

# MUROS CORTINA PRUEBA DE SEGURIDAD



■ En la mira por su riesgo latente ante un sismo severo, según los expertos entrevistados por Revista BiT los muros cortina pasaron la dura prueba impuesta por el terremoto del 27 de febrero de 8,8 ° en la escala Richter.

■ La receta: la ingeniería y exigentes pruebas de laboratorio a que son sometidos en determinados casos. Una prueba de seguridad.

PAULA CHAPPLE C.  
PERIODISTA REVISTA BIT

**S** I HABLAMOS DE GRANDES cataclismos de la humanidad, Chile se encuentra en los primeros lugares. Esta realidad llevó a preguntarse por años cómo se comportarían los muros cortina, que revisten las fachadas del 70% de los edificios de la capital, ante un terremoto como el del 27 de febrero. La primera conclusión: "Pasaron la prueba", coinciden los expertos.

Definidos como "una fachada integral liviana consistente en una estructura metálica portante en la que se insertan paños vidriados o paneles opacos que, conjuntamente, logran cerrar exteriormente un edificio" (\*), los muros cortina se han extendido en el país, constituyéndose en un elemento con presencia casi obligada en edificios de oficinas, comerciales, industriales e institucionales. Antes del terremoto, la interrogante se centraba en la posibilidad que enormes trozos de vidrio salieran despedidos de los vanos precipitándose a la calle. No fue así. "Se comportaron bien, en general no hubo desprendimiento de los cristales ni grandes roturas de vidrios, salvo en ciertos casos de Ciudad Empresarial, donde hubo daños no atribuibles al muro cortina", comenta Guillermo Silva, gerente gene-

ral de la Asociación Gremial Chilena del Vidrio y del Aluminio (ACHIVAL).

¿La explicación? "Se logró comprobar con este terremoto que los muros cortina tienen una base alta de ingeniería. El buen comportamiento, por ejemplo en el sector de Nueva Las Condes, se relaciona directamente con los análisis previos en laboratorio y ensayos certificados en probetas a tamaño real", indica Luis Corvalán, arquitecto de LCV Arquitectura. Una prueba de seguridad en las alturas.

## ALTA INGENIERÍA

Se debe tener en cuenta que para un óptimo comportamiento del muro cortina, uno de los principales aspectos a considerar es el desarrollo de la ingeniería. Es decir, total coordinación con la ingeniería estructural del edificio para considerar las elasticidades y la deformación esperada.

El primer efecto a que son sometidos los muros cortina en el desarrollo de su ingeniería son los esfuerzos de deformación propia del edificio en que se instala, y naturalmente a los esfuerzos dinámicos en una sollicitación sísmica la cual incluye aceleraciones en todos los planos de su estructura. Esto se traduce en que de alguna forma se toma el vidrio y el sistema completo diseñado, se hace vibrar,



provocando una sollicitación muy menor en todo caso, en comparación con el cálculo de viento. Por ejemplo, un sismo produce aceleraciones verticales del orden de 0,3 g y 0,2 g (aceleración de gravedad) en los pisos superiores. Un módulo de muro cortina estándar pesa alrededor de 150 kg. Esto significa que, durante un sismo, la fuerza a la que será sometido variará entre 30 y 45 kg (más información en artículo de Normativa y Cálculo Estructural, Especial Terremoto Chile 2010).

Sin embargo, el muro cortina por efecto de viento se calcula para presiones de acuerdo a la norma, dependiendo de la altura del edificio, ubicación y diseño, y en ciertas zonas que tienen consideraciones especiales como las esquinas. Por ello, “los valores de presiones para los cuales se diseña el muro cortina por viento en Santiago son superiores a 100 kilos por m cuadrado. Esto significa que para que el edificio alcance esas aceleraciones debiera tener más de 2 g, y probablemente con 0,5 g, superiores a la sollicitación de la estructura primaria al que se ancla con lo que se puede concluir que la falla podría ser de la estructura del edificio antes que la del muro cortina. Por ello, la condición de diseño para la resistencia del vidrio está calculada con exceso para efectos del sismo, por el alto estándar exigido para soportar el viento”, comenta Luis Corvalán.

El segundo efecto del sismo resulta más complejo porque se relaciona con la deformación propia del edificio. Si la fuerza actúa en el plano perpendicular al vidrio, éste se comporta de manera muy flexible y puede deformarse bastante sin dañarse. Sin embargo, cuando la fuerza actúa en el plano del vidrio, deben existir mecanismos que no transmitan cargas al vidrio, como adherencias mediante sistemas con silicona o dejando holguras, como en el



### ENSAYO A ESCALA REAL DE UN MÓDULO DE MURO CORTINA DEL EDIFICIO PARQUE ARAUCANO

Para la simulación del sismo de diseño se seleccionó el terremoto del 3 de marzo de 1985 en la zona central (al que se asignó el coeficiente 1.0). Luego se ensayó con movimientos amplificados por un factor 1.2, correspondientes al sismo de Valdivia del 22 de mayo de 1960, al que se llamó "sismo máximo creíble".



GENTILEZA LCV ARQUITECTURA

caso de los sistemas encapsulados. De lo contrario, se corre el riesgo de que el cristal tome carga y se quiebre, ya que no es capaz de resistir el movimiento del edificio, equivalente a miles de toneladas. "Se trata de evitar en el muro cortina, que cuando el edificio se deforma en el plano del vidrio, el cristal no esté sometido a estas tensiones, no lo arrastre, sino que cuente con las debidas dilataciones y elementos que absorban esas deformaciones", comenta Corvalán.

Y dependiendo del diseño, toda tipología los considera. Por ejemplo, la silicona estructural. "El cordón de silicona se calcula para la deformación máxima que presente el edificio. Normalmente en las siliconas los coeficientes de

seguridad son enormes. Es decir, si un vidrio es soportado con silicona estructural y el edificio se deformara más veces de lo previsto, tampoco se rompería ni cortaría el cinturón de silicona", comenta Fernando Varela, del área comercial de Accura Systems Chile. Entonces, la estructura se deforma y el vidrio permanece en posición. En el caso que sean sistemas con perfiles de aluminio, se diseñan para que éste pueda absorber las deformaciones del aluminio sin transmitir carga al vidrio. De esta manera, el vidrio se desliza dentro del aluminio, evitando su contacto con elementos metálicos durante la deformación en el sis-

mo.

Hay que hacer un trabajo riguroso. "Si se coloca demasiado ajustado y el marco se deforma, el vidrio chocará contra la estructura y finalmente se quebrará. En general, los vidrios quebrados que hemos visto se deben a que los marcos se deformaron más allá de la norma, o bien no contaban con las dilataciones necesarias. Y esto ocurre porque no siempre se aplican criterios de ingeniería y diseño para cada sistema", acota Varela.

### ANÁLISIS Y COMPORTAMIENTO

Resulta interesante profundizar en dos edificios ubicados en Nueva Las Condes y Vitacura, cuyos muros cortinas tuvieron un correcto comportamiento según los expertos.

■ **Parque Araucano:** El muro cortina del edificio Parque Araucano impuso un alto nivel de exigencia en el diseño, y obligó a desarrollar innovaciones. Para hacer frente a este requerimiento, la empresa TTA efectuó un análisis de los estudios de sismos en el mundo y sus consecuencias en muros cortina. Se focalizó esta investigación en Japón y California, donde se han producido fuertes movimientos telúricos. Con el objetivo de probar y conocer el comportamiento real del muro cortina y los cristales en una construcción, cuando éste se somete a aceleraciones y deformaciones tridimensionales producto de un terremoto, se decidió ejecutar por primera vez en Chile un ensayo sísmico dinámico en un muro cortina a escala real, patrocinado por el mandante de la obra, Proyecta Gestión.

Para lograrlo, se construyó una estructura de acero que simula fielmente los bordes de la obra gruesa y sobre esta estructura se instalaron 4 módulos pertenecientes a la esquina más solicitada del edificio, de 60° del vértice norponiente. En el laboratorio de DICTUC se instaló este modelo en el equipo de simulación, una mesa vibradora MOOG de 6 grados de libertad. Este simulador, proveería los movimientos a la estructura de la que colgaba el muro cortina. Para la simulación del sismo de diseño se seleccionó el



### OTROS COMPONENTES

Si bien quedó demostrado que los muros cortina pasaron la prueba frente al sismo, no obstante otros componentes que son parte de las edificaciones no tuvieron resultados similares. Los especialistas concuerdan en que a futuro se debieran tomar los resguardos necesarios, realizando, por ejemplo, ensayos a escala real del comportamiento sísmico de elementos como cielos falsos, ascensores, boilers, sistemas de climatización, entre otros. Asimismo, revisar el comportamiento de las puertas, ya que estas se trancan por deformaciones de las estructuras. En próximas ediciones se investigará el comportamiento y las recomendaciones prácticas de estos y otros componentes.



### MURO CORTINA EN EDIFICIO TITANIUM

Se descargan los módulos mediante una ventosa eléctrica. Una vez listas las fijaciones, se procede a izar el módulo.



A diferencia de los muros cortina con marco o vidrio pegado, la técnica "Spider" comprende una serie de fijaciones denominadas "arañas". En el edificio que aparece en la foto se muestra que este sistema resultó sin daños tras el terremoto.

terremoto del 3 de marzo de 1985 en la zona central (al que se asignó el coeficiente 1.0). Los movimientos de losas asociados corresponden a 12,5 mm y 33,7 mm en las direcciones X e Y. Luego se ensayó con movimientos amplificados por un factor 1.2, correspondientes al sismo de Valdivia del 22 de mayo de 1960, al que se llamó "sismo máximo creíble".

El resultado fue positivo. Se cumplió con lo esperado en la etapa de diseño, no se registraron roturas de cristales ni deformaciones permanentes de los elementos metálicos, aún con el factor de amplificación de 1,5 veces el sismo de diseño exigido, y también con el factor 3.0

de amplificación (equivalente a cerca de 100 mm de desplazamiento entre losas en la dirección Y). "Tras el terremoto del 27 de febrero, hubo un saldo positivo porque no se quebró ningún vidrio de los muros cortina, ni tampoco hubo deformaciones en los elementos de aluminio", comenta Corvalán.

■ **Titanium La Portada:** El rascacielos chileno fue uno de los primeros en Chile en utilizar un túnel de viento, para modelar y evaluar su desempeño, lo que ha permitido calcular las presiones que debe enfrentar el muro cortina y otros elementos estructurales de importancia. El sistema utilizado permite hacer fren-

te a presiones de viento extraordinariamente altas, superiores a lo que se acostumbraba en Chile. Esto se debe, principalmente, a la altura del edificio, que lo expone a cotas con alta corriente de aire. La forma ovalada de la torre, reduce las zonas en donde se produce mayor succión, sin embargo a 190 m de altura las presiones seguirán siendo considerables. Para tener una idea, lo normal son 160 kg-f/m<sup>2</sup>, en algunas zonas del edificio se diseñó y dimensionó sobrepasando los 400 kg-f/m cuadrados.

### TAREAS PENDIENTES

Son varias. Según concluyen los expertos, los ensayos futuros debieran ir en la línea de este último sismo, o combinaciones de sismos. Por ejemplo, integrar el terremoto de Valdivia, de 9,5° Richter que cambió la geografía de la ciudad, con el del 27 de febrero pasado, debido a que este último tuvo aceleraciones verticales más allá del sismo de diseño. "La aceleración vertical es de 0.2 g y éste llegó a 0.5 g y a 1.2 g en algunos registros, lo que se supone generó

BIT 72 MAYO 2010 ■ 55

# tecnología innovación



fonos 351 9000 - 229 7272  
contacto@glasstech.cl

www.glasstech.cl

Diseño y vanguardia con

**GLASSTECH**  
UN MUNDO EN CRISTALES Y ALUMINIOS



Vidrio de seguridad termolaminado aplicado en una zona de riesgo como un cajero automático. En este caso la norma se cumple debido a que si bien el vidrio se trizó, éste permaneció en su marco.



GENTILEZA VIDRIOS LIRQUÉN

el colapso de ciertas estructuras, es decir, el movimiento vertical pero incrementado. Esta variable se debe incorporar en futuros análisis, tanto en muros cortina como en otros materiales interiores y por cierto la estructura primaria”, señala Corvalán.

Otro aspecto que podría incidir indirectamente en las pieles de los edificios ante un sismo destructor de grandes desplazamientos y aceleraciones, son todos los sistemas interiores no regulados y que impactan en los cristales, esto es: cielos falsos pesados, mobiliarios, ductos y equipos de climatización, tabiques sueltos o grandes elementos que se desplazan hasta los bordes de las plantas. Varios ejemplos en Ciudad Empresarial y en el aeropuerto de Santiago dan cuenta de este fenómeno. “Debemos regular el diseño y prever como arquitectos de la obra la interacción entre sistemas. No hay otro profesional que esté más capacitado que el arquitecto del proyecto para deducir el daño potencial. Es una tarea a nivel de ense-

ñanza y formación del arquitecto desde la Universidad”, indica Luis Corvalán.

Si bien pasaron la prueba, los expertos concluyen en que hay ciertas variables a mejorar. Primero: La dilatación. Por lo general en la dilatación, o lo que se estima que hay de movimiento relativo entre un piso y otro, según la norma es de 1,5 centímetros. Que un pilar se deforme 1,5 cm es muchísimo, si bien no se alcanza a romper, sí se habla de una gran deformación. “Eso es lo que dice la norma, pero lo que hacemos es diseñarlos con el calculista para una deformación de 3 cm relativos entre un piso y otro. Y esa es una buena práctica, la dilatación más allá de la norma, para lograr la deformación real, la deformación que entrega el edificio, de acuerdo al análisis de su período y de su modo de vibración”, indica Varela.

Otra variable a considerar es el montaje. Hacer pruebas de arranque cuando se trate de un nuevo sistema de muro cortina, por ejemplo en la combinación de muros curvos con

## SIN NORMATIVA

En Chile no hay una norma específica para muros cortina. La Ordenanza de Urbanismo y Construcciones (OGUC) sólo establece las condiciones de seguridad que debe cumplir el muro cortina frente al fuego, pero no sobre la calidad de los cristales. Y justamente la preocupación de la Achival radica en que más del 70% de los edificios de la capital portan muro cortina con vidrio crudo, es decir, corrientes, los que frente a las vibraciones de un temblor se desastillan. Hay opiniones disímiles. “Las aceleraciones están controladas por la presión de viento, por lo que el sismo no sería problema, y las deformaciones que podrían afectar al muro cortina por un terremoto, están controladas por los mecanismos de tolerancias. Esto quedó demostrado con el sismo del 27 de febrero. En el caso de las viviendas, el cristal de seguridad se justifica más, sobre todo en terrazas y en zonas en donde juegan los niños”, explica Varela.

Lo que sí sería un gran avance, es la posibilidad de tener criterios de diseño en elementos interiores como mamparas, donde sí hubo problemas. No obstante, el uso de cristales de seguridad en muros cortina tiene otras ventajas, tales como riesgos de choques o caída de materiales sobre ellos.

planos, y el chequeo y análisis de los anclajes.

Se demostró que los muros cortina representan una solución válida de recubrimiento de fachadas en zonas sísmicas, si son diseñados, fabricados, y montados adecuadamente. Una prueba de seguridad. ■

[www.achival.cl](http://www.achival.cl); [www.accurasystems.net](http://www.accurasystems.net);  
[www.lirquen.cl](http://www.lirquen.cl); [www.lcvarquitectura.com](http://www.lcvarquitectura.com)

(\*) Definición del Manual “Recomendaciones técnicas para el diseño, fabricación, instalación y mantención de muros cortina”. Desarrollado por el Grupo Técnico de Muros Cortina y editado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción. Año 2006.

### ARTÍCULOS RELACIONADOS

- Vidrios, cristales y muro cortina. Diseño y confort en las alturas. Revista Bit N° 65, Marzo de 2009, pág. 64.
- Instalación de muro cortina. Total transparencia. Revista Bit N° 65, Marzo de 2009, pág. 44.
- Muros cortina. Desafíos en el aire. Revista Bit N° 51, Noviembre de 2006, pág. 14.

### ■ EN SÍNTESIS

**Ingeniería aplicada del más alto estándar demostró que los muros cortina son una alternativa segura frente a un sismo severo, como el ocurrido el 27 de febrero pasado. Los expertos concuerdan en que, tras el movimiento telúrico, se pueden mejorar las dilataciones de la estructura, más allá de lo que indica la norma. La seguridad está en el cielo.**

## VIDRIOS DE SEGURIDAD

Si bien existe la norma NCh 135 que determina el uso de vidrios de seguridad, no es obligatoria ya que no figura en la OGUC. “Entre otras variables, señala que en áreas de riesgos se debe construir con vidrios de seguridad, especificando áreas de riesgo como ventanas de piso a cielo, balcones, lucarnas, vidriado horizontal, entre otras superficies”, indica Mónica Budge, jefe de productos especiales de Vidrios Lirquén. “Nuestra propuesta es que la norma pase a ser parte integrante de la OGUC, es decir, que los vidrios de seguridad se coloquen, obligatoriamente, en las áreas de riesgo de una edificación. Por ejemplo, en las ventanas de un departamento con un antepecho de altura adecuada éstos no siempre son necesarios, salvo en el baño, dependiendo de la altura de la ventana, pero sí, indica, que hay que colocarlo en un lugar de alto tráfico, en una clínica por ejemplo, donde el vidrio llega hasta el piso.”, comenta Silva de Achival.

La Asociación estudia una propuesta que contempla que todos los vidrios de seguridad sean certificados por organismos reconocidos, como IDIEM, DICTUC, entre otros. Al margen de las especificaciones de cada fabricante, las empresas asociadas a la Achival, que fabrican vidrios de seguridad, están en un proceso de certificación con el IDIEM, para todos sus productos de seguridad. Lo mismo se pretende lograr en un futuro próximo, con los termopaneles (DVH o doble vidriado hermético).

# MeC



Escuela de Construcción Civil  
MAGÍSTER EN CONSTRUCCIÓN

El Magíster en Construcción, MeC, es el programa de postgrado y especialización de la Escuela de Construcción Civil. El MeC entrega una formación en aspectos avanzados de la construcción desarrollando un pensamiento crítico, creativo e independiente que le permita a su egresado desempeñarse exitosamente en las actividades propias de su área, así como en docencia e investigación.

**Requisitos:** Se requiere un grado académico de licenciado o título equivalente en las áreas de la construcción, arquitectura, ingeniería o industrias. O en otra área, previa aprobación del Comité de Postgrado.

**Duración:** Según la carga de trabajo académico semestral de cada alumno y las convalidaciones, el programa puede durar entre dos y cuatro semestres, en horario vespertino.

**Fechas:** Las postulaciones para el primer semestre (período académico marzo-julio) se realizan entre octubre y diciembre del año anterior. Las postulaciones para el segundo semestre (período académico agosto-diciembre) se realizan entre mayo y julio del mismo año.



## Informaciones

Los interesados deben contactarse con la Escuela de Construcción Civil UC  
Av. Vicuña Mackenna 4860  
Fonos: 3547228 - 354 4565 - 354 4912  
Mail: [magisterenconstruccion@uc.cl](mailto:magisterenconstruccion@uc.cl)  
Web: [www.mec.uc.cl](http://www.mec.uc.cl)