

OBRAS CON  
PROTECCIÓN SÍSMICA

# CONTINUIDAD OPERATIVA

PAULA CHAPPLE C.  
PERIODISTA REVISTA BIT

- Post 27F, surgió la necesidad de reforzar las estructuras para, junto con salvaguardar la vida de las personas, mantener su continuidad operativa. Se actualizaron las normativas, pero también se masificó una corriente de la ingeniería que apostó por aplicar tecnologías de protección sísmica, como aisladores sísmicos de base y disipadores de energía. En este artículo, algunos de los proyectos que destacaron por la aplicación de estas soluciones.

**E** L TERREMOTO del Maule de 2010 dejó en evidencia la alta vulnerabilidad de nuestra infraestructura. Si bien los daños estructurales observados fueron limitados, producto de la aplicación de una normativa relativamente estricta en sus requisitos prescriptivos, no ocurrió lo mismo con elementos arquitectónicos tales como cielos falsos y tabiques; equipamiento eléctrico y mecánico (ascensores, generadores y sistemas de aire acondicionado, entre otros) y contenidos; los que presentaron daños extensos y severos. Muchos de estos daños no estructurales causaron preocupación en los propietarios y usuarios de las estructuras, y son la causa fundamental de las pérdidas económicas y de capacidad de operación observadas.

Por otra parte, “las pocas estructuras que contaban con aisladores sísmicos y disipadores de energía en 2010, presentaron un comportamiento excepcio-

nalmente bueno. Entre estas estructuras se encontraban el Hospital Militar, que contaba con aislación sísmica y un diseño con el objetivo de mitigar la “Vulnerabilidad Sísmica Hospitalaria”, lo que permitió que los componentes críticos no presentaran daños, y se preservara la continuidad de operación del servicio”, comenta a Revista BIT Rubén Boroschek, profesor titular del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.

Como consecuencia de esto y otros ejemplos, surgió entre los inversionistas, propietarios, diseñadores, constructores y autoridades la necesidad de masificar las tecnologías de protección sísmica disponibles en el país, como aisladores sísmicos de base y disipadores de energía. “El uso de estas tecnologías permite a las estructuras alcanzar objetivos de desempeño superiores (menos daño y tiempo de paralización) en comparación con estructuras convencionales, ya que buscan directamente mejorar la experiencia de los usuarios en caso de eventos sísmicos extremos”, prosigue Rubén Boroschek.



En la actualidad, el mercado de estos sistemas se encuentra maduro, por lo que se pueden encontrar dispositivos de alta calidad y a bajo costo. “Con cerca de 200 aplicaciones, el uso de tecnologías de protección sísmica se ha masificado considerablemente en el país. De hecho, es el país con el mayor número de aplicaciones per cápita de la región. En buena forma, esta situación se explica porque Chile fue el primer país de América Latina en contar con normas para diseño de estructuras con aislación sísmica (NCh2745), diseño de estructuras con disipadores de energía (NCh3411) y diseño de componentes y sistemas no estructurales y arquitectónicos (NCh3357)”, complementa Rodrigo Retamales, jefe Área de Aislación y Disipación de la empresa de ingeniería Rubén Boroschek y Asociados Ltda. (RBA).

De hecho, estas normas han sido referentes para el desarrollo de códigos de otros países de la región. Complementariamente, el rol de difusión que desempeñó la Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT

con posterioridad al terremoto, fue fundamental para la masificación de estas tecnologías. En la actualidad, no solo hospitales cuentan con tecnologías de protección sísmica, sino también centros de datos, edificios de emergencias, edificios gubernamentales y puentes. En cierta medida, también ha sido considerable el número de aplicaciones en edificios residenciales y de oficina, y en edificios industriales, también se han comenzado a utilizar, a fin de proteger la inversión y continuidad de las funciones productivas.

A ello se suma que “recientemente, en febrero de 2020, se promulgó la norma chilena para rehabilitación sísmica de infraestructura patrimonial y existente (NCh3389), la que requiere evaluación explícita del desempeño sísmico de las estructuras, y que servirá de marco para el uso de tecnologías de protección sísmica en este tipo de estructuras. En un país legalista como Chile, este es un paso importante en la aplicación de tecnologías”, apunta Rubén Boroschek.

Desde la Asociación de Ingenieros Civiles Estructura-



les (AICE), su director Ian Watt, comenta que “hoy la población pide garantizar ocupación inmediata luego de eventos severos. Estos niveles de desempeño superiores son posibles de alcanzar con algunas de estas tecnologías avanzadas, por eso su uso se ha expandido. Como AICE hemos impulsado el uso de estas tecnologías a través de cursos de diseño que enseñan a los ingenieros estructurales cómo aplicar estas tecnologías en edificios reales”.

Es justamente el requerimiento de la sociedad de mantener operatividad y minimizar el daño que debiera impulsar a que estos dispositivos no solo se usen en infraestructura crítica, sino que su aplicación se expanda. “Estructuras con diseños tradicionales esperan daño para sismos severos, lo que implica altos costos durante

la etapa operacional, que son menores al costo de inversión inicial, cuando se toma en cuenta toda la vida útil de las estructuras”, expresa Ian Watt.

De acuerdo a los expertos, el siguiente paso es masificar su uso en edificación privada. “Este es el camino que Japón siguió, y en la actualidad hay ciudades donde existen cuadras enteras de edificios habitacionales sobre aislación sísmica, y sus nuevos edificios comerciales en altura cuentan con algún sistema de protección sísmica”, concluye Ian Watt.

En Revista BiT queremos hacer un recuento de algunas obras nacionales que hemos publicado y que, tras el terremoto de 2010, apostaron por aplicar tecnologías sísmicas en ellas, con un objetivo en mente: la continuidad operativa. ▼



## HOSPITAL REGIONAL DE ANTOFAGASTA

Con una superficie construida de 123 mil m<sup>2</sup>, el hospital de Antofagasta fue el primer edificio hospitalario en Chile en contar con un proyecto de vulnerabilidad sísmica, que se refiere al diseño y/o validación estructural de todos sus elementos arquitectónicos, fachadas, tabiques, cielos falsos, sujeciones de equipos e instalaciones, entre otros. El proyecto, desarrollado por SIRVE S.A., realizó dicho diseño y validaciones sobre los elementos no estructurales, considerando sus cargas de uso y los efectos sísmicos a los cuales estaría sometida la estructura, compatibilizando, de esta manera, el desempeño sísmico de estos elementos con la estructura que los contiene.

Además de esas consideraciones, para el proyecto se diseñó un sistema de aislamiento sísmico basado en aisladores elastoméricos actuando en conjunto con deslizadores friccionales. Se eligió este sistema ya que

dadas las dimensiones y características de la estructura era la solución que entregaba mejor relación costo/desempeño.

El sistema está conformado por 280 aisladores elastoméricos sin núcleo de plomo, distribuidos en 151 de 65 cm de diámetro, 30 de 75 cm de diámetro y 99 de 90 cm de diámetro. Todos los aisladores tienen la misma altura, la que corresponde a 21.3 cm incluida la placa de anclaje. Por otro lado el sistema incorpora 139 deslizadores friccionales ubicados en las zonas de menos peso en la estructura. “Estos últimos elementos permiten incorporar, a través de fricción entre sus componentes durante un sismo, amortiguamiento adicional al del





compuesto elastomérico usado en los aisladores, mejorando así el desempeño del edificio. Con el sistema de aislamiento propuesto se logran reducir en más de un 80% las aceleraciones en la estructura”, comenta Gabriel Sanhueza, jefe de Proyectos del Área de Mediciones y Ensayos de SIRVE S.A.

Los principales desafíos en la materialización del proceso fueron la congestión de armaduras que dificultaron la colocación de los mangos de anclaje y las altas temperaturas de la zona de Antofagasta, debido a esto último hubo que poner especial cuidado en las superficies de apoyo (grout) de los aisladores sísmicos.

Dado que el edificio está aislado sísmicamente sobre los dispositivos instalados en los pilares de la planta -1, y no en el nivel de fundaciones, hubo que tener especial cuidado con todos aquellos elementos que cruzan la interfaz de aislamiento para que fueran capaces de acomodar el desplazamiento que se produce durante un sismo, entre la “sub-

estructura” y la “super-estructura”.

En el caso de las escaleras se optó por apoyarlas sobre un dispositivo friccional deslizante que cumpliera con los requerimientos de carga y desplazamientos necesarios.

Para los ascensores se diseñaron unas estructuras metálicas que van en todo el recorrido del ascensor y sirven de soporte y guía. Estas estructuras, ancladas a los edificios en todos los pisos, deben soportar las cargas de las cabinas y sollicitaciones sísmicas. Al llegar al nivel de aislamiento sísmico quedan ancladas a la primera losa aislada (cielo primer subterráneo) y la estructura se diseña con los refuerzos necesarios para que funcione colgada de este nivel. “Para lograr la dilatación a nivel de foso en radier se consideró un gap o separación horizontal de 40 centímetros. Con esto, los ascensores quedan colgados y se desplazarán horizontalmente con el resto de la estructura aislada, sin interferencia con los elementos fijos bajo el nivel de aislamiento”, explica Gabriel Sanhueza.

## FICHA TÉCNICA

HOSPITAL REGIONAL DE ANTOFAGASTA

### Ubicación:

II Región de Antofagasta.

### Mandante:

Minsal/ MOP.

### Constructora:

Sacyr Chile S.A.

### Ingeniería estructural y protección sísmica:

SIRVE S.A.

### Proyecto de vulnerabilidad sísmica:

SIRVE S.A.

### Año construcción:

2014-2017.



## SOLUCIÓN INTEGRAL EN ENTIBACIONES METÁLICAS

Amplia gama de productos que se adecuan a cada necesidad, para una protección óptima de excavaciones.



- Sistemas de cajones KS-60 (bajas profundidades)
- Sistemas de cajones KS-100
- Sistemas de guías deslizantes (profundidades mayores)
  - Sistema corredera
  - Sistema paralelo
  - Sistema esquinero para pozos, cámaras y plantas elevadoras

**EXPERIENCIA · RAPIDEZ · SEGURIDAD · EFECTIVIDAD**

Casa Matriz: Flor de Azucenas 42, oficina 21. Las Condes. Fono: 2 2241 3000

Bodega: Portezuelo, Parcela 1 A lote 3. Colina. Fono: 2 2745 5424

[www.krings.cl](http://www.krings.cl) • email: [contacto@krings.cl](mailto:contacto@krings.cl)

## INFRAESTRUCTURA CRÍTICA



### FICHA TÉCNICA

PUENTE RÍO CLARO

**Ubicación:** Km 216 Ruta 5 Sur.

**Cliente:** Ferrovial.

**Diseño Ingeniería estructural:**  
JLS Ingeniería Ltda.

**Constructora:** Ferrovial.

**Protección Sísmica y  
evaluación riesgo sísmico:**  
Rubén Boroschek y Asociados  
Ltda. (RBA).

**Demolición Puente antiguo:**  
Abril-mayo 2010.

**Puesta en operación  
puente nuevo:** 2012.

## PUENTE RÍO CLARO

**E**l puente sobre el Río Claro es un ejemplo de los efectos de incorporar aislación sísmica en una infraestructura crítica para la red vial del país. La visión de las autoridades y de los diseñadores permitió el desarrollo de este proyecto, que reemplazó el histórico puente de mampostería de piedra del siglo XIX que colapsó durante el terremoto de 2010. El nivel de seguridad que se alcanza con la implementación de los aisladores sísmicos, debiera ser suficiente para resistir terremotos comparables con el observado en 2010. “En este proyecto, colaboramos en la selección de los dispositivos de protección sísmica considerados, en la evaluación del peligro sísmico de sitio considerado, en la definición del procedimiento de selección de los dispositivos y en la definición de los requisitos de ensayo”, señala Rubén Boroschek.

El nuevo puente sobre el Río Claro consideró una treintena de aisladores sísmicos elastoméricos de goma natural con núcleo de plomo. “Para minimizar costos, todos los aisladores considerados fueron idénticos. Este tipo de aisladores, de goma natural con núcleo de plomo (LRB por sus siglas en inglés), es reconocido por el estándar AASHTO de los Estados Unidos, aplicable al diseño de puentes, por la estabilidad de sus propiedades en el tiempo, dado que no envejecen ni ven modificadas sus propiedades por efectos de contaminación o deformación operacionales, y por su relativa insensibilidad a la velocidad de las cargas sísmicas aplicadas, en comparación con otras tecnologías de aisladores sísmicos disponibles”, comenta Rodrigo Retamales.

Para efectos de diseño se desarrolló un estudio de peligro sísmico específico para el proyecto, estudio que hoy por hoy resulta común de desarrollar para el

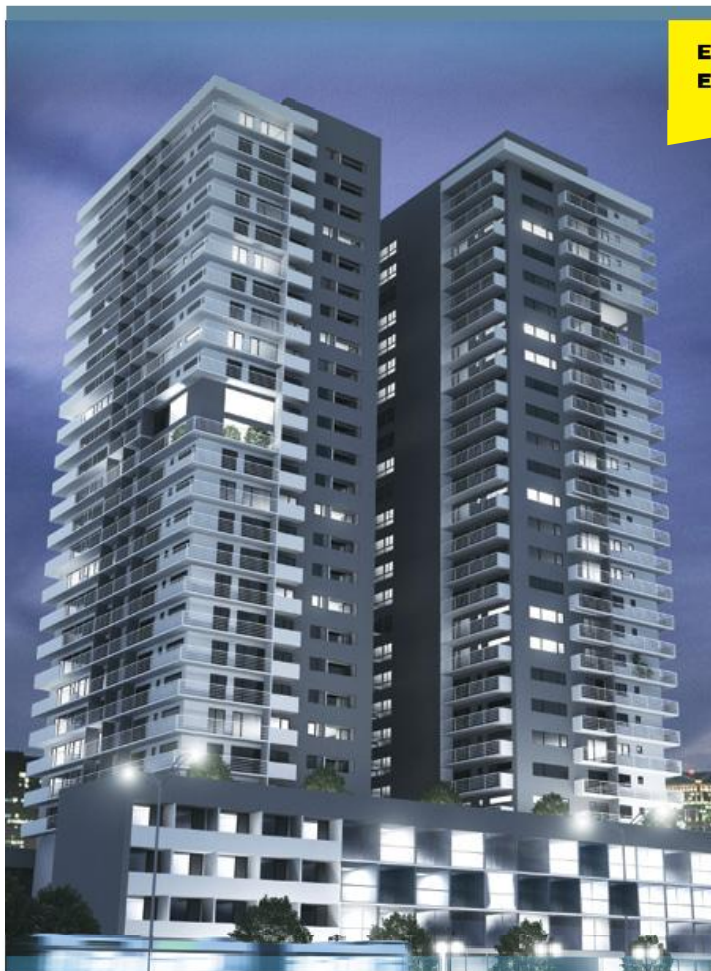


diseño de cualquier tipo de estructura en la cual se busca aumentar el grado de confiabilidad del diseño. El 100% de los aisladores sísmicos utilizados en el proyecto fue sometido a ensayos en los laboratorios del fabricante en Estados Unidos, laboratorio que contaba con todas las certifica-

ciones de calibración de equipos requeridas por la normativa chilena y norteamericana.

El Nuevo Puente Río Claro Poniente consiste en un Puente de hormigón de 124 metros de longitud, con 3 vanos apoyados en 2 cepas, con 3 calzadas y ancho de tablero de 14,76 metros.





## EDIFICACIÓN EN ALTURA

### FICHA TÉCNICA

EDIFICIO ÑUÑOA CAPITAL

**Ubicación:** Avenida Irarrázaval 1989, Ñuñoa.

**Mandante:** Inmobiliaria ARMAS Ñuñoa Capital SPA.

**Arquitecto:** Armas Arquitectos e Ingenieros S.A.

**Constructora:** Constructora ARMAS Ltda.

**Ingeniería estructural:** René Lagos Engineers.

**Protección sísmica:** René Lagos Engineers y Rubén Borosheck y Asociados Ltda. (RBA)

**Superficie construida:** 43.000 m<sup>2</sup> aproximados.

**Año construcción:** 2013-2015.

## EDIFICIO ÑUÑOA CAPITAL

Ñuñoa Capital es un edificio de dos torres independientes de 28 pisos cada una, unidas a nivel de terreno por cuatro subterráneos de 1.000 m<sup>2</sup> de superficie aproximada cada uno, con una altura de 2,70 m entre pisos en sus subterráneos y 2,55 m en sus pisos tipos. Alrededor de la placa aislada se disponen subterráneos de 64 m de largo por 41 m de ancho más algunos bloques de 4 pisos sobre cota cero destinados a oficinas.

En este espacio va una robusta losa de hormigón (placa basal) de 2 m de espesor, 41 m de largo y 32 m de ancho aproximadamente, bajo la cual se instalaron los aisladores. Se utilizó una losa de gran espesor sobre los dispositivos para lograr que estos trabajen como un conjunto, evitando que se produzcan fuerzas de tracción en ellos.

A su vez, debajo de cada dispositivo, se instalaron fundaciones, en este caso aisladas. Cada uno tiene su propia fundación o en algunos casos, dos comparten una misma fundación, cuyas dimensiones dependen de la carga (axial y volcante) que le transmita cada aislador. Adicionalmente se utilizaron vigas de fundación lo suficientemente rígidas para evitar giros de la zapata que podrían perjudicar el comportamiento del aislador durante un sismo severo debido a la gran excentricidad con la que baja la carga axial.

Espacialmente, los dispositivos se ubican bajo los extremos de los muros y columnas para así evitar traspasos de esfuerzos

innecesarios. Respetando esto se obtiene una distribución relativamente uniforme con una distancia entre ellos que varía entre 6 y 9 m aproximadamente. Esta distribución fue posible gracias a la concepción estructural del edificio, que pese a ser de uso habitacional, utiliza una estructuración más cercana a la de edificios de oficinas.

El proyecto usa 24 aisladores de goma natural, fabricados por la empresa estadounidense Dynamic Isolation Systems (DIS). Los dispositivos están compuestos por gomas flexibles, con capacidad de deformación por sobre el 600%. Según sus fabricantes, su comportamiento no se ve alterado en el largo plazo. De los 24 dispositivos, 16 de ellos cuentan con núcleo de plomo (LRB), mientras que los 8 restantes no lo tienen (RB). Estos últimos, de 155 cm de diámetro poseen una capacidad de soporte de carga por sobre las 4.000 toneladas y se colocan bajo los bordes de los muros del shaft de ascensores. En cuanto a los LRB, estos se distribuyen en 8 tipo A, de 115 cm de diámetro y una capacidad de soporte de carga por sobre las 2.000 toneladas y 8 aisladores tipo B, de 135 cm de diámetro y con una capacidad de soporte de carga por sobre las 3.000 toneladas. Los tipo B son los más rígidos lateralmente, por lo que se colocaron en los puntos más alejados de la planta con el fin de controlar la torsión de la estructura.



## EDIFICACIÓN EN ALTURA

### FICHA TÉCNICA

EDIFICIO CCHC,  
AMORTIGUADOR DE MASA  
SINTONIZADA

**Ubicación:**

**Diseño:** A4 Arquitectos.

**Implementación:** Constructora  
Nahmías, Inmobiliaria FFV.

**Cálculo:** VMB Ingeniería  
Estructural.

**Fabricación:** Metalúrgica  
Arrigoni.



## EDIFICIO CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN (CCHC)

El edificio corporativo de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) es uno de los principales hitos arquitectónicos y tecnológicos del sector oriente de Santiago. Además de su arquitectura, lo más destacable de la edificación, es el Amortiguador de Masa Sintonizada emplazado en el piso 22, que marcó 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. Se trata de una esfera de acero de 150 toneladas, sostenida por 12 cadenas para contrarrestar el efecto del sismo en la estructura.

De acuerdo al Documento Técnico N°29 “Protección Sísmica de Estructuras”, editado por la 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 restitutivos 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”.

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 Nahmías.

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 no es la primera experiencia en Chile respecto de esta solución; sin embargo, es la única expuesta al público y a la que se le ha incorporado arquitectura para transformarla en un verdadero hito de la ciudad.

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.

En el caso del edificio de la CChC, se optó por “un elemento mecánico que modificara el movimiento de la estructura, su dinámica. “Las estructuras tienen distintas formas de vibrar (modos) todas ellas definidas por sus respectivos períodos de oscilación. En el caso del edificio de la CChC, es 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 período principal. Entonces, se pone un elemento que se sintonice con esto. La estructura tarda tres segundos en ir y volver y colocamos un elemento que genera una fuerza de restitución, que cuando la estructura se desplace hacia un lado, este elemento aplique una fuerza contraria”, grafica el ingeniero y socio de VMB Ingeniería Estructural, Leopoldo Breschi.

Es aquí donde se aplica el concepto péndulo y es que, según explica el ingeniero, bastaría que una masa cuelgue de un lugar estratégico de la estructura y tenga un período 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. “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”, comenta Breschi.

“Estos amortiguadores viscosos lo que 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.

Por último, pero no menos importante, 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).



## EDIFICIO LAS CONDES CAPITAL

**E**ste proyecto lo desarrolló Empresas ARMAS en Los Militares con Rosario Norte, y comprende dos edificios; uno de oficinas, de 20 pisos y 5 subterráneos, con una estructuración característica de marcos perimetrales y núcleo central de hormigón; y el segundo, residencial, de 19 pisos y 5 subterráneos.

Para este proyecto, SIRVE diseñó un sistema de protección sísmica denominado Amortiguadores de Masa Sintonizada (AMS) para el edificio residencial, y disipadores viscosos para el edificio de oficinas.

En el edificio de oficinas, el sistema consta de 46 disipadores viscosos de 90 toneladas de capacidad cada uno. “El edificio de oficinas está conformado por 46 amortiguadores de masa, en este caso se trata del tipo Disipadores de Energía en Configuración Chevron (“V”), que son Amortiguadores de Fluido Viscoso”, detalla Gabriel Sanhueza de SIRVE.

Ante un sismo “se espera una reducción del orden de 30% de deformación sísmica máxima de entrepiso”, continúa el profesional de SIRVE.

En el edificio habitacional, el sistema consiste en dos amortiguadores de masa sintonizada (AMS) de 150 toneladas cada uno. “Son masas de hormigón sobre 6 aisladores elastoméricos y 8 deslizadores friccionales, que logran reducir hasta el 25% de deformación sísmica máxima de entrepiso”, comenta Gabriel Sanhueza.

### FICHA TÉCNICA

**Obra:** Edificio Las Condes Capital.

**Ubicación:** Los Militares con Rosario Norte.

**Mandante:** Empresas ARMAS.

**Diseño de Protección sísmica:** SIRVE S.A.



### EDIFICACIÓN EN ALTURA







## PROYECTOS ESPECIALES

### FICHA TÉCNICA

SEDE CENTRAL ONEMI - ANPC

**Ubicación:** Beauchef 1671, Santiago.

**Mandante:** Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI).

**Arquitectura:** Teodoro Fernández, Sebastián Hernández y Pablo Alfaro.

**Ingeniería estructural:** Delporte Ingenieros.

**Protección sísmica:** SIRVE S.A.

**Constructora:** Serinco Ingeniería y Construcciones Ltda.

**Cálculo Estructural:** Delporte Ingeniería.

**Superficie construida:** 5.695 m<sup>2</sup>.

**Superficie de terreno:** 6.037 m<sup>2</sup>.

## EDIFICIO DE LA ONEMI

Ubicado en el mismo terreno donde estaba su antecesor (Avenida Beauchef 1671, frente al Parque O'Higgins), el edificio de la Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI), consideró una serie de innovaciones tecnológicas. Uno de los elementos más destacados de esta obra es el sistema de protección sísmica del edificio de Emergencias. Para esto se incorporó un sistema de aislamiento sísmico basal, diseñado por las empresas Delporte Ingenieros y SIRVE S.A., que cuenta con 16 aisladores elastoméricos (ocho por cada volumen) de alto amortiguamiento (HDRI), capaces de reducir, según sus diseñadores, hasta en un 90% las aceleraciones de estructura.

Estos dispositivos se ubican en el zócalo y sobre ellos se apoyan 16 tetrápodos que sostienen la gran estructura. El desplazamiento de diseño de los aisladores es del orden de 30 centímetros. Los dispositivos de cada módulo corresponden a 8 aisladores de 80 cm de diámetro de los cuales 4 tienen un núcleo de plomo en su interior. Este núcleo de plomo incorpora amortiguamiento adicional al sistema de aislamiento. Los aisladores se encuentran ubicados sobre el nivel de zócalo e inmediatamente sobre ellos nacen los tetrápodos.

El procedimiento para el montaje incluyó la instalación de la armadura de refuerzo del elemento que soporta el aislador, para luego instalar los mangos de anclaje de los dispositivos utilizando una plantilla metálica. Tras esto se hormigonó el elemento de apoyo del aislador hasta una cota mínima de 20 mm (después de realizado el procedimiento descrito, los mangos quedan asomados del hormigón). El paso siguiente fue colocar grout hasta el nivel superior de los mangos, dejando una superficie plana, para luego posicionar el aislador y fijarlo con los pernos de anclaje. Además se debían apernar los mangos superiores firmemente contra el aislador ya instalado. Finalmente, se colocó sobre el aislador la armadura y moldaje del capitel superior y de los ele-



mentos conectados a él, procediendo con el posterior hormigonado de dichos elementos.

El diseño redujo la demanda de ductilidad del edificio, permitiendo con esto predecir un comportamiento esencialmente elástico de la estructura, minimizando la posibilidad de daño en los elementos sismo resistentes. Además, se lograron reducciones importantes de las aceleraciones de piso y los desplazamientos relativos de entrepiso, obteniendo como resultado un movimiento lento del edificio durante un evento sísmico (mayor confort para las personas) y una muy baja probabilidad de daño de elementos no estructurales.



## PROYECTOS ESPECIALES

### TORRE TITANIUM

**EL DISEÑO DE PROTECCIÓN SÍSMICA** desarrollado para la Torre Titanium, fue creado por el ingeniero nacional Juan Carlos de La Llera y un equipo de ingenieros de SIRVE S.A. y de la PUC. Luego de exhaustivos estudios y de meses de numerosas pruebas de cálculo y laboratorio, el equipo de ingenieros desarrolló un sistema de protección sísmica consistente en 25 disipadores de energía transversales y 20 longitudinales, del tipo UFP, fabricados preferentemente en acero. Los disipadores transversales fueron dispuestos en una estructura de cruceta y los longitudinales, integrados en los muros adyacentes al núcleo central del edificio. Ambos fueron ubicados en forma estratégica en los distintos niveles del edificio.

Esta tecnología sismo resistente permitió reducir las deformaciones, producto del terremoto del 27 febrero de 2010, aproximadamente en un 40%, protegiendo de esa forma la estructura misma y también sus contenidos. Recién instalada esta tecnología, se pudo comprobar su plena efectividad durante el terremoto, el cual, pese a estar actualmente en el top ten de los más grandes en envergadura que registra la historia de la humanidad, no provocó daños en el edificio.

## Nuevo Sistema de Tuberías y Conexiones PP-R y PP-RCT



**LÍNEA COMPLETA COLOR GRIS**  
Tubería PP-R Genérica  
Tubería PP-RCT

**AHORRO TIEMPO Y DINERO**  
Tubería **PP-RCT** posee mayor resistencia mecánica con menor espesor, utilizando **PN16** para toda la red de agua caliente o fría.

**80% DE LAS VIVIENDAS NUEVAS SE INSTALAN EN COLOR GRIS**







## PROYECTOS ESPECIALES

### FICHA TÉCNICA

TEMPLO BAHÁ'Í PARA SUDAMÉRICA

**Ubicación:** Peñalolén, Santiago.

**Mandante:** Asamblea Espiritual Nacional de los Bahá'ís de Chile.

**Arquitecto:** Siamak Hariri, Hariri Pontarini Architects.

**Arquitecto local:** Benkel Larraín Arquitectos.

**Constructora:** Desarrollo y Construcción del Templo Bahá'í para Sudamérica Ltda.

**Superficie construida:** sobre 2.400 m<sup>2</sup> (800 m<sup>2</sup> primer piso).

**Año construcción:** 2012-2016.

## TEMPLO BAHÁ'Í

**U**bicado en los faldeos precordilleranos de la comuna de Peñalolén, se encuentra el Templo Bahá'í, culminación del desarrollo de un anhelado proyecto por parte de la religión homónima.

El rasgo más característico del proyecto son sus nueve súper estructuras de 30 metros cada una, de igual geometría, que brotan desde el suelo hasta un centro que las reúne en la punta, denominado óculo.

Toda la estructura de los pétalos, se sostiene en una base que ya fue completada con anterioridad. Los trabajos de excavación comenzaron a fines de 2010, abarcando la plaza del templo junto con la línea de irrigación, estanque de agua de 50 m<sup>3</sup> y sala de bombas que alimentan los jardines. Para la primera se consideró un área de 62 m de diámetro, mientras que para la casa de adoración en sí fueron aproximadamente 30 metros.

De acuerdo a lo informado por los desarrolladores del templo, se excavaron más de 10.000 m<sup>3</sup> de tierra y rocas, llegando a la profundidad requerida para el túnel, plaza y fundaciones, en preparación para la etapa de hormigonado.

Para soportar la estructura del templo se construyó una base compuesta por nueve losas perimetrales y una central, que actúan como apoyo para un total de 10 columnas. Las losas, cuyas dimensiones se empujan por los 4,7 x 3,9 m y 0,9 m de alto, se ubicaron a 5,9 m por debajo de la planta baja terminada, interactuando con nueve vigas de amarre radiales y otras nueve de amarre perimetral de 0,5 x 0,5 m de sección, para entregar soporte en caso de un evento sísmico.

"Envolviendo" la losa base de las columnas, hay una base perimetral, que funciona como muro de contención de 40 cm de grosor y 4,5 m de alto y que significó la construcción de su propia fundación circular de 1,4 m de ancho por 0,5 m de alto.

Para poder dar un buen soporte a toda la súper estructura de los pétalos, fue necesario "desacoplarla" de los movimientos de la tierra, para lo cual se usaron 10 aisladores sísmicos de fricción de triple péndulo, ubicados en la parte superior de las nueve vigas radiales y en la viga central de tipo anillo. Estos



elementos, de 1 x 1 m en planta, 0,356 m de altura y 1.362 kg de peso, permiten un desplazamiento lateral de 60 cm en cualquier dirección horizontal. Compuestos por dos platos cóncavos de acero inoxidable (uno inferior y otro superior) que encierran un elemento deslizante, cada aislador tiene una capacidad de carga vertical máxima de 862 toneladas fuerza métrica. En caso de que fuese necesario reemplazar los aisladores (o al menos alguno de ellos), se incorporó un pedestal de 0,45 m de altura en la parte superior de cada base de fundación que sirve como plataforma para poder levantar con gatas la losa del primer piso y toda la estructura superior.

Respecto a las vigas donde se encuentran estos elementos, tienen 800 mm de profundidad y 1.000 mm de ancho, mientras que la viga anillo principal está a la misma profundidad y tiene 1.200 mm de ancho.

En cuanto a la estructura circular del nivel entrepiso, está compuesta por dos vigas con forma de anillo: una de 1.000 mm x 1.000 mm de sección transversal a lo largo del perímetro y la otra es una viga circular interior de 600 mm de profundidad y 1.100 mm de ancho. En el anillo exterior se usaron 11 barras de 32 mm como barras superiores a lo largo de la luz y 17 barras de la misma dimensión a lo largo del soporte. ■