

HORMIGÓN

LAS TÉCNICAS PRECISAS

■ Sistemas compuestos en base a fibras de carbono, desarrollos nacionales y tecnología extranjera. Son las técnicas que pueden aplicarse en un proyecto de recuperación estructural de hormigón. ■ La normativa cumple un rol vital, sin embargo, los expertos consultados coinciden en que se deberán revisar algunos alcances debido al último terremoto. En otro artículo, la albañilería trae novedades. Son las técnicas precisas.

PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT



GENTILEZA BASF CONSTRUCTION CHEMICALS

Refuerzo estructural en base a fibra de carbono MBrace® siendo aplicado en una pasarela.

LAS TÉCNICAS precisas y las cosas por su nombre. Una Recuperación Estructural se denomina "Reparación", cuando se restituye su capacidad original. En tanto, el "Refuerzo" consiste en modificar las características de una estructura dañada o sin daño de modo de alcanzar un nivel de seguridad mayor al original.

Más datos. La reparación considera la restitución de bordes de juntas, grietas superficiales, rellenos de nidos de piedras, reconstitución y anclaje de armaduras. Por su parte, en un refuerzo lo importante será modificar y mejorar las propiedades de la estructura para aumentar su resistencia o ductilidad, según se requiera.

Así, en una técnica de recuperación estructural, "podría ser necesario ejecutar una faena simple como una reparación, debido a una fisuración del hormigón, donde se necesita una terminación más bien estética. Ahora, si

se precisa restablecer la rigidez o resistencia, las técnicas van desde las más convencionales en base a inyecciones epóxicas, hasta la aplicación de refuerzos adicionales al muro", postula Augusto Holmberg, gerente general del Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (ICH).

Iniciamos este recorrido por los procedimientos aplicados para el refuerzo y la reparación de estructuras de hormigón armado. Se buscan las técnicas precisas.

REFUERZOS

Las tecnologías están al alcance de la mano. Existen diversas alternativas para obtener un nivel de seguridad estructural mayor al original. Por ejemplo, el aumento de la resistencia y/o ductilidad de elementos mediante encamisados de hormigón, adición de pletinas metálicas o sistemas exteriores de fibra de carbono, diagonales de acero y la aplicación de disipadores de energía o aisladores sísmi-



FIBRA DE CARBONO

1. Sistemas postensados de fibra de carbono Sika Carbostress.

2. Pletinas de fibra de carbono Sika Carbodur.

3. Refuerzo de fibra de carbono para el corte y flexión de vigas.

cos (más información en Revista BiT N° 72, artículo "Construcción Sismorresistente", pág. 36). Más allá de la técnica utilizada, su aplicación dependerá del nivel de daño, factores ambientales y cambios de uso, entre otros aspectos. Un repaso por las técnicas de refuerzo.

1. SISTEMAS FRP

Los sistemas FRP (Fiber Reinforced Polymer) consisten en elementos resistentes en base a fibra de carbono, vidrio o aramida, esta última es más utilizada para fuerzas de impacto, en especial en estructuras de entrenamiento militar. Van embebidos y/o adheridos en base a una matriz polimérica, por lo general epóxica. Crece su aplicación en construcción como veremos en las fibras de Carbono y de Vidrio.

■ FIBRA DE CARBONO

Un poco de historia. El origen de la fibra de carbono se remonta a fines del siglo XIX, por Thomas Edison para uso en electricidad. Sólo a mediados del siglo XX aparecieron las fibras de alta resistencia a tracción. "Desde ese entonces han sido utilizadas para aplicaciones diversas desde aeronáutica hasta prótesis ortopédicas", comenta Milan Cerić, Gerente de la Unidad de Negocios de Contractors de Sika S.A. Chile. Fue en la década del '70 cuando aparecieron en construcción las primeras guías de diseño asociadas a sistemas FRP (polímeros reforzados con fibras). Sin embargo, recién a mediados de la década del '90 se observaron las primeras aplicaciones en América Latina y Chile.



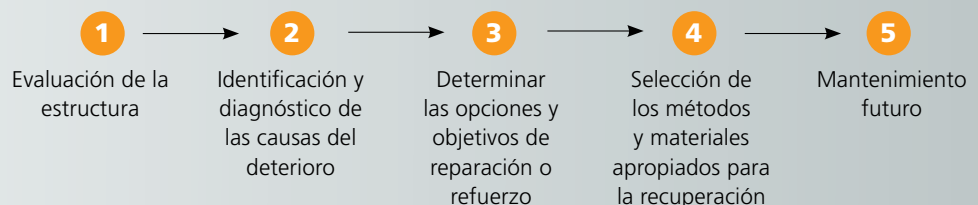
A pesar que los sistemas FRP tienen diferencias, en general las fibras de carbono poseen una densidad de 1.700 kg/m³, representando alrededor de un 20% de la densidad del acero (7.850 kg/m³). "Esto entrega ventajas en transporte e instalación y una resistencia de cerca de 40 mil kg/cm², representando 9,5 veces la resistencia de las barras de refuerzo de acero", señala Carl Lüders, profesor de la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile y director de SIRVE S.A. Asimismo, se ha demostrado que resiste esfuerzos cíclicos durante períodos largos, sin fallas de fractura por fatiga.

¿Qué se hace con fibra de carbono? "El confinamiento de columnas, refuerzo a flexión y corte de vigas de hormigón armado, el refuerzo al corte de muros de hormigón armado y el refuerzo a flexión de losas, entre otras aplicaciones", señala Pablo Fuertes, jefe

de operaciones de Tecnoav S.A., que distribuye e instala en Chile el sistema de fibra de carbono TYFO® (www.tecnoav.cl). Pero hay más. "Un hormigón confinado con refuerzos de FRP externos exhibe un aumento de su comportamiento a compresión, donde la capacidad de sustentación de carga puede prácticamente duplicarse, mientras que la de deformación puede aumentar hasta 10 veces", destaca Verónica Latorre, profesional de BASF Construction Chemicals. Atención con sus propiedades. Tal efecto permite reforzar las estructuras para protección antisísmica, aumentando su ductilidad de desplazamiento en presencia de condiciones sísmicas. Una falla recurrente observada en este terremoto fue el confinamiento. Para Alfonso Larraín, presidente de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales de Chile (AICE), "una columna que falló por confinamiento, se pue-

El proyecto de refuerzo o reparación se define por la aplicación de criterios básicos.

PRINCIPALES FASES DE LA RECUPERACIÓN





GENTILEZA INGELAB

Instalación de pletinas de fibra de carbono en Puente Centenario.



de revestir en fibra de carbono y de esa manera dejarla más resistente a la compresión, previo a reparar el hormigón y acero dañados”.

Hay de todo en materia de sistemas de refuerzo FRP, en base a fibra de carbono. Están las pletinas de fibra de carbono, los tejidos y también los sistemas pretensados, estos últimos aún no aplicados en el país. Veamos ejemplos concretos, como la ampliación del puente Centenario. Con ocasión de la construcción del Nuevo Acceso Nororiente a Santiago, se previó un aumento del tránsito vehicular, por lo que se necesitaba aumentar las pistas de circulación, pasando de tres por sentido a cuatro. “Se optó por aplicar una solución de refuerzo que cumpliera con las exigencias de mínima intromisión en la estructura existente, en contacto con el elemento de hormigón y con una durabilidad asegurada tanto al uso normal del puente, como a las exigencias de las etapas constructivas”, señala Manuel Rodríguez, gerente general de Ingelab, empresa que desarrolló el proyecto de refuerzo estructural en conjunto con los Departamentos de Ingeniería Estructural y Geotécnica y de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile, entidad que instrumentó las barras para monitorear y evaluar su desempeño. Se hicieron cortes en el hormigón de la losa del puente, luego se agregó epóxido líquido y se fijaron las fibras de carbono insertas en una matriz polimérica, en forma de pletinas de fibra de 2x16 mm, para volver a repasar con resina, de manera de lograr una adherencia total con el hormigón.

Otra de las empresas que desarrolla estas tecnologías es Sika (www.sika.cl), “a través de los sistemas convencionales, aplicados en Chile desde hace más de una década, como

las pletinas de fibra de carbono Sika® Carbo-dur® y Sika® Carboshear® L, hasta los más innovadores y aún no introducidos en el país”, señala Milan Cerić.

También está MBrace® de BASF (www.southamerica.basf-cc.com), un sistema mixto, estructurado con fibra de carbono y compuesto de dos elementos: la matriz polimérica cuya función es mantener las fibras que la estructuran, cohesionadas, propiciando la transferencia de las tensiones de corte entre los

elementos estructurales, hormigón y fibra de carbono. Y el elemento estructural, constituido por fibra de carbono. Otra alternativa. Tyfo UC® de Tecnoav, sistema que ofrece variedad de pletinas de fibras de carbono en anchos de 2 a 6 pulgadas, con diferentes módulos de elasticidad según sea el diseño requerido y en espesores de 1,2 milímetros.

Hay más variedades. Están los refuerzos con tejidos de fibra de carbono, que a diferencia de las pletinas, son paños que se adaptan a cualquier geometría y se aplican en estructuras de hormigón de grandes dimensiones como puentes y muelles. En esta línea Sika cuenta con tejidos de fibra de carbono, aramida y vidrio SikaWrap®. Claro, hay novedades. “Los sistemas postensados presentan el mayor grado de innovación en esta área. Consisten en pletinas de fibra de carbono que consideran sistema de anclaje en los bordes y, además, son adheridas a la estructura mediante epóxido. Inmediatamente después de la aplicación del epóxido, las pletinas



GENTILEZA TECNOAV S.A.

FIBRA DE VIDRIO

1. Refuerzo de vigas y pilar.
2. Refuerzo estructural para confinamiento de pilar.

NORMATIVA DE HORMIGÓN ARMADO

A MEDIADOS DEL 2008 se dio a conocer la nueva norma NCh 430 of.2008, de "Hormigón Armado - Requisitos de diseño y cálculo", que trabaja conjuntamente con el ACI 318, y que presenta modificaciones al código norteamericano que se han plasmado a través de la norma nacional. Muchas de estas modificaciones revelan la experiencia que Chile ha tenido a través de los años y que han dado buenos resultados. "Su filosofía establece, dado el conjunto de solicitaciones de una estructura, qué cantidad de hormigón y acero se va a necesitar, cuánto es la cantidad de confinamiento, cuánta armadura longitudinal y de corte, cuál es el tamaño de las secciones mínimas. Básicamente es una norma de dimensionamiento y detallamiento de las estructuras", señala Augusto Holmberg. Así, la actualización que se hizo el 2008 de la norma sísmica 433, en base a la norma 430, corrigió gran parte de las deficiencias que había en hormigón. "Eran conclusiones que habíamos sacado del terremoto del 85, por ejemplo, que en general no se necesitaba confinamiento de borde en muros de hormigón armado, lo que nos demostró este terremoto es que sí hay casos en los que se requiere ese confinamiento", postula Holmberg.

son tensadas, de manera de evitar que haya tensiones residuales en el epóxico, con la ventaja de soportar la tracción de la pletina mediante la adherencia al hormigón y el anclaje en los extremos", detalla Milan Cerić.

En base a la experiencia recogida tras el sismo, "el uso de fibra de carbono es una tecnología que debiera aprovecharse para el momento que vive el país. Entre sus ventajas destaca su rápida instalación y aplicación para gran variedad de daños y obras", señala Hernán Santa María.

■ FIBRA DE VIDRIO

Consiste en un sistema de refuerzo estructural en base a fibras de vidrio que se impregnan con resinas de alta calidad para formar un laminado, que se adhiere externamente al elemento que será reforzado. Permiten, uniendo su resistencia a la tracción y adapta-

bilidad a distintas formas arquitectónicas, junto al desarrollo de resinas epóxicas, resolver numerosas tipologías de daños. "Esta tecnología la hemos aplicado en Chile, entre otras obras, en vigas y vanos de la Clínica Dávila en el año 2009 y en muros de la Clínica Las Condes en el 2004", señala Pablo Fuertes de Tecnoav. Algunas de las aplicaciones de la fibra de vidrio:

En columnas: Se utiliza en columnas dañadas por grietas de origen mecánico o corrosión, complementándose con inyecciones epóxicas. Permite, en la mayoría de los casos, preservar la forma arquitectónica de la columna sin afectar significativamente las cualidades y dimensiones originales. Además, el proceso no modifica su rigidez, sin alterar la distribución de las fuerzas sísmicas de diseño. En esa línea, el sistema de lámina de vidrio MBrace® EG900, de BASF, es capaz de au-

Solucione la corrosión en el flexible,
causa principal de filtraciones e inundaciones



UNICO FLEXIBLE resistente a la corrosión

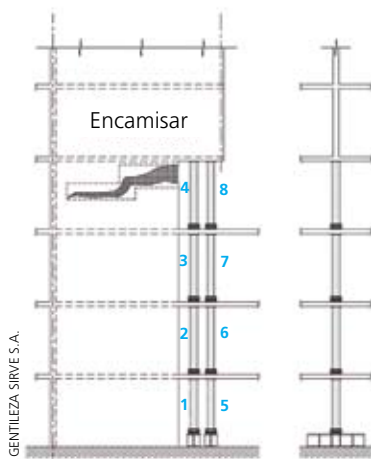
Ensayo realizado por más de 6600 horas en laboratorios de



- ✓ **Resistente a los agentes corrosivos** presentes en detergentes domésticos
- ✓ **Máxima flexibilidad en la instalación** evitando posibles estrangulamientos
- ✓ **Garantía extendida de 10 años** por fallas de fabricación

Flexibles disponibles:

- (1) Flexible para agua M10 x 1/2" HI de 40 cm.
- (2) Flexible para agua HI-HI 1/2" de 40 cm.
- (3) Flexible para llave angular de 25 cm. HI 3/8" x HI 15/16"
- (4) Flexible para llave angular de 35 cm. HI 3/8" x HI 15/16"



IZADO DE EDIFICIOS Secuencia del proceso de carga

1. Cargar alzaprima 1 con Vpp losa + Vc losa.
2. Continuar con la misma carga en el orden indicado en la figura.
3. Repetir el proceso desde 1 hasta alcanzar la carga deseada.



GENTILEZA JASON INGHAM

mentar la resistencia y ductilidad en columnas de hormigón y proporcionar confinamiento y resistencia adicional a las conexiones de hormigón, entre otras propiedades.

En vigas y muros: Tras el terremoto se observaron daños en muros de corte como grietas diagonales, que normalmente se reparan de forma de restablecer su capacidad original. “El uso de fibras de vidrio permite no solamente lograr este objetivo sino, además, incrementar su resistencia al corte sin modificar su geometría”, comenta Pablo Fuertes. Lo mismo ocurre en vigas donde han aparecido grietas o fisuras por corte.

2. TÉCNICAS “MADE IN CHILE”

El terremoto trajo consigo la oportunidad de aplicar ingeniería y técnicas propias. Esta es una muestra de las iniciativas “Made in Chile” que por estos días están en proceso de aplicación y/o estudio.

■ IZADO DE EDIFICIOS

Numerosos edificios en Santiago resultaron dañados en sus primeros pisos o subterráneos. Al cierre de esta edición, los profesio-



TÉCNICAS EXTRANJERAS

Retrofit en edificios de Nueva Zelanda. Las técnicas incluyen desde perfiles diagonales de acero, hasta construcción de pisos interiores, entre muchas otras.



edificios de muros es aún más complejo debido a su mayor rigidez”, adelanta Carl Lüders.

■ NUEVA ARQUITECTURA

Hoy en día se construye con una arquitectura doble. “Los edificios nuevos, tanto de oficinas como habitacionales, estructuralmente son dos, es decir, una que nace en los primeros pisos, diseñada para estacionamientos, y otra de departamentos que se superpone sobre la anterior”, señala Fernando Yáñez, director de IDIEM. En ese entronque de subestructura y superestructura, se producen singularidades, que se vieron reflejadas en este terremoto y donde la mayoría de las fallas se concentraron en primeros pisos y subterráneos. “Es una nueva tipología de la arquitectura sísmicamente no apta. Ejemplo de ello son los muros que se interrumpen en el hall central, haciendo que la superestructura sea una caja rígida, que en su parte superior está sana, pero el daño está

nales de la empresa SIRVE S.A., estudiaban aplicar una técnica para reforzar un edificio de la capital que sufrió daños estructurales. Los detalles se mantienen en reserva, pero Revista BIT adelanta algunos datos: “Se trata del izado de edificios. Esta técnica permite recuperar la carga axial sobre los elementos reparados. En edificios bajos de marcos es relativamente simple (porque son flexibles), en edificios altos de marcos es más complicado, ya que no es fácil aplicar las cargas de izado y es necesario alzaprimar varios pisos bajo y sobre la zona de falla. En cambio, el izado de

nales de la empresa SIRVE S.A., estudiaban aplicar una técnica para reforzar un edificio de la capital que sufrió daños estructurales. Los detalles se mantienen en reserva, pero Revista BIT adelanta algunos datos: “Se trata del izado de edificios. Esta técnica permite recuperar la carga axial sobre los elementos reparados. En edificios bajos de marcos es relativamente simple (porque son flexibles), en edificios altos de marcos es más complicado, ya que no es fácil aplicar las cargas de izado y es necesario alzaprimar varios pisos bajo y sobre la zona de falla. En cambio, el izado de



1



2

GENTILEZA MELON



HORMIGONES

1. Muro dañado de 20 cm de espesor.
2. Llenado de hormigón FLUIDIA a través de perforaciones en la losa superior.

GATEO DE ESTRUCTURAS

EL IZAMIENTO DE ESTRUCTURAS mediante el gateo controlado, es una técnica que por estos días se está aplicando mayoritariamente en puentes y pasarelas dañados. La empresa Ingeniería de Transportes Javier Cortes S.A. posee un equipo especial para este tipo de levante, "que si bien se ocupa de preferencia en montajes industriales e izado de puentes, se puede utilizar en edificios con hall central de doble altura, ya que el dispositivo tiene un alto de trabajo mínimo de 4 m desde el piso a la base inferior", comenta Jorge Cerda, supervisor de montajes de la empresa. Consiste en un pórtico de plumas hidráulicas para 540 t, y una altura máxima de levante de 10,50 metros. Se compone de cuatro columnas hidráulicas telescópicas, un grupo hidráulico motorizado, vigas superiores y tracks de desplazamiento. La viga de la gata "se coloca bajo la viga de hormigón, en este caso del puente, y entre la viga metálica del equipo y la viga del puente se disponen placas de neopreno para evitar que el acero que-
de en contacto directo con el concreto, que a su vez sirve para suplir pequeñas diferencias milimétricas que se pueden dar entre una viga y otra", explica Cerda. Las gatas se montan sobre tracks o carrileras de desplazamiento, sobre las cuales se trasladan en base a ruedas. El izado es preciso y a la vez sutil, lo que evita el efecto "péndulo" producido con las grúas convencionales. En próximas ediciones de Revista BIT se profundizará en la técnica y su aplicación en puentes y pasarelas.



GENTILEZA TRANSPORTES JAVIER CORTES S.A.

era factible insertar vibradores de inmersión para compactar el hormigón, razón por lo que se decidió usar FLUIDIA, donde el llenado se ejecutó a través de perforaciones en la losa superior con buenos resultados", señala Cristian Romo, product manager de la empresa. www.melon.cl. En morteros, Dry Mix, filial de Cementos Bío Bío presenta el Hormigón Ultra Rápido que destaca por desarrollar altas resistencias a cortas edades, permitiendo el tránsito a las dos horas de su aplicación, características que lo convierten en un producto ideal para reparación de pavimentos que requieran una rápida puesta en servicio, y montaje de maquinarias y estructuras en pocas horas. Actualmente se está utilizando en el Metro de Santiago para la fabricación de las bases o fundaciones de los durmientes de las vías. www.drymix.cl, www.reparacondrymix.cl.

concentrado en la subestructura. Esto se conoce como "falta de piso blando", una debilidad inherente de este tipo de arquitectura. ¿Cómo reforzarla? "En algunos casos habrá que prolongar los muros hacia abajo, sacrificando estacionamientos, y construyendo fundaciones especiales", indica Yáñez. El término que se aplica en este caso no es demoler, sino desmontar o deconstruir. "Hay que hacerlo con mucho cuidado, en base a grúas y herramientas especiales. Si bien no estamos habituados a hacer este tipo de procedimientos, tendremos que aprender a hacerlo", comenta Yáñez.

3. TECNOLOGÍA EN HORMIGONES Y MORTEROS

La tecnología del hormigón y morteros presenta importantes desarrollos. En esa línea Melón Hormigones introdujo FLUIDIA, gama de hormigones y morteros premezclados autocompactantes. Un ejemplo concreto de su aplicación se realizó en un edificio afectado por el pasado terremoto, donde fue necesario reparar y reforzar los muros de niveles inferiores. Particularmente en este caso, un muro dañado de 20 cm de espesor se repara en su zona afectada junto con reforzarlo mediante el aumento de su sección. "En el proyecto no

4. TÉCNICAS EXTRANJERAS

También hay experiencias extranjeras. Destacamos dos. El retrofit de edificios que están fuera de norma y una técnica previa al refuerzo del hormigón.

■ ADAPTACIÓN SÍSMICA

En un seminario realizado en la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), se presentaron experiencias internacionales en recupera-

BIT 73 JULIO 2010 ■ 31



A TRAVÉS DE SU UNIDAD DE NEGOCIOS DE MAQUINARIA, OFRECE ALTERNATIVAS DE VENTA, ARRIENDO Y LEASING. PARA CADA PROYECTO TENEMOS UNA SOLUCIÓN...



ANDAMIOS ELÉCTRICOS / MONTAPERSONAS

GRÚAS TORRE - AUTOMONTANTES

PLANTAS HORMIGÓN

Maquinarias & Equipos para la Construcción S.A. • Roma 2746 • Conchalí, Santiago • Fonos (56 2) 734 4785 - 734 7609 - 728 7478 • www.mecva.cl

MÁS TÉCNICAS DE REFUERZO

Dependiendo del daño, existen variadas técnicas de recuperación en base a refuerzos. Se muestran 8 tipologías.



1. Pantallas en hormigón reforzado



2. Arriostramientos metálicos



3. Encamisados en hormigón



4. Encamisados en acero



5. Contrafuertes



6. Postensado externo



7. Disipadores de energía



8. Aislamiento sísmico

ción de estructuras. Destaca la de Nueva Zelanda, a través del académico de la Universidad de Auckland, Jason Ingham, país con más de 40 años de historia en rehabilitación sísmica de edificios patrimoniales. Según el proyecto, las soluciones pueden incluir la adición de refuerzos de acero, de muros de corte o de hormigón armado, uso de FRP para mejorar su resistencia y ductilidad, el debilitamiento selectivo de elementos para reducir la torsión y aumentar el período, entre otras. Pero atención. Hay conceptos que vienen de la mano con el retrofit, como son, evaluar la solidez del edificio existente, evitar demoler el patrimonio, y la integración de faenas anexas como la renovación del sistema de aire acondicionado, la protección contra la corrosión o el reemplazo del piso, entre otras. En próximas ediciones se abordará el presente y futuro de los edificios patrimoniales y su recuperación.

■ HIDRODEMOLICIÓN

Tecnología que traerá a Chile la empresa española Hidrofrein, y que se aplica antes del proceso de refuerzo. Su objetivo es demoler y extraer el hormigón dañado de estructuras como puentes, túneles, muelles, entre otras obras. Al mismo tiempo, se utiliza en la reparación y acondicionamiento de estructuras dañadas. La porosidad del hormigón es aprovechada por la hidrodemolición al penetrar el chorro de agua a presión en los poros, generando una presión interna que supera la resistencia a tracción del hormigón, provocando su rotura. La técnica no genera microfisuras en el hormigón ni el despegue de las armaduras del interior de la estructura, proporcionando una superficie rugosa de buena adherencia ante cualquier revestimiento posterior. Se aplica con un robot de hidrodemolición y una bomba de agua a alta presión. La bomba, a través de una manguera, transmite la presión y el caudal a una boquilla del robot, extrayendo el hormigón. www.hidrofrein.com

El terremoto puso a prueba las estructuras y, salvo casos aislados, el resultado fue exitoso. Ciertas normativas deberán ser objeto de estudio. El confinamiento en estructuras de hormigón, así como las singularidades de la nueva arquitectura que hoy en día se impone en la construcción nacional, están llamados a asumir nuevos desafíos. En próximas ediciones, se investigarán las técnicas de recupera-

GENTILEZA SIKA

INSTALACIÓN FIBRA DE CARBONO

CUALQUIERA SEA LA TECNOLOGÍA aplicada de fibra de carbono, su instalación debe hacerse por profesionales experimentados, mediante la técnica de laminación húmeda. Si bien el proceso varía según las características específicas del proyecto, hay una secuencia de pasos comunes. "Antes de aplicar el producto, será necesario reparar cualquier área extensa del sustrato de hormigón que presente defectos como desconchados o delaminados, inyectando todas las grietas del sustrato", comenta Verónica Latorre, de BASF. Se debe preparar la superficie mediante técnicas de abrasión mecánica, proyección de agua a muy alta presión o esmerilado con disco.



1. Aplicar refuerzo MBrace® de BASF, utilizando un rodillo medio.



2. Colocar pasta epóxica utilizando una llana para emparejar superficies desiguales.



3. Utilizar una primera capa de resina con un rodillo medio.



4. Cortar secciones de tamaño apropiado de la lámina de fibra.



5. Oprimir la lámina de fibra contra el saturante húmedo. Pasar rodillo acanalado para oprimirla contra la superficie. Aplicar una segunda capa de resina para permitir el encapsulado completo de las fibras.



6. Repetir la aplicación de capas de resina, lámina de fibra y resina, según se necesite.

GENTILEZA BASF CONSTRUCTION CHEMICALS

ción en puentes, pasarelas y edificios industriales. Para ello hay técnicas precisas.

CONCLUSIONES Y ENSEÑANZAS

A poco más de cuatro meses del terremoto, el país se levanta. Hay conclusiones de los expertos consultados por Revista Bit.

■ EN DISEÑO DE HORMIGÓN ARMADO

Confinamiento: Para Fernando Yáñez, "si los edificios chilenos, ante un terremoto 8,8, van a incursionar en el rango plástico, tienen que estar confinados". Y prosigue, "en el comportamiento sísmico del hormigón armado no hay errores pequeños. El detallamiento, especialmente el confinamiento, anclajes y traslapes, deben hacerse con especial cuidado".

Diseño por desempeño: Lo que se busca en el diseño estructural del hormigón armado "es que la estructura realice la mayor disipa-

ción de energía posible antes de fallar en forma frágil, idea que tiene su base en la filosofía neozelandesa del diseño por capacidad. Después de este terremoto filosofías como el diseño por desplazamiento o el diseño por desempeño, donde se diseña para un terremoto y un nivel de daño en particular, tendrán más relevancia", señala Milan Cerić.

Armadura transversal: "En general, se le da mayor importancia a la armadura longitudinal que a la transversal, y ésta última, cuando hablamos de terremotos, es la que le da la integridad al hormigón. Pero por formación siempre se ha enseñado que la armadura principal es la longitudinal o de flexión, dándole menos jerarquía a los refuerzos de confinamiento, lo que se ha ido permeando a la práctica", postula Augusto Holmberg.

■ EN NORMATIVA

Normativa de desplazamiento: Cada terre-



YOLITO
CENTRO FERRETERO
MEJOR PRECIO, MAYOR SURTIDO **MTS**

**ENCUENTRE TODO
PARA CONSTRUIR:**

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
COCINAS Y BAÑOS
JARDÍN Y PISCINAS - HERRAMIENTAS
PINTURAS - ADHESIVOS - ADITIVOS
GRIFERÍA - FITTING - GASFITERÍA
ELECTRICIDAD E ILUMINACIÓN
CERÁMICA - QUINCALLERÍA
FIJACIONES - SEGURIDAD
CALEFACCIÓN

Y MUCHO MÁS

**ESPECIALISTAS
A SU DISPOSICION**

**6
CUOTAS**
sin pie y sin intereses



NUESTRAS DIRECCIONES

Casa Matriz
Av. Las Condes 7090
Fono: 750 06 00 / Fax: 750 06 01

Sucursal Chicureo-Colina
Carretera Gral. San Martín 6800
Fono: 499 06 00 / Fax: 499 06 01

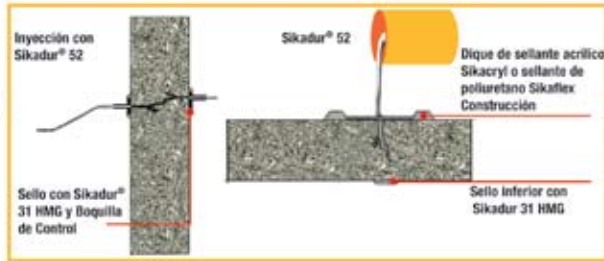
Cocinas y Baños
Fono: 750 06 50 / Fax: 750 06 51

Centro de Distribución
Calle Antillanca 500, Quilicura
Fono / Fax: 443 61 30

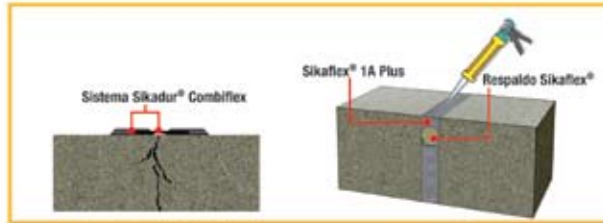
TÉCNICAS DE REPARACIÓN

También existen variados tipos de reparaciones. Mostramos 7 tipologías.

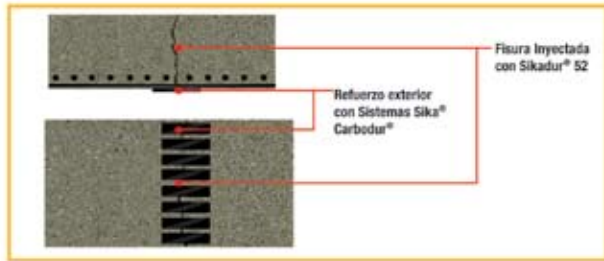
1. Inyección de grietas y fisuras



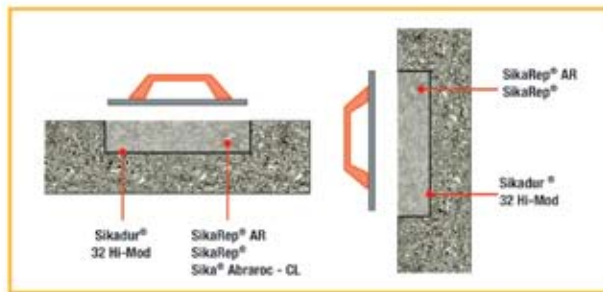
4. Sellado elástico de grietas y fisuras



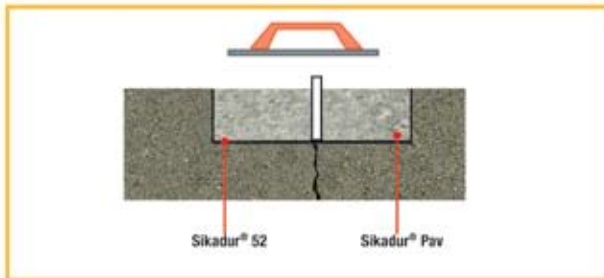
2. Reparación de grietas y fisuras con movimiento



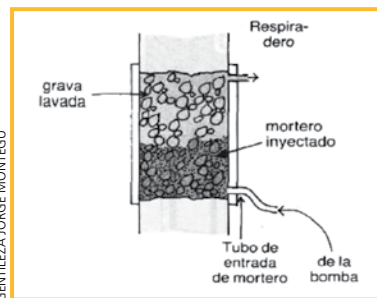
5. Reparación de elementos estructurales



3. Reparación de bordes de juntas



6. Hormigón preempacado



7. Reemplazo de barras con mangos



moto es un examen. Y así lo confirma David Campusano, director general de Albro Ingeniería y Construcción, "hace tiempo que está la conciencia entre los ingenieros de que la NCh 433 of.96 debería actualizarse a una norma que controle los desplazamientos, porque son éstos los que producen el daño. En cambio, la norma vigente es de fuerza, y funciona como un sistema equivalente, donde en ciertos casos no refleja lo que solicita el sismo, como en las estructuras flexibles en las que prima la deformación". ¿La conclusión? "Tenemos que cambiar a normas de deformaciones o desplazamientos", culmina.

■ EN TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN

Fibra de carbono y retrofit: Las estructuras dañadas deben ser evaluadas y reparadas de manera "que se corrijan los posibles defectos estructurales que provocaron la falla y recuperen la capacidad de resistir un nuevo evento sísmico", señala Hernán Santa María. Hay técnicas de refuerzo para lograrlo, como la fibra de carbono o el retrofit en edificios fuera de norma.

Reconocimiento de daños: Con anterioridad a la aplicación de alguna técnica de reparación o refuerzo, es necesario hacer un cuidadoso levantamiento de daños y un análisis estructural que permita determinar la o las

causas de los daños. "Solamente así se podrá diseñar la reparación o refuerzo en forma confiable", concluye Carl Lüders. Este estudio debe ser realizado por un ingeniero estructural con experiencia en análisis y diseño sísmo-resistente. ■

ARTÍCULOS RELACIONADOS

- "Cálculo sísmico de edificios. Construcciones a prueba". Revista BIT N° 72, Mayo de 2010, pág. 30.
- "Aislación y disipación de energía. Construcción Sismorresistente". Revista BIT N° 72, Mayo de 2010, pág. 36.
- "Hormigonado en altura. Exigencias mayores". Revista BIT N° 71, Marzo de 2010, pág. 32.
- "Viga reforzada con fibra de carbono. Tecnología aplicada". Revista BIT N° 70, Marzo de 2010, pág. 78.
- "Refuerzos de hormigón con barras de fibra de vidrio". Revista BIT N° 13, Marzo de 1999, pág. 48.

HIDROFREIN

Innovadora tecnología para el hormigón dañado

Una revolución para el refuerzo de estructuras, es lo que trae a Chile, entre otros servicios, la empresa española Hidrofrein S.A. La técnica se conoce como Hidrodemolición, que elimina el hormigón dañado, a la vez que permite remover hormigón sano con la misma eficacia.

Aterrizaje en Chile la empresa española Hidrofrein S.A., avalada por más de 35 años de experiencia ofreciendo servicios en refuerzos de estructuras de hormigón, en base a sistemas de fibra de carbono, hormigón proyectado, sistema de anclajes de barras de acero en terraplenes de carreteras, cimentaciones, reparaciones de pistas de aeropuertos, entre otros. Entre los múltiples servicios, un lugar destacado en la reconstrucción del país podría tener la tecnología de Hidrodemolición, desarrollada por la compañía con el objetivo de demoler y extraer el hormigón dañado de estructuras delicadas como puentes, túneles, muelles, entre otras. Al mismo tiempo, se utiliza en la reparación y acondicionamiento de estructuras dañadas.

La técnica

El hormigón es un material poroso con alta resistencia a la compresión, pero su resistencia a la tensión es 10 veces menor. Esa porosidad es aprovechada por la Hidrodemolición al penetrar el chorro de agua a presión en los poros generando una presión interna que supera a la tensión del hormigón, provocando su rotura. A diferencia de los métodos tradicionales, la técnica no genera microfisuras en el hormigón ni el despegue de las armaduras del interior de la estructura, proporcionando una superficie rugosa de inmejorable adherencia ante



cualquier revestimiento posterior. Respecto a las armaduras, no sólo no resultan dañadas sino que quedan libres de óxido y preparadas para su protección posterior. Por el contrario, los métodos tradicionales de percusión originan vibración en las armaduras interiores provocando que el hormigón se divida en finas láminas a lo largo de las barras, quedando separadas del hormigón. Se aplica mediante un robot de hidrodemolición y una bomba de agua a alta presión. La bomba está dotada de un motor diesel de, al menos, 500 C.V. (caballos de vapor), con una presión de hasta 1.500 bares y un caudal de agua de entre 150 y 300 l.p.m (litros por minuto). La bomba, a través de una manguera de alta presión, transmite la presión y el caudal a una boquilla del robot o de cualquier otro implemento que, bajo esas condiciones, provoca la extracción del hormigón. La Hidrodemolición hace su estreno en Chile. Tecnología para la reconstrucción.



Ejecución del basamento del aerogenerador.



Basamento presenta fisuras.



Resultado de la Hidrodemolición



Aspecto final de la armadura tras Hidrodemolición.

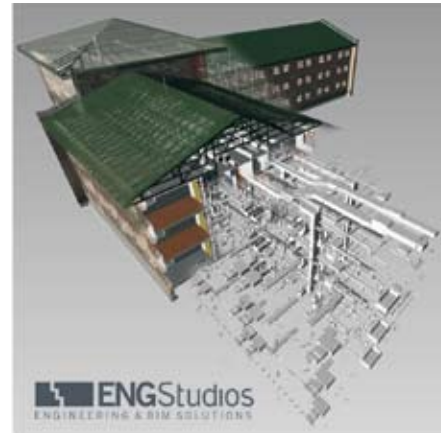
Alianza entre BAU y ENGStudios

Plataforma BIM para proyectos de construcción

BAU coloca a disposición de los clientes su liderazgo en la administración de proyectos, inspección técnica de obras y supervisión de postventa, mientras que ENGStudios su experiencia en la aplicación de la tecnología BIM.

Imagine poder conocer el proyecto en detalle antes de ser construido. A través de la alianza entre la empresa chilena de servicios para la construcción BAU Ltda. y la reconocida firma internacional de Ingeniería y Consultoría BIM, ENGStudios, con más de 500 proyectos realizados alrededor del mundo, la plataforma BIM (Building Information Modeling) se aplicará en su máximo potencial. Así es, ahora se podrá coordinar, modelar, simular y optimizar en un sistema 3D de ingeniería el ciclo de vida completo del proyecto, desde la arquitectura, la ingeniería, construcción y la futura operación y mantenimiento.

El Modelado de Información de la Construcción o BIM es una base de información del diseño y proceso de construcción que posibilita, además de la construcción tridimensional, asociar al modelo 3D información paramétrica de cada uno de



los elementos y componentes que conforman el proyecto, como superficie, volumen, propiedades térmicas, descripciones de las habitaciones, precios, información sobre especificaciones de productos, y mucho más. En Chile, la aplicación de la herramienta avanza gradualmente, siendo hoy en día destinada para resolver en su mayoría, interferencias del proceso constructivo. El objetivo de ambas compañías es ambicioso, aplicar BIM desde el anteproyecto hasta el uso de la obra por parte del mandante, cubriendo el ciclo de vida completo de una edificación.



SERVICIO INTEGRAL

Acorde con las tendencias que llevan la delantera en Estados Unidos y Europa, BAU decidió complementar su oferta de servicios, de cara al futuro, incorporando BIM. Su interés creciente de posicionarse como una empresa que no solamente ofrece Inspección Técnica de Obras (ITO), sino que utiliza herramientas de vanguardia dispuestas en el mercado de manera de poder diferenciarse y adoptar un nicho que está en la cumbre del nivel tecnológico. "No trabajamos simplemente llenando protocolos, sino que lo hacemos complementándolos con herramientas que nos permitan aportar y agregar valor al mandante, trabajando sobre toda la cadena. La idea de BIM no contribuye solamente al mandante, sino también al arquitecto, al constructor y al usuario final del producto", señala Wilfred Walter, gerente de BAU. En la industria de la construcción, un problema sensible es la descoordinación de la información. Cada vez se les exige más a los desarrolladores de proyectos, llámese arquitectos, proyectistas e ingenieros, el producir proyectos a una velocidad que impide un adecuado control de calidad y coordinación y, dado que la ejecución de tales actividades en la implementación y desarrollo de



las obras todavía se ejecuta bajo tecnología 2D, "la solución BIM viene a cubrir una brecha que facilitaría que las ejecuciones de proyectos en la etapa de obras, no tuviesen las desviaciones de costos y plazos que hoy en día se producen por tal origen", complementa Axel Krüger, CEO de ENGStudios.

En Estados Unidos, la utilización de los programas BIM aplicados al desarrollo de los proyectos han demostrado una disminución del costo final de construcción estimado entre un 3 y hasta un 9% del presupuesto base, es por esta razón que hoy en día más del 50% de los mandantes exigen tecnologías BIM para el desarrollo de sus proyectos.

La alianza comienza a dar los primeros frutos. "Hemos contratado el servicio BIM, a través de ENG, para un importante cliente. Se trata de un proyecto inmobiliario de gran envergadura en el Norte del país, realizado con una prestigiosa oficina de arquitectura en Chile, e inversionistas extranjeros que han optado por el servicio BIM, dada las excelentes garantías que permite enfrentar un proyecto de alta complejidad", comenta Walter.

En Chile, son escasas las empresas que cuentan con la capacidad de generar la plataforma BIM. Para implementarla, no sólo se necesita de una infraestructura adecuada, sino también, y una vez



implementada, se requiere de capacitación y un tiempo de maduración. Motivos que en la mayoría de las ocasiones hacen que la herramienta sea menos rentable de utilizar que la tradicional CAD 2D. El hecho de que "BAU optara por unir fuerzas de manera de abordar las necesidades del mercado, con la rapidez con que se debe afrontar el desarrollo de este servicio, tanto para arquitectos, inmobiliarias y constructoras, acercará la tecnología BIM a empresas que quizás nunca podrán im-

plementarla de manera interna. Nosotros damos la posibilidad de que usen BIM sin necesidad de cambiar sus procesos", concluye Walter.

El futuro para BAU es seguir creciendo. La empresa se encuentra ad portas de firmar una nueva asociación con una compañía internacional alemana, con la que espera generar servicios de simulación energética. La tecnología dice presente.

www.bau.cl; www.engstudios.com

BAU[®]

LTDA.

ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification

WWW.BAU.CL

By **ENGStudios**
ENGINEERING & BIM SOLUTIONS

www.engstudios.com

GESTION Y GERENCIAMIENTO INTEGRAL DE PROYECTOS

INSPECCION TECNICA DE OBRAS

ADMINISTRACION Y CERTIFICACION L E E D

COMMISSIONING L E E D

COORDINACION DE PROYECTOS

SERVICIOS BIM*

Presente en el desarrollo de importantes proyectos de edificación del país, preocupados de la calidad y cumplimiento de plazos y costos.

Luis Pasteur 6025, Vitacura - itobau@bau.cl - Fono: (56 2) 2180055