

**VULNERABILIDAD
SÍSMICA**

REHABILITACIÓN

DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

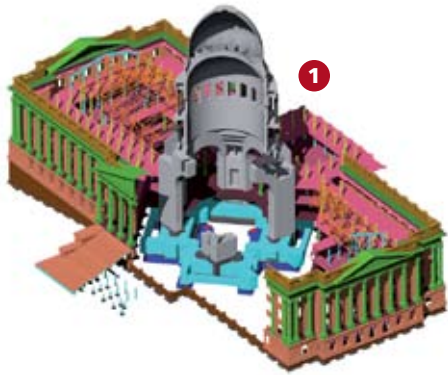
■ El mejoramiento de la resistencia sísmica de estructuras existentes representa un tema clave para un país como Chile. En especial, si consideramos que los sismólogos proyectan un movimiento telúrico severo en la zona Norte. ■ Por lo tanto, los especialistas recomiendan una pronta identificación y evaluación de las estructuras vulnerables ante un futuro evento. La clave está en reforzar las estructuras. Hay casos concretos.

PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT



S I BIEN EL TERREMOTO de febrero dejó de manifiesto el adecuado comportamiento de la mayoría de las estructuras nuevas para un evento de tal envergadura, simultáneamente dejó planteada una interrogante: ¿cómo responderán las estructuras existentes, nuevas y antiguas, que aún no han sido sometidas a un violento terremoto como el de febrero 2010? “El terremoto dejó en evidencia la vulnerabilidad de una serie de estructuras frente a eventos de la naturaleza. Por eso es prioritario identificar el nivel de vulnerabilidad de las estructuras y tomar la decisión de qué hacer con ellas ante el riesgo de un futuro movimiento telúrico”, postula Ernesto Cruz, profesor de ingeniería estructural del Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

En Europa y Estados Unidos existen numerosos casos de mejoramiento sísmico de estructuras existentes, lo que se conoce como “Upgrade o Retrofit”. Un ejemplo cercano. Cuando ocurrió el terremoto de Loma Prieta (1989), en California, Estados Unidos, se produjeron múltiples daños en gran cantidad de estructuras. “Inmediatamente se reaccionó y se recuperaron las estructuras dañadas. Luego vino una segunda etapa que consistió en la evaluación del universo de estructuras que no tuvieron daños y cómo adaptarlos sísmicamente”, cuenta Juan Carlos de la Llera, decano de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile y presidente de SIRVE S.A., compañía especializada en desarrollo de tecnología sis-



GENTILEZA FORELVESESSER ENGINEERS, INC.



GENTILEZA DIS

UTAH STATE CAPITOL BUILDING
1. Corte del modelamiento en 3D de la estructura con la solución propuesta. 2. Construido en 1915, el edificio fue rehabilitado con aisladores sísmicos basales.

morresistente.

En nuestro país este concepto también se conoce como Retrofit, aunque del mismo modo se emplean los términos “rehabilitación sísmica o mejoramiento sísmico”, los que utilizaremos en este artículo. Estos conceptos preocupan y ocupan a los profesionales y expertos chilenos, que coinciden en la necesidad de evaluar y eventualmente reforzar las estructuras existentes vulnerables.

VULNERABILIDAD SÍSMICA

Rehabilitar una estructura existente para prevenir daños ante un sismo severo, se relaciona con dos etapas previas: identificar cuáles son las estructuras que necesitan rehabilitación y decidir cómo se ejecutará el mejoramiento.

Cuando se habla de rehabilitar una estructura, “se alude a que se necesita de un cambio importante en su seguridad sísmica por-

que estamos ante una edificación cuyo comportamiento la hace vulnerable. Así por ejemplo, en el reciente terremoto se observó que los daños en muros fueron más bien de comportamiento frágil, por lo que comparando edificios que tuvieron daños y aquellos que apenas muestran daño incipiente, por ejemplo en la cabeza de muros, la diferencia puede ser tal vez sólo algunos ciclos adicionales del sismo. Entonces, esta vulnerabilidad obliga a preguntarse si hay más estructuras a las cuales se les debiese aplicar un cierto grado de mejoramiento”, apunta

Juan Carlos de la Llera.

Otro factor a considerar. Los expertos coinciden en que no todas las estructuras pueden ser rehabilitadas. Si se definen prioridades, hay dos criterios que se deberían poner en la balanza. El primero, “la importancia de que la estructura quede operativa tras el evento”, señala Fernando Yáñez, director de IDIEM. El segundo, la edad de la estructura, “de manera de revisar desde las más antiguas a las más nuevas para luego identificar aquellas estructuras que podrían ser vulnerables por sus singularidades arquitectónicas”, señala

Tomás Guendelman, past presidente de la Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica, (ACHISINA) y presidente de IEC Ingeniería S.A. También se debe considerar que ciertas edificaciones patrimoniales, como iglesias u



El Museo de Arte Contemporáneo resultó con daños en su fachada y en áreas interiores.

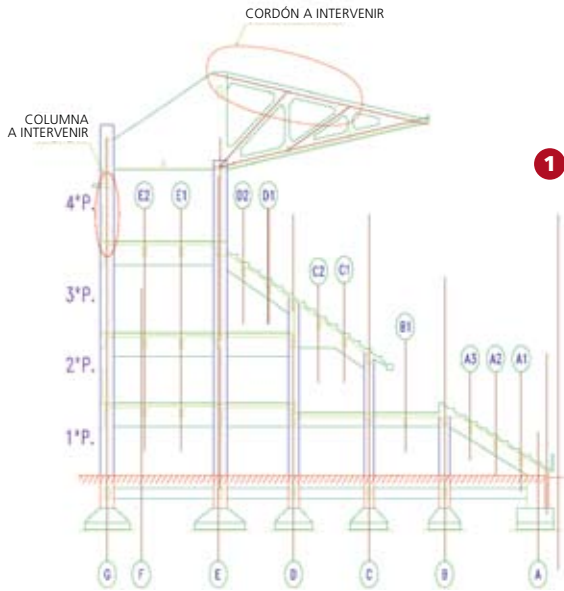
TIPOS DE ESTRUCTURAS

¿Cuáles estructuras rehabilitar?
Es la gran interrogante. Existe cierto consenso entre los especialistas.

1. Edificaciones estratégicas y de utilidad pública, tales como aeropuertos, puertos, puentes, túneles, caminos, energía y aquellas estructuras de la administración pública esencial o “líneas de vida”, que deben quedar operativas luego de un evento. Instituciones como Carabineros y Bomberos, Hospitales, servicios básicos y telecomunicaciones en general.

2. Edificaciones educacionales y recintos públicos que albergan gran cantidad de personas. Catastrar todas las salas cunas, los colegios primarios y secundarios y las universidades, es decir, todos los recintos educacionales y de espectáculos masivos, como ser estadios y teatros.

3. Obras patrimoniales



GENTILEZA SIRVE S.A.

otras estructuras de valor histórico, pueden requerir de proyectos de Retrofit estructural, para proporcionarles niveles de seguridad sísmica compatibles o comparables con los exigidos por los códigos de diseño actual. Estructuras como museos, por su parte, pueden requerir de proyectos de retrofit para brindar protección a sus invaluable contenidos.

La vulnerabilidad sísmica no representa el único riesgo que enfrentan las estructuras. Una muestra. "Para una ciudad no sólo importa la variable sísmica. Antofagasta, por ejemplo, tiene características geográficas que la hacen vulnerable en algunos sectores, a los aludes o aluviones", ejemplifica Ernesto Cruz. Así, el mejoramiento de una estructura existente también es aplicable a otros eventos como ciclones, tornados y tormentas eléctricas. Pero también puede ser necesario intervenir una edificación por otras razones, como cambio de uso, daños por corrosión o ataque químico, incendio, entre otras. Un aspecto vital en la intervención es la conexión entre elementos nuevos y anti-



guos por medio de fijaciones y el uso de refuerzo.

En resumen, la rehabilitación debe partir por aquellas edificaciones que tienen un impacto desde el punto de vista operativo (más información en Recuadro página 20). Definido el tipo de estructura a rehabilitar, comienza su evaluación.

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS

En la edición N° 73 de Revista BIT se investigó el "Daño Sísmico en Estructuras", a propósito del terremoto de febrero, reportaje que en-

ESTADIO NACIONAL

1. Identificación de elementos a reforzar en elevación de marco típico.
2. Grietas en cercha.
3. Refuerzo al corte de columnas más placa base para anclaje.

tregó algunos lineamientos que todo Proyecto de Recuperación Estructural debería contemplar, tanto para reparación como para refuerzo. Pero en la rehabilitación de estructuras existentes, el mejoramiento sísmico requiere análisis diferentes a los convencionales. Así, definido el tipo de estructura a rehabilitar, se debe ejecutar su evaluación para determinar las posibles consecuencias que podría generar un terremoto. Un procedimiento para la intervención sísmica de edificios vulnerables debería considerar el desarrollo de estudios tales como:

1. PROSECCIÓN DE MATERIALES: destinado a identificar aspectos como las calidades de aceros y hormigones. Si estamos ante

¿ANDAMIOS CIRCULARES? ...¡FORM SCAFF LOS TIENE!



Innovación es colocar un producto o servicio inexistente hasta el momento a disposición de los clientes. Form Scaff y su sistema de andamios Kwik Stage entrega andamios para aplicaciones circulares con continuidad total en el perímetro con flexibilidad de niveles y plataformas. Barandas de seguridad en varios niveles y rodapie exterior e interior complementan dando seguridad.

Con más de 30 años de desarrollo, Kwik Stage demuestra por qué, tal vez es el andamio más usado en el mundo.

Visite nuestro nuevo sitio web



(56-2) 738 5019
www.formscaff.cl
info@formscaff.cl



Una empresa certificada por



EL CASO DEL NORTE

EN CHILE EXISTÍAN dos lagunas sísmicas en las cuales durante décadas no hubo terremotos de magnitud por sobre los 8° Richter. Una de estas lagunas estaba ubicada entre Concepción y Constitución, cuya energía se liberó durante el sismo de febrero. La segunda está en la zona norte y lleva 130 años acumulando energía, pues el último sismo superior a 8° ocurrió en 1877 en Mejillones. “Mientras en Concepción nos encontramos con suelos muy blandos, ante un futuro evento en el Norte, los suelos y fundaciones no deberían presentar problema. Sin embargo, hay que poner atención en la calidad de la construcción, ya que por el tipo de clima se tiende a ejecutar edificaciones más precarias, de alta vulnerabilidad”, apunta Ernesto Cruz.

Un fenómeno que aumenta la vulnerabilidad de las estructuras es la corrosión, en particular en ciudades costeras. “La corrosión puede transformar estructuras que originalmente eran no vulnerables, en vulnerables, por tanto, cuando se hace una evaluación global de vulnerabilidad, no sólo hay que evaluar la estructura como era originalmente, sino a través del tiempo y cómo ha ido cambiando, si se han introducido modificaciones, su deterioro por el uso, clima y materiales”, destaca Cruz.



ra, el profesional a cargo de la rehabilitación, estará capacitado para realizar un análisis preliminar de la vulnerabilidad sísmica de la estructura e identificar aspectos deficientes tales como falta de resistencia, de rigidez, confinamiento, o eventuales problemas del suelo de fundación. “Con la información recopilada durante este levantamiento, se puede efectuar un diagnóstico preliminar de la respuesta sísmica de la estructura, en el que se evalúa si cuenta con elementos sismorresistentes, con capacidad resistente o rigidez suficientes, o si la estructura enfrentará aceleraciones de piso o deformaciones de entrepiso que puedan afectar su operación, o causar daños económicos significativos, por daños en sus contenidos”, señala Retamales. Es decir, se hace un diagnóstico completo de la estructura y de los efectos sobre sus contenidos, y en base a las deficiencias que se precisa superar, se evalúan las alternativas de rehabilitación (más información en Revista BIT N° 73, págs. 26 a la 34).

una estructura que se construyó hace 20 años, “es lógico pensar que sus propiedades han cambiado. Por lo tanto necesito conocer los materiales que la conforman, como la calidad del hormigón, de los ladrillos y de los elementos de acero, entre otros”, relata Guendelman. Durante este estudio, se evalúa además la mantención que se ha dado a las estructuras, aspecto crítico para edificaciones ubicadas en ambientes corrosivos.

2. LEVANTAMIENTO DE USO: En 20 años, el uso de una estructura puede cambiar, y esos datos deben ser recopilados para obtener una caracterización de uso de los recintos, a fin de determinar más detalladamente las sobrecargas de uso y los pesos presentes en los recintos de la estructura.

3. CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA: Asimismo, se debe desarrollar una serie de estudios y ensayos para la caracterización geotécnica del suelo de fundación en el sitio de emplazamiento de la estructura. “Hoy se está haciendo una reclasificación de suelos, para fines de cálculo de demanda sísmica, en el marco de la nueva norma NCh433. Esto, porque se observaron ciertos problemas con la clasificación anterior, que llevaba a una subestimación de demandas para edificios ubicados en suelos de baja calidad geotécnica”, comenta Rodrigo Retamales, ingeniero civil de la Oficina Rubén Boroschek y Asociados Ltda.

4. ESTUDIO DE PELIGRO SÍSMICO: Muchas de las estructuras que se someten a

proyectos de Retrofit requieren de la ejecución de estudios de peligro sísmico local, de modo de determinar de manera detallada el peligro sísmico en el sitio de emplazamiento de la estructura.

Con estos antecedentes, junto con una revisión preliminar de los planos de la estructu-



EX ADUANA DE ARICA

1. Foto de la estructura en la actualidad.

2 y 3. Rehabilitación de 1991. Se descubren las cornisas y se afianza con cadena y diafragma con malla de acero.



Sistemas Solares Junkers. Máxima eficiencia por 20 años o más.



SALT LAKE CITY & COUNTY BUILDING

1. Primer edificio rehabilitado con aisladores basales. 2. Detalle del aislador basal. 3. Sumado a la adaptación sísmica, también se restauró el interior y el exterior de la estructura, en particular la restitución original de la fachada.



GENTILEZA JACOBSEN CONSTRUCTION COMPANY, INC.

LOS CASOS

Según los expertos consultados, en el mejoramiento estructural hay dos líneas de trabajo. La convencional, que involucra intervención estructural en base a técnicas como el encamisado con acero, entre otras. Y la no convencional, que apunta a las técnicas de aislación sísmica de base y disipación de energía, cuyo origen fue la rehabilitación de estructuras existentes. A continuación, Revista BiT presenta una selección de proyectos, tanto nacionales como extranjeros, en los que se ha realizado rehabilitación. Partimos por Chile.

ESTADIO NACIONAL

La reparación y reforzamiento post sismo de las columnas de hormigón armado del sector de marquesina, es uno de los casos emblemáticos de rehabilitación ejecutado en el país, cuya unidad técnica la lideró la Dirección de Arquitectura del MOP.

La marquesina tiene una planta aproximada de 35 x 90 m y la estructura resistente está compuesta por 16 marcos rígi-

dos transversales de hormigón armado, amarrados con vigas y losas en el sentido longitudinal (ejes 109 a 124), con una separación promedio entre ellos de 5,66 metros. Tiene aproximadamente una altura total de 21 m y un ancho de 35 m, con cuatro niveles sobre la base. El cielo del cuarto nivel continúa con una marquesina compuesta por 16 cerchas de hormigón armado que se apoyan en dos columnas de 110 x 50 cm, ubicadas en los ejes E y G.

Producto del terremoto, "las columnas de hormigón armado del piso 4, ubicadas en la intersección del eje G con los ejes 117, 118, 119 y 120, resultaron con daño estructural por esfuerzos de corte", señala Felipe Cantillano, ingeniero estructural de SIRVE S.A, empresa derivada de DICTUC, que realizó el estudio para el MOP. Las demás columnas del eje G presentaron daños menores.

La solución planteada por DICTUC consistió en reforzar a través de un proceso de postensado las 16 columnas del eje G, de manera que quedaran sometidas a cargas



Soluciones integrales en proyectos solares

- ▶ Amplia gama de productos
- ▶ Evaluación de proyectos
- ▶ Ingeniería de detalles
- ▶ Capacitación de sus instaladores
- ▶ Supervisión
- ▶ Instalación Junkers
- ▶ Contrato de mantención



 **JUNKERS**
Grupo Bosch

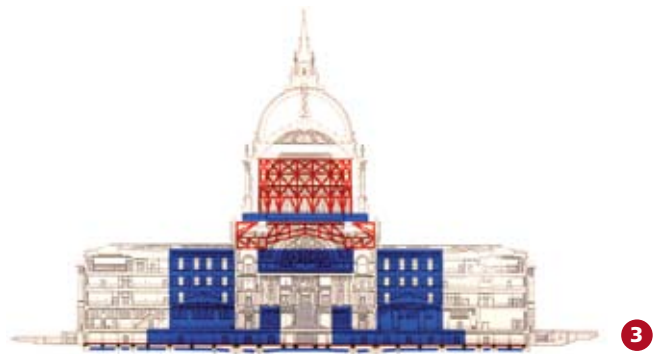
www.junkers.cl

E-mail: proyectos.junkers@cl.bosch.com

Fono: (2) 782 0200 - Fax: (2) 782 0300



GENTILEZA ROBERT CANFIELD



SAN FRANCISCO CITY HALL

1. Tras el sismo de Loma Prieta, California, la estructura quedó con daños en la cúpula y profundas grietas en muros y losas.
2. Detalle de los gatos que levantaron la estructura, en conjunto con los aisladores que se instalaron en la base.
3. Modelamiento del edificio en aquellas zonas donde se aplicó Retrofit.

de compresión para esfuerzos sísmicos. Además, se observaba daño estructural en las cerchas de hormigón armado de los ejes 110 y 112, y en la zona de unión del tensor superior con los elementos estructurales de soporte, daño caracterizado por profundo agrietamiento del hormigón.

La primera etapa se centró en la reparación de las columnas del piso 4 del eje G, que fueron reforzadas con tejidos unidireccionales de fibra de carbono, para aumentar su capacidad resistente frente a esfuerzos de corte. Se repararon las cerchas 110 y 112, y se reforzaron con tejidos de fibra de carbono para aumentar su capacidad resistente a esfuerzos de tracción. También se pretensaron las columnas del eje G de todos los marcos, para contrarrestar esfuerzos de tracción a los que podrían quedar sometidas como causa de algún sismo severo.

EX ADUANA DE ARICA

La Ex Aduana de Arica, hoy Casa de la Cultura, es un símbolo de la ciudad por ser parte de un proyecto de reconstrucción emprendido luego del terremoto y tsunami de 1868 y haber sobrevivido a otros eventos telúricos: los terremotos y maremotos de 1877 y 1895 y luego los sismos del siglo XX. Fue diseñada y fabricada en las oficinas de Gustave Eiffel y se terminó de construir en 1871.

En 1991 se restauró por daños registrados a causa de un fuerte sismo en la zona. “Presentaba grietas horizontales y daños en los vértices, para lo cual se generó una cadena por todo el perímetro del edificio de tal forma de transmitir las cargas mediante pilares de hor-



migón insertos en los muros de albañilería”, detalla Álvaro Rojas Vio, jefe de arquitectura patrimonial del IDIEM, entidad encargada de hacer el actual estudio de rehabilitación del recinto.

Otro problema del edificio es que descansa en grandes bloques de piedra liparita unidos por flejes metálicos. “Esta piedra, que es propia de la zona, es muy porosa, y es afectada por humedad por capilaridad, lo que repercute en los flejes metálicos, oxidándolos, terminando por reventar la piedra de la base”, prosigue Rojas.

En la actualidad, el edificio ha vuelto a presentar grietas debido a nuevos sismos, así como problemas de humedad. Por ello, el MOP regional encargó a IDIEM un estudio de

restauración y puesta en valor para consolidar la estructura. Para lograrlo, “tenemos que reforzar el tímpano o parte superior, de manera de contener las fisuras horizontales que han aparecido. También se han observado daños en muros de albañilería, los que se van a abordar mediante malla ACMA y shotcrete, solución que aumenta la resistencia al corte de los muros de albañilería”, expresa Álvaro Rojas. Seguimos con los casos internacionales.

SALT LAKE CITY & COUNTY BUILDING

La adaptación sísmica del edificio municipal de Salt Lake City, en el estado de Utah, marcó un antes y un después en el uso del Retrofit estructural en Estados Unidos. De hecho, éste fue el primer edificio rehabilitado con aislación sísmica. Debido a su situación geográfica, ubicado sobre la falla geológica de Wasatch, zona de riesgo moderadamente alta, sumado a que su diseño original no consideraba seguridad sísmica, la edificación presentaba una alta vulnerabilidad. Para protegerlo, la empresa constructora Jacobsen instaló 433 aisladores sísmicos de base, fabricados por Dynamic Isolation Systems (DIS-Inc), y diseñados para soportar un terremoto sobre 7° en la escala de Richter. La rehabilitación se completó en mayo de 1989. Sumado a la adaptación sísmica, también se restauró el interior y el exterior de la estructura, en particular la restitución original de la fachada.

SAN FRANCISCO CITY HALL

El primer edificio del Municipio de San Francisco fue construido a finales de 1800. Pero en

ENSEÑANZAS

En Chile, las experiencias en rehabilitación sísmica de estructuras existentes son escasas. Las conclusiones, por lo mismo, son preliminares:



GENTILEZA ROBERT CANFIELD

cular para edificaciones patrimoniales, aparece en la discusión futura. Un ejemplo: “En Japón, después de Kobe, se aplicó Retrofit en hospitales y edificios antiguos. La mayoría de los colegios públicos tenían una cierta configuración, susceptible de tener daños. Luego del sismo, el Gobierno diseñó un programa de mejoramiento de todos esos edificios”, recuerda Ernesto Cruz.

■ **ESTRUCTURAS EN EL NORTE:** Para Fernando Yáñez, “se debe tomar conciencia de las estructuras que son vulnerables y enfrentar esta problemática. Pensemos en el caso del Norte”. Y Ernesto Cruz agrega: “Si hacemos una evaluación sísmica en Iquique o Arica, donde se espera un terremoto grande, es lógico pensar que ‘a un hospital se le debe aplicar X nivel de mejoramiento, en cambio a un edificio de oficina, otro nivel’.

tan sólo 28 segundos, la estructura se derrumbó durante el terremoto de 1906. Un nuevo edificio (el actual) abrió sus puertas en 1915. Pero la historia casi se repite en 1989, cuando un nuevo sismo (Loma Prieta, California) azotó la construcción con una aceleración máxima del suelo de 0,10 g, dejando con severos daños la cúpula y profundas grietas en los muros y losas. Se decidió hacerle un Retrofit, para lo cual, la empresa de ingeniería estructural Forell / Elsesser In-

■ **CONOCIMIENTO Y EVALUACIÓN:** “La rehabilitación exige conocer las características de una estructura existente, por lo tanto, el profesional a cargo debe saber hacia qué nivel la quiere llevar, y qué necesita hacer para que esa estructura no tenga los problemas que presentó la original”, opina Tomás Guendelman.

■ **VULNERABILIDAD SÍSMICA:** “En rigor, las estructuras debieran ir mejorando en lo que a técnicas para reducir daños producidos por terremotos se refiere. Sin embargo, el sismo de febrero develó que un número no menor de estructuras, relativamente nuevas, sufrió daños severos en sus contenidos, afectando la operación de las estructuras o causando pérdidas económicas por daños en componentes no estructurales, equipamiento y contenidos”, comenta Rodrigo Retamales. Por ello es urgente conocer y definir cuáles son las estructuras vulnerables, en términos estructurales, no estructurales y funcionales, y cuáles no lo son. Este conocimiento permitirá tomar las medidas de protección y refuerzo necesarias.

■ **LAS TÉCNICAS:** “Conociendo las características de la estructura y sus fallas, se pueden aplicar distintas técnicas de rehabilitación, las que van desde las más convencionales, como la fibra de carbono o los refuerzos de acero y hormigón, hasta la aplicación de los sistemas de aislación y disipación de energía”, comenta Juan Carlos de la Llera.

■ **EXPERIENCIA INTERNACIONAL:** Aplicar experiencias extranjeras de rehabilitación, en parti-

genieros, desarrolló un plan de adaptación sísmica a partir de la aislación sísmica basal, combinado con el fortalecimiento de la superestructura. Para llevar a cabo la aislación sísmica de base, el edificio debió ser apuntalado, se cortaron columnas de acero del edificio existente y muros perimetrales de albañilería para luego instalar aisladores por encima de las bases existentes. El fortalecimiento de la superestructura incluyó una planta baja, que se construyó sobre los ais-

GEOPIER CIMENTACION INTERMEDIA® PILAS DE GRAVA COMPACTADA

EMIN
SISTEMAS
GEOTECNICOS S.A.



ELEMENTOS RIGIDOS DE ALTA RESISTENCIA
CONTROL DE ASENTAMIENTOS
CAPACIDAD DE CARGA SUPERIOR
AHORRO EN COSTOS DE CIMENTACIÓN

MUROS
DE CONTENCION
www.sistemasgeotecnicos.cl

EMIN
SISTEMAS
GEOTECNICOS S.A.



MUROS TEM O MSE ANTISISMICOS
SISTEMA PREFABRICADO
NO UTILIZA ACERO
TERMINACION ESTETICA
ESTRIBOS DE PUENTES



geoemin@emin.cl - Tel. 299 8003 299 8005

OTRAS REHABILITACIONES



GIMNASIO NUEVA IMPERIAL

Elementa Soluciones Estructurales evaluó en 2005 la factibilidad de aplicar fibra de carbono como refuerzo estructural, lo que se ejecutó en el Gimnasio Municipal de Nueva Imperial, IX Región, Chile. La edificación presentaba deformación (superior a los 40 cm) en sus vigas de techo y en la parte superior de los pilares que las sustentaban (15 cm de deformación), poniendo en riesgo su estabilidad y nivel de operación. Se consideró el uso de dos tecnolo-

gías. Primero se utilizó un postensado exterior aplicado en la parte superior de los pilares que permitió a las vigas principales recuperar su deformación y luego se reforzaron los pilares con fibra de carbono para que fueran capaces de resistir las solicitaciones sísmicas. El gimnasio tuvo un adecuado comportamiento al último terremoto.



GENTILEZA ELEMENTA

PUENTE RODRIGO DE BASTIDAS

Previo al terremoto, la misma empresa evaluó y reforzó algunos puentes que presentaban problemas de degradación, como el Puente Rodrigo de Bastidas, Villarrica, IX Región, Chile. La evaluación determinó la necesidad de reforzar con fibra de carbono algunos elementos estructurales, con el objetivo de aumentar su vida útil. Presentaba problemas en pilares, arcos y muros cabezales. Los pilares y arcos tenían fallas de compresión, mientras que los muros, fallas de corte. En el primer caso, se empleó fibra de carbono como elemento confinante para incrementar la capacidad resistente a la compresión. En muros se corrigió la falta de armadura de corte. El puente no registró daños durante el último terremoto de febrero pasado.



GENTILEZA ELEMENTA

EDIFICIO 26, HOSPITAL DE LA ARMADA

La estructura es parte del Complejo del Centro Médico Naval Balboa en San Diego, Estados Unidos. Con una superficie de 16.700 m², distribuidos en 6 pisos y 3 subterráneos, el proyecto incluyó la conversión del recinto en un centro de estudios. Después de un análisis con cargas sísmicas, se determinó que algunos muros no tenían capacidad suficiente para resistir esfuerzos de corte. La solución de refuerzo incluyó la combinación de fibra de carbono (TYFO Fibrwrap, que distribuye Tecnoav S.A.) y apuntalamientos. El refuerzo del muro incorporó fibra de carbono para cargas adicionales de corte y planchas verticales de acero con anclajes para restringir las fuerzas de corte en el extremo de los muros. Para transferir la capacidad incrementada de carga en el diafragma, ángulos de acero fueron adheridos en la parte superior, entre muro y losa.



GENTILEZA TECNOAV S.A.

ladores. En la actualidad hay un total de 530 aisladores, fabricados por la empresa Dynamic Isolation Systems (DIS-Inc).

UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA, BERKELEY

En una reciente Misión Tecnológica organizada por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), se realizó una visita a la Universidad de California en Berkeley, Estados Unidos. Debido a la falla que atraviesa el campus (Hayward Fault), la entidad decidió, a principios de 1970, poner en marcha un programa integral de seguridad y rehabilitación sísmica. Su objetivo era preservar sus edificios históricos y asegurar que cualquier construcción nueva pudiese resistir un sismo futuro con niveles aceptables de daño. Un caso particularmente atractivo, por los desafíos técnicos y logísticos involucrados, es la rehabilitación, actualmente en curso, del Estadio Memorial de la Universidad de California, que se extenderá hasta el 2012. El coliseo se ubica sobre la falla anteriormente mencionada, fenómeno que a través de los años ha significado un desplazamiento lateral del coliseo de aproximadamente 1,2 mm al año, por lo que "la universidad decidió ejecutar un estudio técnico que consiste en cortar, literalmente en dos el estadio, construyendo una junta de dilatación", comenta Andrés Beca, gerente general de Brotec y miembro de la Misión.

Se inicia un largo camino en lo que a rehabilitación se refiere. La experiencia internacional adelanta una ardua labor que tendrán en los próximos años todos los profesionales chilenos de la construcción. La buena noticia es la calidad de la ingeniería local y las técnicas con que hoy en día se construyen las nuevas estructuras. El desafío lo tienen ahora las edificaciones existentes. ■

ARTÍCULOS RELACIONADOS

- "Daño Sísmico. Levantando estructuras". Revista BIT N° 73, Julio de 2010, pág. 14.
- "Hormigón. Las técnicas precisas". Revista BIT N° 73, Julio de 2010, pág. 26.
- "Albañilería. Soluciones sólidas". Revista BIT N° 73, Julio de 2010, pág. 38.
- "Edificios emblemáticos. Diagnóstico e identificación de daño estructural". Revista BIT N° 73, Julio de 2010, pág. 70.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA,
DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS



MAC

MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

PLANIFICACIÓN ADMINISTRACIÓN
NEGOCIOS ARQUITECTURA
INMOBILIARIA INGENIERÍA

INTEGRAMOS CONOCIMIENTO PARA CONSTRUIR NUEVOS MUNDOS

Las necesidades reales de la industria de la construcción requieren profesionales capaces de liderar en la aplicación de metodologías modernas de gestión y estrategias de proyectos.

Con un prestigioso cuerpo docente, MAC UC es el único Magíster en Chile que logra integrar el conocimiento de todas las áreas que participan en un proyecto.



Postulaciones Abiertas 1º Semestre 2011

Más información en: Mail: coordinacionmac@cchc.cl
Teléfono: 3547050 – 3763375

www.macuc.cl

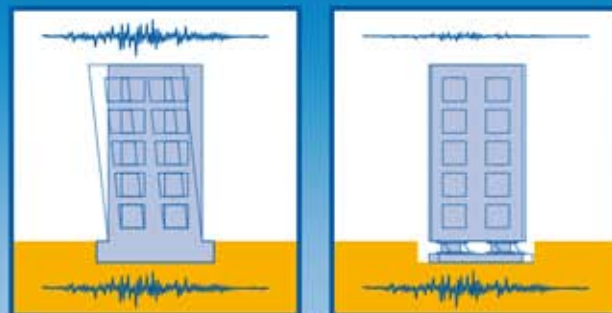
AISLAMIENTO SÍSMICO

Aprobado por el mejor sistema de medición: El Terremoto del 27 de Febrero de 2010

Más de 20 años de experiencia en fabricación de elementos de Aislamiento Sísmico.

Ventajas:

1. Protección a la Vida
2. Seguridad Estructural
3. Protección de Contenidos
4. Continuidad de Operación
5. Protección de Líneas Vitales
6. Reducción de Costo Estructural
7. Menores Primas de Seguros



El Aislamiento Sísmico permite reducir las vibraciones de una estructura entre 6 y 8 veces con respecto a una estructura convencional.



Viaductos

Marga-Marga, Rodelillo El Salto, La Cigüeña I y II, Cartagena, Autopista Radial Nororiental.



Hospitales

Hospital Militar, San Carlos de Apoquindo, ACHS Santiago y Viña del Mar, Hospital Clínico U. de Los Andes.



Universidades

Facultad de Ingeniería PUC, Edificio Hernán Briones PUC.



Obras Portuarias

Muelle Coronel.



Viviendas Sociales

Comunidad Andalucía.



Transporte Urbano

Líneas 4 y 5 Metro de Santiago.



Edificios Públicos

Centro de Justicia.



Edificios Corporativos

Edificio Vulco.



VULCO®

VULCO S.A.

Av. San José 0815, San Bernardo, Santiago, Chile
Teléfono: (56-2) 754 22 00 • Fax: (56-2) 879 99 59
e-mail: ventas@weirminerals.cl





TENSOCRET

SISTEMAS PREFABRICADOS EN HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO

EDIFICIOS HABITACIONALES PREFABRICADOS EN HORMIGÓN ARMADO SOBRE AISLADORES SÍSMICOS

EN CONSTRUCCIÓN

Edificio Marina Paihue
Lago Villarrica
Pucón

TENSOCRET®, avanza en el perfeccionamiento de sus clásicos sistemas prefabricados utilizando su Loseta nervada TT® certificada al fuego y de excelente comportamiento ante el sismo, reduciendo de manera considerable los tiempos de construcción y ofreciendo la incorporación de sistemas de aislación sísmica para sus edificios.

RAPIDEZ DE CONSTRUCCIÓN

- Reduce en un 50% los tiempos de construcción.
- Permite la simultaneidad de faenas en obra.
- Ahorro en el total de la construcción.

LOSETA NERVADA TT®

- Eficaz diafragma rígido sísmico.
- Resistencia al fuego certificada.
- Óptima calidad de terminación.

AISLACIÓN SÍSMICA

- Asegura continuidad de uso inmediato del edificio.
- Alto nivel de seguridad estructural.
- Resguarda y protege contenidos y enseres.



INSTITUTO CHILENO DEL ASFALTO Y BITUMIX S.A.

NORMALIZACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

Importantes diferencias de desempeño entre los diversos tipos de mezclas asfálticas usadas en el país descubrió una investigación realizada por el Instituto Chileno del Asfalto (Ichas) y la empresa constructora Bitumix S.A. El estudio midió el ahuellamiento, módulo y fatiga de las mezclas, encontrando diferencias entre ellas que los métodos tradicionales de análisis no son capaces de detectar. Este artículo presenta los resultados de la investigación, y representa la continuación del reportaje publicado en la edición anterior (BIT N° 75 página 36).

La investigación denominada “Normalización de Mezclas Asfálticas”, se planteó como objetivo, mejorar el desempeño, duración y comportamiento de los pavimentos asfálticos, con lo que se intenta conseguir aumentar la rentabilidad de las inversiones en infraestructura. Además, se pretende desarrollar un manual de normas de distintos tipos de mezclas en función del uso, los factores ambientales y las solicitaciones a las que se verán expuestas. Esta iniciativa comenzó en 2008, en el marco de un Proyecto de Innovación de Interés Público, financiado por InnovaChile de Corfo, cuya institución beneficiaria es el Instituto Chileno del Asfalto (Ichas), con la co ejecución de la empresa Bitumix S.A. A casi tres años desde su inicio los estudios ya comienzan a arrojar importantes resultados.

Con el fin de determinar umbrales o rangos de propiedades mecánicas de los distintos tipos de mezclas asfálticas, para poder evaluarlas según su comportamiento, la investigación consideró las mezclas ya utilizadas en el país y ensayó algunas nuevas. Para todos los ensayos se utilizó el mismo árido, que es la grava característica de Santiago. Se trata de gravilla 13-17, gravilla 6-13 y polvo de roca 0-6. Los áridos fueron estudiados con equipo CPA (Coeficiente de Pulimento Acelerado), que permite medir en laboratorio las características superficiales del árido, y con equipo Microdeval, para medir desgaste. Estos ensayos a los áridos indicaron que se trata de gravas arenosas y bien graduadas, siendo acotadas en sus tamaños desde el mínimo hasta el máximo. Además, se trata de gravas 100% chancadas y con bajo desgaste de Los Ángeles.

En el estudio se utilizaron cinco

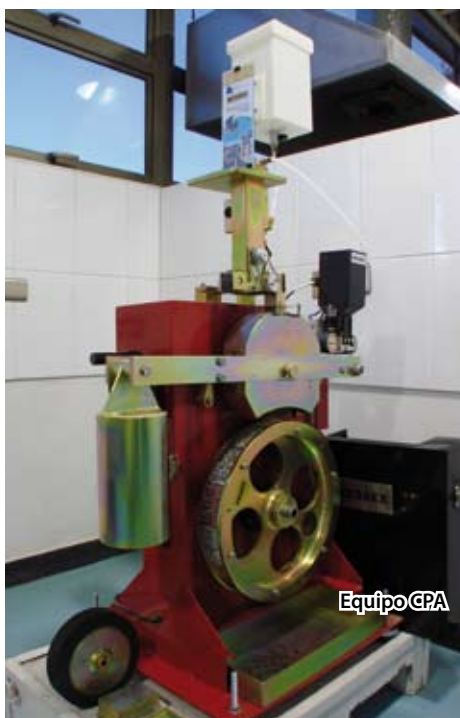
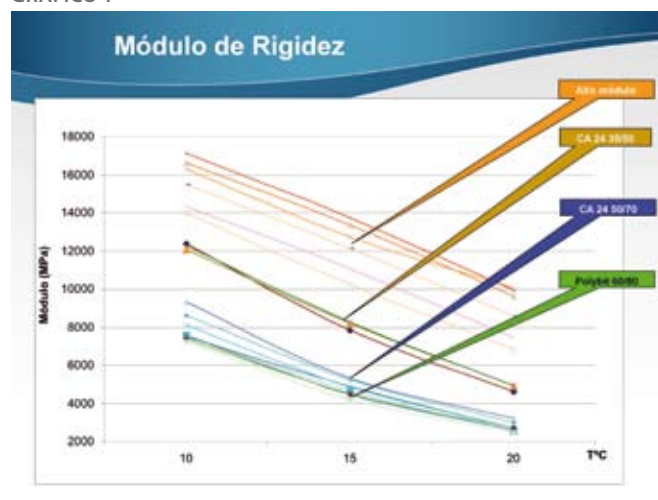


GRÁFICO 1



tipos de cementos asfálticos: CA 24 (35-50); CA 24 (50-70); Polybit 60-80; Alto Módulo 10-20 y; Alto Módulo 20-30, los que fueron analizados utilizando el método Shell para determinar módulo, y con equipos de Reómetro de Corte Dinámico y Microscopio Epifluorescencia, el que registra la homogeneidad de la distribución polimérica en los cementos asfálticos.

TIPOS DE MEZCLAS

Para el estudio, y basándose en el Manual de Carreteras y Especificaciones Técnicas de Aeropuertos, se definieron 17 tipos de mezclas, las que fueron divididas en tres categorías:

1) Mezclas Semidensas, actualmente utilizadas sólo para carpetas asfálticas, con las que se ensayaron nueve mezclas de tipo carpeta, binder y base, poniendo como variable los distintos tipos de asfaltos.

2) Mezclas Densas, muy poco usadas actualmente salvo en vialidad urbana. Con ellas se generaron cinco alternativas de asfaltos en modalidad carpeta y binder.

3) Mezclas para Aeropuertos, usadas actualmente en terminales aéreas, de las que se generaron 3 tipos de mezcla utilizando un solo tipo de cemento asfáltico, el CA 24 (50-70).



Microscopio
Epifluorescencia

Las 17 mezclas fueron analizadas y comparadas entre sí. Para ello se utilizó el método de compactación Marshall, con el fin de contrastar los análisis utilizados actualmente, con los nuevos ensayos. También se midió compresión diametral (módulo de rigidez y fatiga), ahuellamiento inmerso en agua a 50° C, Permeabilidad, PGC (prensa giratoria) y compresión normal. En estos dos últimos también se analizaron mezclas con aditivos mejoradores de adherencia.

RESULTADOS

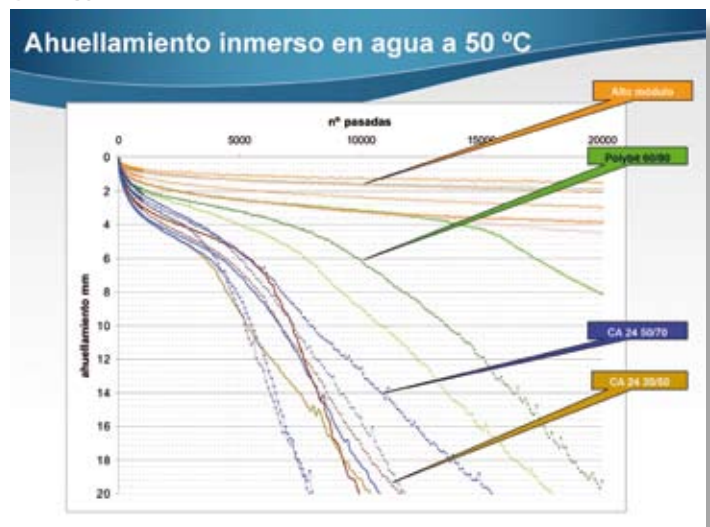
El estudio concluyó que mezclas asfálticas con las mismas características analizadas con el método Marshall, presentan notables diferencias en los ensayos de módulo de rigidez medido en MPa. Estas diferencias permiten diferenciar grupos de mezclas que van entre los 4.500 y 8000 MPa, 8.000 a 12.000 MPa y 12.000 a 16.000 MPa (ver gráfico 1). Estas diferencias son atribuibles a la distinta penetración de los cementos asfálticos utilizados. Por ejemplo, el CA 24 (35-50) duplica en módulo al CA 24 (50-70). Además, el cemento asfáltico de Alto Módulo duplica el resultado en este parámetro de los asfaltos tradicionales.

Los resultados obtenidos permiten concluir que las mezclas usadas tradicionalmente en nuestro país deberían tener un uso circunscrito a calles o vías con poco tránsito, mientras que las mezclas con estándar superior podrían ser usadas en vías de alto tránsito o en las que hay pocas posibilidades de hacer intervenciones, como es el caso de las autopistas.

Según los análisis de módulo, las mezclas tienen un resultado constante independiente del diseño por capa asfáltica. En tanto, las mezclas fabricadas con el cemen-



GRÁFICO 2



to asfáltico modificado Polybit 60-80 mantienen un módulo constante independiente de la banda granulométrica, mientras que el aditivo mejorador de adherencia no tiene influencia en el módulo de las mezclas, pero sí ejerce una positiva influencia en la resistencia al ahuellamiento (ver gráfico 2).

Esta mejora es atribuible a la granulometría utilizada, la que al ser más fina produce menor ahuellamiento. Estos positivos resultados mejoran con los cementos de Alto Módulo, los que en laboratorio prácticamente no presentaron signos de ahuellamiento.

Con estos resultados el Ichas en conjunto con Bitumix, esperan poder generar un catálogo de mezclas definiéndolas por comportamiento y desempeño, con el fin de poder brindar recomendaciones de uso de éstas, para más adelante continuar en lo posible con normas INN. Pero la investigación no se agota aquí, por lo que se espera que la normalización de mezclas asfálticas siga avanzando.