURA

ALEJANDRO PAVEZ V.  
PERIODISTA REVISTA BIT

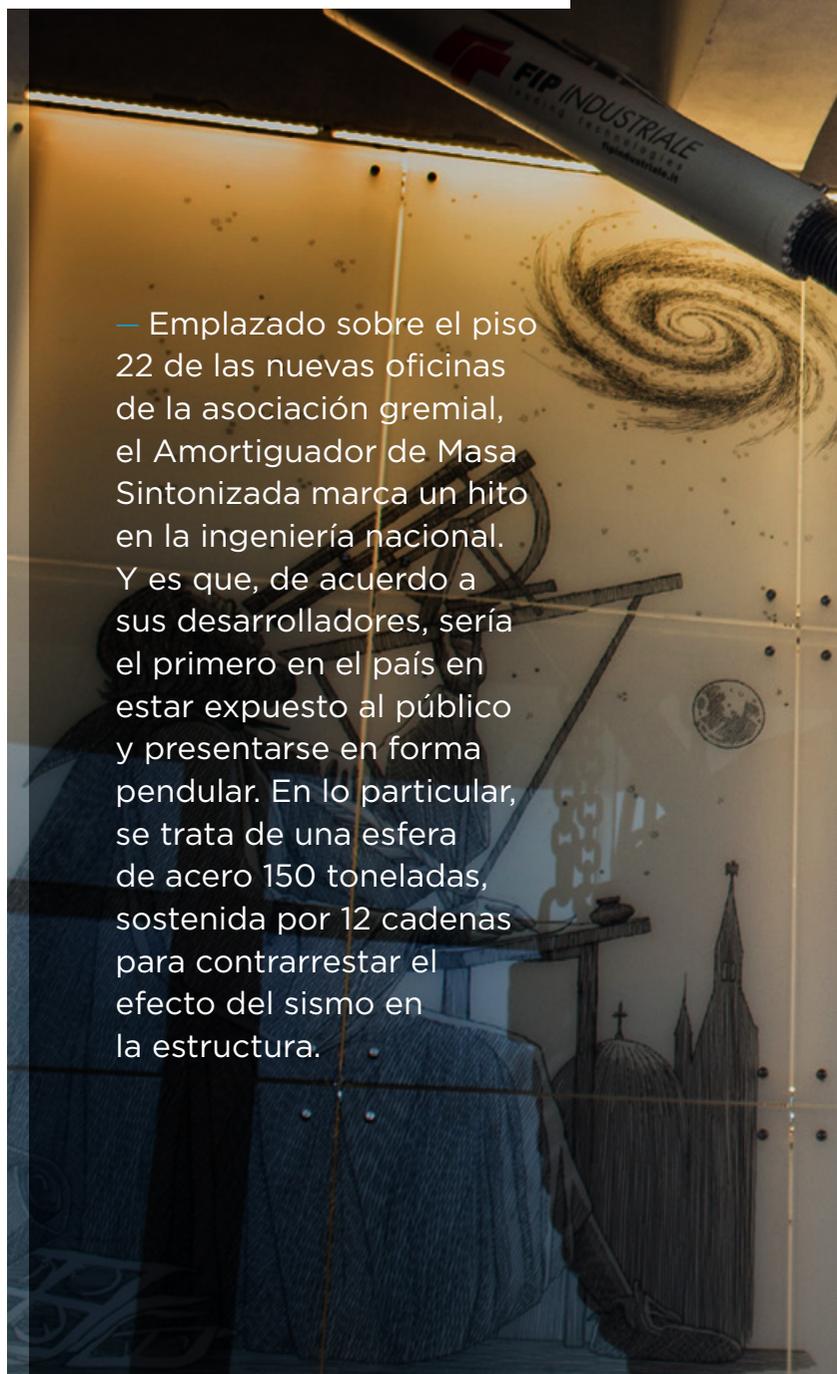
**E**RA UN ANHELO que venía dando vuelta desde hace mucho tiempo en el gremio y finalmente se concretó. El nuevo edificio corporativo de la Cámara Chilena de la Construcción, CChC, dio a luz y hoy se presenta como uno de los principales hitos arquitectónicos y tecnológicos del sector

oriente de Santiago.

Ubicada en la punta de diamante que forman Av. Las Condes y Av. Apoquindo, esta obra diseñada por el destacado arquitecto Borja Huidobro y la oficina de Arquitectos A4, luce sus 82, 5 metros de altura, que se traducen en 22 niveles sobre nivel de calle, más un piso mecánico de doble altura. Junto con ello, cuenta con 9 niveles subterráneos, con una profundidad de 28 metros. En total, son 50.149 m<sup>2</sup> construidos, con un espacio útil de 24.144 metros cuadrados. Todo, en una superficie de terreno de 3.790 metros cuadrados.

De acuerdo a lo que indicó Borja Huidobro en ediciones anteriores de Revista BIT, la inspiración para desarrollar el diseño de este edificio nació a partir del concepto que proyecta el gremio. Dicho en sus palabras, surgió a partir del fluido dinámico de ideas y fuente de energía, similar a la formación de una galaxia, un ojo de huracán y el Océano Atlántico. "Lo que en física cuántica se conoce como formación elíptica espiral, dio origen a la forma de las plantas y el volumen del edificio", comentó en dicha oportunidad.

— Emplazado sobre el piso 22 de las nuevas oficinas de la asociación gremial, el Amortiguador de Masa Sintonizada marca un hito en la ingeniería nacional. Y es que, de acuerdo a sus desarrolladores, sería el primero en el país en estar expuesto al público y presentarse en forma pendular. En lo particular, se trata de una esfera de acero 150 toneladas, sostenida por 12 cadenas para contrarrestar el efecto del sismo en la estructura.



## FICHA TÉCNICA

AMORTIGUADOR DE MASA SINTONIZADA EDIFICIO CCHC

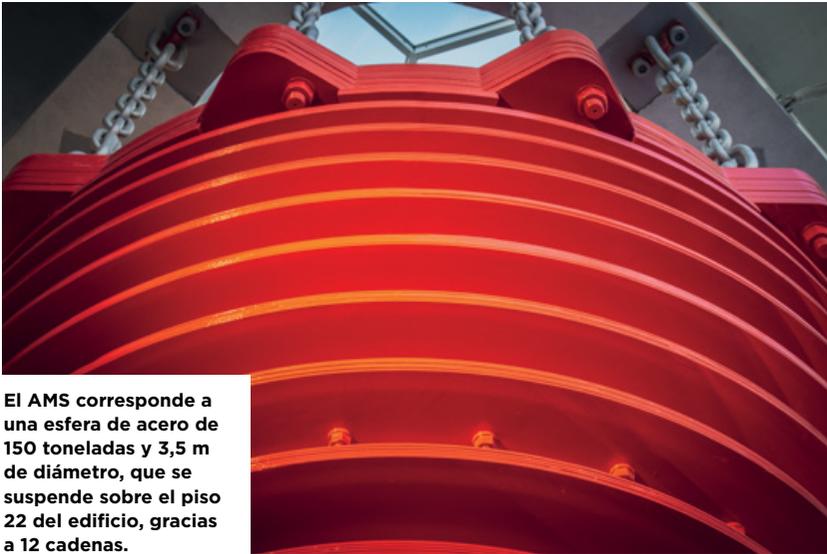
Diseño: A4 Arquitectos

Implementación: Constructora Nahmias, Inmobiliaria FFV

Cálculo: VMB Ingeniería Estructural

Fabricación: Metalúrgica Arrigoni



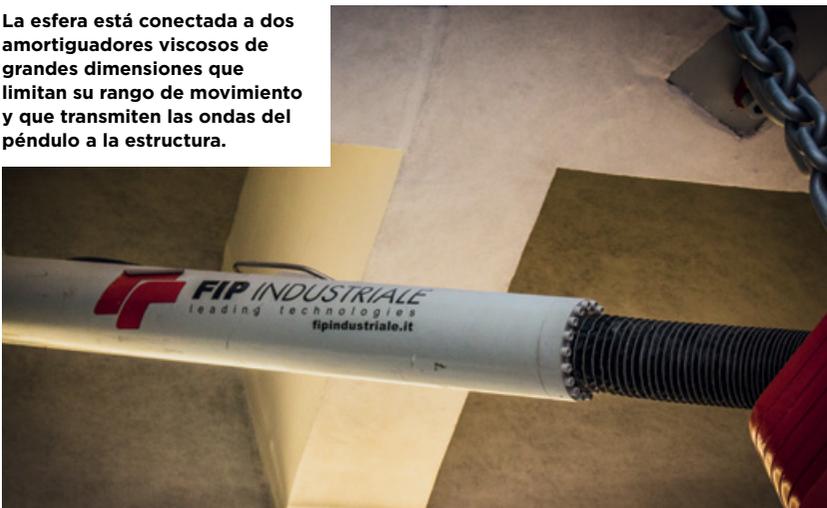


El AMS corresponde a una esfera de acero de 150 toneladas y 3,5 m de diámetro, que se suspende sobre el piso 22 del edificio, gracias a 12 cadenas.



Las doce cadenas que sostienen la esfera del AMS, tienen una longitud de 1,80 metros.

La esfera está conectada a dos amortiguadores viscosos de grandes dimensiones que limitan su rango de movimiento y que transmiten las ondas del péndulo a la estructura.



En este caso, continuó el arquitecto, “en la intersección de las avenidas Apoquindo y Las Condes, existe un fluido de tránsito principal que se divide en dos y a su vez –en sentido contrario– se transforman en uno, aflora un espacio significanto, donde se encuentran las dos dinámicas, la del edificio de la CChC y la de la ciudad. Un espacio que genera, a fortiori, una forma arquitectónica emblemática. Los componentes que reflejan esta dinámica son: la planta y la fachada”, indicó.

De acuerdo a lo anterior, la fachada principal “simbolizaría el principio del fotón, una partícula corpuscular y ondulatoria que interactúa con la materia para transferir cierta cantidad de energía, donde contribuye simbólica y concretamente a la condición de sustentabilidad”, comentó.

Por su parte, en términos estructurales, se trata de una estructura flexible, ejecutada sobre la base de marcos perimetrales (vigas y columnas) de hormigón armado, que cumplen la doble función de contener el suelo y de transmisión de corte sísmico. Posee fundaciones continuas bajo los muros y zapatas aisladas bajo pilares. En el núcleo, se desarrolló una losa de fundaciones de 2 m a 30 m de profundidad.

### PROTECCIÓN SÍSMICA

Más allá de las características técnicas y sostenibles del edificio (está en proceso de Certificación LEED® y Certificación Edificio Sustentable, CES), este mega proyecto de la Cámara Chilena de la Construcción, destaca por otro punto particular. Sobre el piso 22 de su estructura, se suspende una imponente esfera roja que da cuenta de la ingeniería y tecnología aplicada en esta construcción.

Se trata de un Amortiguador de Masa Sintonizada, AMS, sistema de protección sísmica que busca contrarrestar los efectos del sismo en el edificio. ¿Cómo opera y qué es? De acuerdo al Documento Técnico N°29 “Protección Sísmica de Estructuras”, editado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, esta tecnología se enmarca en la categoría de dispositivos de disipación sísmica activados por movimiento que, generalmente, se montan en la parte superior de las estructuras y son activados por las



fuerzas inerciales transmitidas por éstas. En estricto rigor, indica el documento, un AMS corresponde a un “sistema constituido por una masa, elementos restituitivos y mecanismos de disipación de energía. Este tipo de dispositivo utiliza el acoplamiento entre las frecuencias naturales de vibración de la estructura y un oscilador simple para reducir la respuesta dinámica de la estructura. Los osciladores resonantes son generalmente utilizados en edificios de gran altura para reducir las vibraciones inducidas por el viento; sin embargo, también existen aplicaciones para mejorar el comportamiento de estructuras ante eventos sísmicos”.

¿Cuáles son sus beneficios? De acuerdo al documento técnico de la CDT, “la gran ventaja de este tipo de dispositivo es que se pueden instalar a nivel de techo de las estructuras, minimizando el impacto en la arquitectura. No obstante, su respuesta depende del grado de sintonización con la estructura durante el sismo”. Razón por la cual, el diseño del AMS debe incorporar un mecanismo de ajuste de sus propiedades dinámicas.

### SOLUCIÓN ESCOGIDA

La solución aplicada en el edificio de la CChC, fue desarrollada por VMB Ingeniería Estructural y nació como sugerencia del equipo de trabajo que ejecutó el edificio, particularmente, del

gerente de proyectos de Constructora Nahmias. “Nació como una idea de todo el equipo de trabajo del edificio: el arquitecto, el constructor, el inmobiliario y nosotros como ingenieros estructurales. Se le presentó la idea al mandante de incorporar un sistema de protección sísmica al edificio, que fuese estéticamente presentable”, comenta Leopoldo Breschi, socio y presidente del Directorio de VMB.

La inspiración de esta alternativa surgió de la experiencia del Edificio Taipei 101 en Taiwán, uno de los rascacielos más altos del mundo, que posee un sistema similar, expuesto al público e ideado para contrarrestar los efectos del viento en la estructura.

Esta sería la segunda experiencia en Chile respecto de esta solución (la otra, también desarrollada por VMB, está en el Edificio Parque Araucano); sin embargo, es la primera a la que se le ha incorporado arquitectura para

**KELLER**  
keller.com

A UNA CIUDAD SEGUIR LEJOS POR LA BUENA TIENE UNO DE LOS GRANDES

UNA CIUDAD EN LA QUE SEGURO HAY UN BUEN COMIDA Y UN GRAN

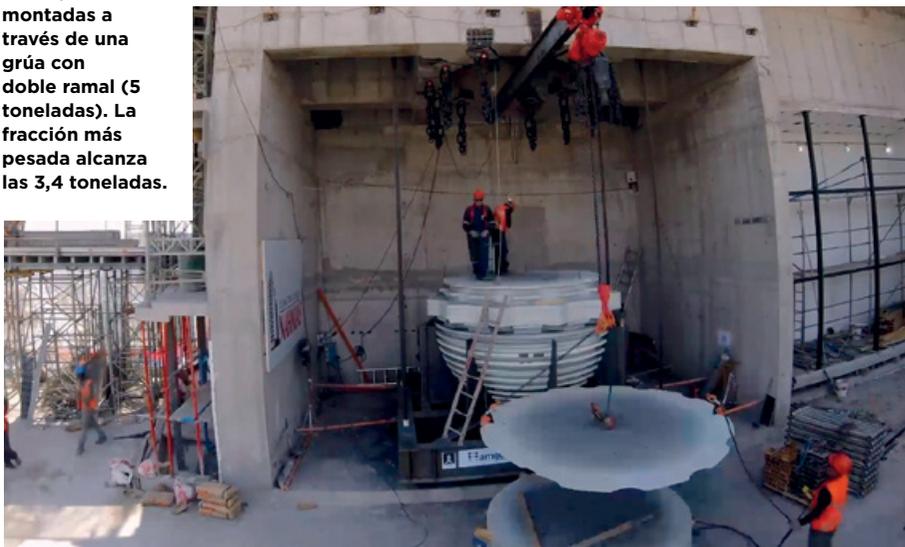
**KELLER**

Micropilotes en gálibo reducido / Refuerzo estructural (CHILE)

## HITO TECNOLÓGICO



Cada una de las piezas de la esfera, fueron montadas a través de una grúa con doble ramal (5 toneladas). La fracción más pesada alcanza las 3,4 toneladas.



transformarla en un verdadero hito de la ciudad. “Se ejecutó un péndulo muy estético, con mucha arquitectura. Los AMS que aplicamos en el Edificio Parque Araucano, son un diseño de ingeniería, no aplicamos mucha estética para desarrollarlos. En del edificio de la CChC, se generó una sala especial para esto y fue una buenísima decisión. Es un gesto que permite resaltar la tecnología. Se le incorpora museología y creemos que va a ser un hito para la ingeniería y para la construcción en general”, explica Breschi.

En términos prácticos, se trata de una esfera de acero de 150 toneladas y 3,5 m de diámetro, que se suspende sobre el piso 22 del edificio, gracias a 12 cadenas. Además, está conectado a dos amortiguadores viscosos de grandes dimensiones que limitan su rango de movimiento y que transmiten las ondas del péndulo a la estructura.

¿Por qué optar por esta alternativa? Leopoldo Breschi explica que “cuando se toma la decisión de qué sistema usar para controlar o contrarrestar el sismo, se debe analizar qué estructura se tiene al frente. Si es muy rígida, se deben aplicar elementos que la flexibilicen y así disminuir la demanda sobre ella. Por otro lado, cuando tengo una estructura que es naturalmente flexible, como un edificio, no tiene sentido ponerle elementos que lo flexibilicen más. Lo que importa acá, es tratar de minimizar el efecto que esa flexibilidad tiene en los habitantes del edificio. Es decir, trato que el movimiento sea menos intenso, disminuir las aceleraciones que se puedan producir, junto con los desplazamientos que se puedan generar en la estructura. En definitiva, disminuir el tiempo en que está vibrando”.

En este caso particular, existen elementos que permitirían controlar dicha flexibilidad. Entre ellos están los disipadores sísmicos que pueden ser mecánicos o viscosos (que tiene aceite), que atacan un efecto específico dentro del movimiento. Estos sistemas pasivos de disipación de energía pueden ser clasificados en cuatro categorías, según sean estos activados por: desplazamientos, velocidades, por una combinación de desplazamientos y velocidades, o por movimiento (fuerzas inerciales).

En el caso del edificio de la CChC, se



**LA ESFERA ESTÁ FORMADA POR 247 LÁMINAS DE ACERO DE DISTINTOS DIÁMETROS Y ESPESORES.**

optó por “un elemento mecánico que modifique el movimiento de la estructura, su dinámica. Hay un concepto que en física es muy potente, que plantea que uno puede minimizar la energía necesaria para activar un mecanismo. Por ejemplo, cuando uno empuja un péndulo a la misma frecuencia de oscilación de este, lo puedo mover en forma relativamente fácil y cada vez más aprovechando la inercia natural de la masa de dicho péndulo, lo anterior justamente sintonizando dicho empuje, como se dijo previamente, con la frecuencia natural de oscilación del péndulo. Ese fenómeno se llama resonancia. Es decir, que se requiere poca fuerza para mover un elemento. Los ingenieros mecánicos se dieron cuenta de esto hace muchos años y los estructurales lo comenzamos a aplicar en construcción. Necesito una fuerza pequeña, para activar algo y esa fuerza pequeña, me puede servir para desactivar algo. La sintonizo”, comenta el ingeniero y socio de VMB Ingeniería Estructural.

## **PÉNDULO**

Fue el físico y astrónomo italiano Galileo Galilei quien conceptualizó, en el siglo XVI, el principio del péndulo simple que, en términos concretos, indica que el periodo de la oscilación de un péndulo de una longitud dada, puede considerarse independiente de su masa y es siempre igual; es decir, este periodo se mantiene constante independiente de la distancia máxima que se aleja el péndulo de la posición de equilibrio. Dicho de otro modo, el periodo de oscilación de un péndulo depende solo de la longitud del hilo, independiente de la masa y su valor es siempre constante.

Llevado a la ingeniería estructural, este principio es exactamente el mismo que regiría en un Amortiguador de Masa Sintonizada. “Las estructuras tienen distintas formas de vibrar (modos) todas ellas definidas por sus respectivos periodos de oscilación. En el caso del edificio de la CChC, estamos hablando del orden de tres segundos para el modo principal de oscilación, lo que significa que si uno toma el edificio y lo suelta, va y viene en tres segundos. Ese sería su periodo principal. Entonces, ponemos un elemento que se sintonice con esto. La estructura tarda tres segundos en ir y volver y pongo

un elemento que genera una fuerza de restitución, que cuando la estructura se desplace hacia un lado, este elemento aplique una fuerza contraria”, grafica Leopoldo Breschi.

Y sería aquí donde se aplica el concepto del péndulo y es que, según explica el ingeniero, bastaría que una masa cuelgue de un lugar estratégico de la estructura y tenga un periodo igual al del edificio o que sintonice con este (de ahí que sea una masa sintonizada), para generar una fuerza capaz de controlar o contrarrestar el movimiento. “Es un concepto muy simple que los físicos lo vieron en el tiempo de Galileo, que se estudió y llegó a una fórmula sencilla que aplica a esto a la perfección”, comenta Breschi. De este modo, para alcanzar la longitud necesaria para que la masa sintonizara perfectamente con el periodo del edificio, las doce cadenas que sostienen la esfera del AMS, tienen una longitud de 1,80 metros. De esta forma, esta solución disminuiría entre un 25 y 30% el efecto de un movimiento sísmico en el edificio.

Para poder sintonizar el movimiento del edificio con el del péndulo, la empresa de ingeniería desarrolló una serie de modelos matemáticos que entregaron el resultado final. Para llegar a este, hubo que incorporar una serie de variables que se relacionan con la sintonía misma. “Hacemos un modelo matemático del edificio, que nos dice que el edificio vibra a este periodo. Conociendo eso, definimos el péndulo”, explica el socio de VMB. Las diversas variables que se presentan en

## ESPACIO CDT

**EL AMORTIGUADOR** de Masa Sintonizada (AMS) también corona el recientemente inaugurado Espacio CDT. Emplazado en el piso 22 del nuevo edificio de la Cámara Chilena de la Construcción, este lugar se presenta como la alternativa ideal para la realización de capacitaciones, charlas, desayunos y almuerzos tecnológicos, encuentros de camaradería, workshops y diversas actividades propias de la industria de la construcción.

En sus más de 600 metros cuadrados de recepción y espacios comunes, se conjugan salas multipropósito especialmente equipadas para la formación integral de los profesionales del sector. A través de este, se accede a una amplia terraza para actividades de esparcimiento y difusión tecnológica que es coronada con el AMS. Un lugar donde la transferencia tecnológica es el centro del desarrollo de la industria.

CONOCE EL ESPACIO CDT



una estructura, generan una cierta incertidumbre respecto del periodo real, esto se soluciona incorporando amortiguadores viscosos. “Estos amortiguadores viscosos lo que en el fondo hacen, pese a que le quitan un poco de efectividad al movimiento pendular, agrandan el rango de frecuencia que controla, así generan disipación de energía a través de calor. En otras palabras disipan y amplían el rango de sintonía. Tienen una capacidad de desplazamiento alta”, explica Breschi.

Si bien, el peso no es un factor relevante, de acuerdo al principio antes revisado, la esfera del AMS representa un 0,5% de la masa total de la estructura (150 toneladas). Está fabricada en acero, puesto que el peso de este material sería 3,3 veces mayor que el del hormigón, permitiendo la ejecución de un péndulo de menor volumen, con el mismo efecto.

Su montaje fue un reto de ingeniería. Para facilitar la logística de instalación, la esfera se armó como una torta de milhojas, por capas. Está formada por 247 láminas de distintos diámetros y espesores. Estas fueron llevadas paulatinamente al lugar de la obra y montadas a través de una grúa con doble ramal (5 toneladas), para poder alzar cada una de las piezas (la más pesada alcanza las 3,4 toneladas).

### HUELLA SÍSMICA

Otro de los principios fundamentales que legó Galileo fue el método científico, es decir validar a través de la medición, razón por la cual el comportamiento del nuevo edificio de la Cámara Chilena de la Construcción será monitoreado a través de siete acelerógrafos ubicados en posiciones estratégicas de la estructura, que miden en tiempo real su comportamiento. Esto permitirá al sector y a la academia, contar con información directa y específica en caso de un sismo. De este modo, se podrá medir la huella sísmica de la estructura y conocer su estado con el paso del tiempo.

El Amortiguador de Masa Sintonizada se emplaza en una “Sala Sísmica” que busca ser un centro de estudio y conocimiento de las tecnologías de protección sísmica en el país. Allí se podrá observar las mediciones en tiempo real, así como una serie de informaciones didácticas respecto de las tecnologías disponibles en temas sísmicos.

Junto con ello, se elaboró un mural que recuerda el aporte de Galileo Galilei. Este mural, obra del arquitecto de A4, Sebastian di



**En nuevo edificio de la CChC se ubica en la punta de diamante de Av. Las Condes y Av. Apoquindo tiene 82, 5 metros de altura, que se traducen en 22 niveles sobre nivel de calle, más un piso mecánico de doble altura y nueve niveles subterráneos.**

Girolamo, evocará el legado del italiano a la astronomía, ciencia fuertemente ligada a Chile y a la arquitectura del edificio. Como comentó en ediciones anteriores Borja Huidobro, “al amortiguador se le quiere presentar como una obra de arte, puesto que detrás de él, se realizará una pintura sobre la formulación de este sistema sísmico, es decir en ella aparecerá el inventor de la fórmula del péndulo, Galileo y sus distintas ecuaciones, máquinas y ondas que se producen en el colgante (...) Todo esto nace de una arquitectura cultivada, la que viene desde un fundamento, una serie de estudios para llegar al diseño arquitectura final”. ■



**VMB**

Ingeniería Estructural

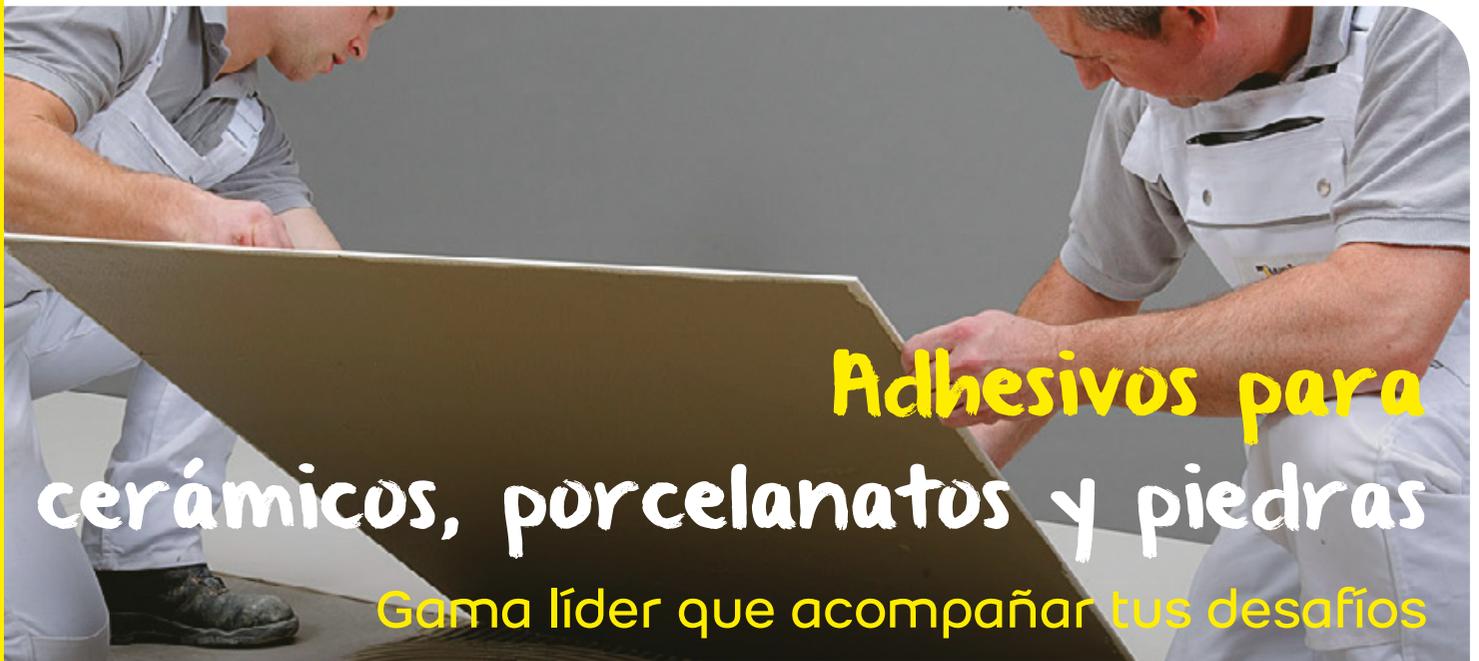
**INGENIERÍA  
INNOVACIÓN  
SEGURIDAD**

**68 años contribuyendo a la  
construcción y el desarrollo de Chile**

Ingeniería estructural y Protección sísmica  
para proyectos inmobiliarios  
y de infraestructura

[www.vmb.cl](http://www.vmb.cl)

Av. Presidente Riesco 5335, of 407, Las Condes, Santiago de Chile  
Teléfono: +56 (2) 2433 7000 Fax: +56 (2) 2433 7001



# Adhesivos para cerámicos, porcelanatos y piedras

Gama líder que acompañar tus desafíos



Destacamos adhesivos especiales  
para placas grandes



La tendencia ha cambiado, al igual que los porcelanatos.  
Placas grandes, delgadas, estilizadas tablas.

Para un resultado de excelencia, **elige Weber Solcrom.**

## Construyendo innovación

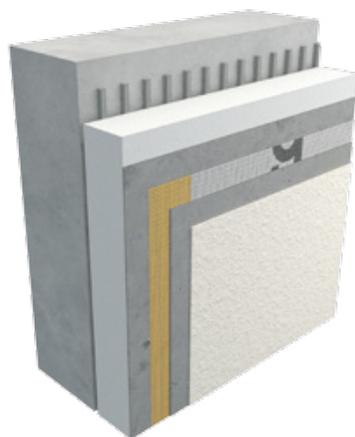
Dirección: Calle El Lucero 244 Lampa · Santiago · Chile.

Contacto: +56 22 738 9393

[www.solcrom.cl](http://www.solcrom.cl) | [www.cl.weber](http://www.cl.weber)

**weber** SOLCROM  
SAINT-GOBAIN

# SUSTRATOS SOBRE LOS CUALES SE PUEDE INSTALAR EL SISTEMA STOTHERM® EIFS



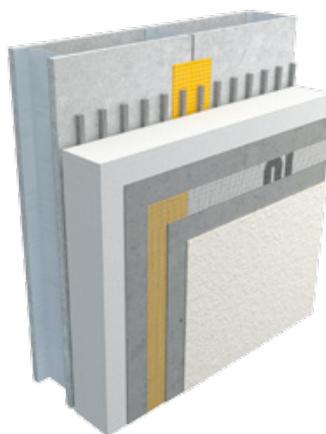
Hormigón Armado



Panel SIP



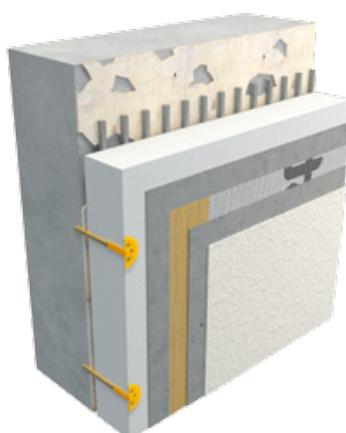
Albañilería



Placa Exterior



Placa Ext. Madera



Sustratos Antiguos

Sto Therm® EIFS es un Sistema ligero y duradero con recubrimiento para fachadas que provee de Aislamiento Térmico continuo a una edificación, ayudando a la disminución de los costos de energía del edificio.

## **BENEFICIOS:**

- Ahorro energético
- Evita puentes térmicos
- Rápido de instalar
- Limpio
- Ligero
- Durable
- Arquitectónicamente versátil
- Variedad de colores y texturas
- Resistente al agua
- Resistente al moho
- Resistente al impacto