

*El International Concrete Repair Institute ha discernido las distinciones que en diferentes áreas de la construcción, constituyen las más distinguidas reparaciones de estructuras. En el presente informe se da cuenta de aquellas que se encuentran en Latinoamérica y que corresponden a las categorías industrial, residenciales y puentes.*

*Ellas son las siguientes:*

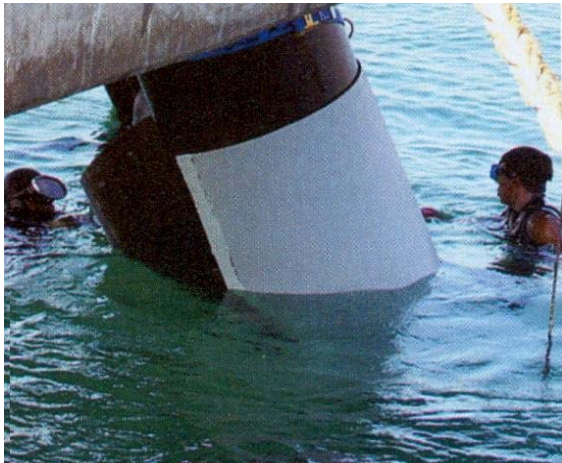
- *PROTECCIÓN DE PILOTES EN EL TERMINAL MARÍTIMO DE PLUSPETROL EN PISCO CAMISEA. BAHÍA DE PARACAS, PISCO, PERÚ*
- *REHABILITACIÓN Y MODIFICACIÓN SÍSMICA DE RESIDENCIAS GALILEO. CARACAS, VENEZUELA*
- *REFORZAMIENTO DE DOS PUENTES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ. CIUDAD DE BOGOTÁ, COLOMBIA*
- *RESTAURACIÓN DE DUCTOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO PRE-TENSADO DE GRAN DIÁMETRO WATER FLOW, NUEVO MÉXICO*

La institución realiza la designación de las obras más importantes desde hace 35 años, básicamente con referencia a estructuras de USA,. Canadá y México en la presente ocasión ha distinguido 7 proyectos y ha seis desarrollos en cada una de las categorías consideradas.

*Categoría Industrial*

### **PROTECCIÓN DE PILOTES EN EL TERMINAL MARÍTIMO DE PLUSPETROL EN PISCO CAMISEA. BAHÍA DE PARACAS, PISCO, PERÚ**

**Presentado por BASF Construction Chemicals**



El Terminal Marítimo de la Corporación Pluspetrol se ubica en la Bahía de Paracas en la provincia de Pisco en el Perú. Este terminal es parte del proyecto del Gas de Camisea y fue construido en el 2004. Abarca una planta de gas líquido natural (GLN) y dos plataformas marinas llamadas San Martín 1 y 3. La estructura del pilar y los amarres fueron construidos con pilotes circulares de acero y travesaños de concreto. Vigas y lozas forman la plataforma de trabajo. La protección contra de la corrosión para los pilotes de acero se controla mediante un sistema catódico de protección.

El proyecto se desarrolló cuando se encontró un problema en los pilotes de acero del Terminal Marítimo de Camisea en la Bahía de Paracas en el Perú en un ambiente de agua salada. Se necesitó de un mantenimiento progresivo considerable para limpiar semestralmente el desarrollo de bálanos y vida marina en la línea de agua de estos pilotes. Esto no sólo significó un costo de mantenimiento inesperado sino que esto se añadió al peso muerto de la estructura y marcó con hoyos el acero que fue protegido catódicamente.

Se encontró que una solución a este problema fue la encapsulación de los pilotes usando un sistema epóxico marítimo con envolturas de fibra de vidrio que encajaron los pilotes de acero de diámetro de 24 a 40 pulgadas (610 a 1020 mm). Este sistema se había usado anteriormente en una aplicación similar en pilotes de concreto en el Golfo Pérsico.

El proyecto presentó algunas condiciones del lugar muy interesantes, lo que supuso limitaciones en cuanto a las oportunidades para su instalación, así como también la presencia de efectos sísmicos. A pesar de estas complicaciones, la reparación fue exitosa y no contaminó el ambiente primitivo.

#### **Terminal Marítimo de Pluspetrol**

Propietario

Plus Petrol Corporation

*Lima, Perú*

Ingeniero/Diseñador del Proyecto

Plus Petrol Peru Corporation S.A.

*Lima, Perú*

Contratista en Reparaciones

RENADSA

*Lima, Perú*

Proveedor/Fabricante de Material

BASF Construction Chemicals Perú

*Lima, Perú*

**REHABILITACIÓN Y MODIFICACIÓN SÍSMICA DE RESIDENCIAS GALILEO  
CARACAS, VENEZUELA  
Presentado por B.R.S. Ingenieros, C.A.**



Residencias Galileo es un edificio de 10 pisos en Caracas, Venezuela, construido en 1950. Tiene un sótano para parqueo, un nivel para oficinas y un espacio comercial, y ocho niveles de departamentos residenciales. Inicialmente, había sido ocupado durante 40 años, después de los cuales permaneció abandonado hasta el 2006 cuando el propietario decidió restaurarlo para venderlo posteriormente. En la época en que se diseñó y construyó la estructura original, se desestimaron las estipulaciones sísmicas en los códigos de construcción. Los códigos actuales tienen por lo menos el triple de cargas sísmicas. Los nuevos códigos también enfatizan la necesidad de modificar la estructura de cualquier edificio que experimente reparaciones mayores, restauración o modificaciones en uso.

El proyecto implicó no sólo la reparación y la modificación estructural sino también una restauración completa del edificio. El proyecto también implicó una inspección del lugar, pruebas no destructivas y destructivas, análisis dinámicos, y el diseño de la rehabilitación. Se detectaron deficiencias de rigidez lateral, resistencia y ductilidad en la estructura original. Los principales métodos de reparación y reforzamiento que se aplicaron fueron la ampliación de la sección de algunas columnas y vigas, la construcción de vigas adicionales de concreto reforzadas, el refuerzo de columnas y juntas usando polímeros de carbono de fibra reforzada (CFRP por sus siglas en inglés), y algunas reparaciones menores contra la corrosión.

Fueron necesarios algunos ajustes para el proyecto de modificación. Un esfuerzo arduo en equipo entre el propietario, el diseñador y el contratista fue necesario para tratar la modificación sin afectar el tiempo de ejecución y los costos. Finalmente, el proyecto fue ejecutado con menos del 10% de desviación de los costos del presupuesto original y el cronograma de tiempo estimado. La restauración del edificio mostró ser mucho más beneficiosa y económica que la demolición de la antigua estructura y la construcción de un edificio nuevo equivalente.

**Residencias Galileo**

Propietario  
Grupo Imalca  
Caracas, Venezuela  
Ingeniero/Diseñador del Proyecto  
Edisismo  
Caracas, Venezuela  
Contratista en Reparaciones  
B.R.S. Ingenieros, C.A.  
Caracas, Venezuela  
Proveedor/Fabricante de Material  
Sika Venezuela  
Carabobo, Venezuela

**REFORZAMIENTO DE DOS PUENTES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ**  
**CIUDAD DE BOGOTÁ, COLOMBIA**  
**Presentado por Sika Colombia**



En Colombia, se diseñaron y construyeron muchos puentes hace varias décadas para resistir las cargas de tráfico y de terremoto que fueron mucho menores de lo que son actualmente. Además, el deterioro que el tiempo y el medio ambiente causan- representado principalmente por la humedad, el dióxido de carbono y las emisiones de gas de las fábricas-hace que sea inevitable la necesidad de modificarlos.

El reforzamiento de dos puentes situados en el cruce de la Avenida 68 y la Avenida 26 en la ciudad de Bogotá en América del Sur empezó a mitad del 2006. Se construyó un puente en 1968 y, debido al hecho de que el tráfico se incrementó en las últimas décadas, fue necesario construir otro puente en 1989 paralelo al más antiguo. Estos son puentes de 10 tramos que tienen una subestructura hecha de marco de concreto reforzado con dos y tres columnas que soportan una viga en la parte superior. El cimiento consta de zapatas independientes por encima de los pilotes. Los dos puentes fueron diseñados para resistir cargas verticales y de terremotos mucho menores que las cargas que demanda el actual Código Colombiano de Puentes.

Se usaron varios métodos de reforzamiento para modificar trabajos tales como poner una envoltura de concreto reforzado a las columnas, la adición de muros de concreto reforzado en las zapatas, cables post-tensionados y materiales compuestos de polímeros de fibra reforzada para las vigas de la superestructura.

Se logró el reforzamiento en 10 meses y se terminó en mayo del 2007, lo que constituyó una inversión total de \$4 millones (U.S.). Este es considerado uno de los proyectos de reforzamiento más interesantes en el país.

**Puentes de la Ciudad de Bogotá**

Propietario

Instituto de Desarrollo Urbano

*Bogotá, Colombia*

Ingeniero/Diseñador del Proyecto

Jorge Padilla Ingeniería y Cía. Ltda.

*Bogotá, Colombia*

Contratista en Reparaciones

Unión Temporal Puente

*Bogotá, Colombia*

Proveedor/Fabricante de Material

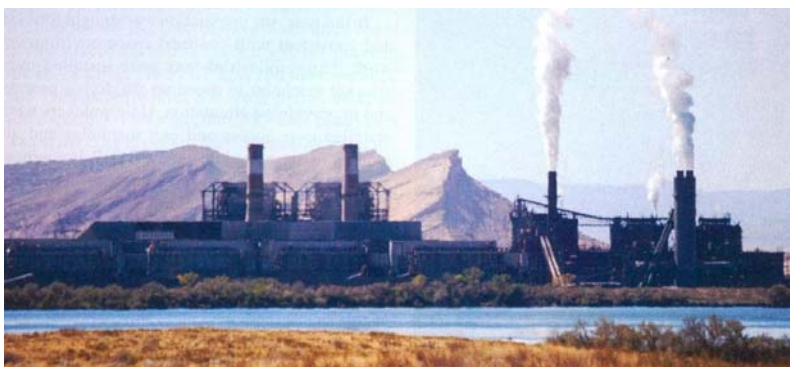
Sika Colombia

*Bogotá, Colombia*

**RESTAURACIÓN DE DUCTOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO PRE-TENSADO DE  
GRAN DIÁMETRO WATER FLOW, NUEVO MÉXICO  
PRESENTADO POR QUAKEWRAP, INC.**

**Estación Generadora de San Juan, Nuevo México**

La Estación Generadora de San Juan se sitúa cerca del río San Juan, del cual obtiene su suministro de agua. El agua del río se almacena en un lago artificial cerca de la estación, donde luego se transporta a calderas de vapor a



carbón. El vapor presurizado luego se transporta a las turbinas que generan electricidad. Una vez que el vapor deja las turbinas, algo de este vapor es liberado en el aire, pero la mayor parte del vapor se condensa nuevamente en agua y se lleva a las torres de enfriamiento, donde es devuelto al lago, completando así un ciclo del uso del agua.

Una red subterránea de ductos de acero y ductos cilíndricos de concreto pretensado (PCCP por sus siglas en inglés) de gran diámetro se usa para impulsar el ciclo de agua las veinticuatro horas del día, de manera que la estación está en la red eléctrica todo el año. Para brindar el servicio de mantenimiento, tienen lugar las paradas programadas de una de las cuatro unidades, lo que por lo general dura cerca de un mes. Durante estos periodos de mantenimiento, se secan e inspeccionan los ductos.

Estos ductos tienen un récord mínimo de servicio de 35 años y han empezado a experimentar un serio deterioro debido a la corrosión. En cierto modo, esta situación refleja el estado actual de la mayoría de los ductos que usan las empresas de servicio público que proporcionan servicios de agua, agua de desecho, y electricidad a grandes áreas metropolitanas e industriales alrededor de la U.S. Pipeline. Las roturas son comunes y pueden causar pérdidas económicas significativas a una gran región. Por lo tanto, es muy conveniente que se encuentre una solución a largo plazo, de mantenimiento libre para la rehabilitación del PCCP de gran diámetro que pueda implementarse durante las paradas cortas por mantenimiento. Actualmente están siendo considerados revestimientos estructurales de polímero de carbón de fibra reforzada (CFRP por sus siglas en inglés) para proporcionar una solución como ésta.

**Deterioro e Inspección de las PCCP**

Las líneas del PCCP en la Estación Generadora de San Juan se fabrican a partir de segmentos individuales de diámetros de 20 pies (6m) por 10 pies (3m). Están hechas con un núcleo cilíndrico de acero incrustado en concreto que es pretensado con alambres de acero. Con el tiempo, el agua encuentra su camino al

acero a través de las grietas en el concreto, iniciando el proceso de corrosión. Si no se mitiga el proceso de corrosión, se podría perder la suficiente cantidad de acero como para comprometer la integridad estructural del PCCP.

Durante los períodos de parada por mantenimiento, el PCCP se seca y se evalúa todo el ducto usando un equipo sofisticado que puede detectar corrosión escondida. Basándonos en el grado de corrosión, fueron seleccionados como enfoque 840 pies lineales (256 m) del PCCP para una reparación urgente en la Estación Generadora de San Juan.

#### Restauración del PCCP usando Revestimientos Estructurales CFRP

La necesidad de modificación estructural de este proyecto requirió el diseño de la resistencia de la abrazadera del revestimiento del CFRP para restablecer la presión interna del diseño de 60 psi (414 kPa) y proporcionar la fuerza longitudinal de por lo menos 20% de la resistencia de la abrazadera. Por lo general, los diseños del revestimiento típico del CFRP requieren capas múltiples de tejido orientadas en direcciones ortogonales para satisfacer el objetivo de este diseño. Debido a que los revestimientos con capas múltiples incrementan el tiempo de instalación de una manera significativa, decidimos producir un revestimiento del CFRP diseñado por encargo variando la densidad de la fibra de carbón en direcciones ortogonales al interior del tejido, de modo que sólo se requirió una capa para satisfacer el objetivo del diseño. Trabajando estrechamente con el fabricante del tejido, se produjo este tejido y se condujo una prueba independiente para mostrar que el tejido cumplía con todos los requisitos del diseño.

En este caso, la preparación del lugar fue directa y consistente con el trabajo que se realiza en un ambiente de espacio confinado. Se instalaron grandes ventiladores industriales por encima de los manholes seleccionados para acelerar el proceso de secado y proporcionar la circulación del aire. Se instalaron hole watchers por encima de los manholes de acceso y de salida y se colocaron los monitores de aire dentro del PCCP. El equipo y los materiales descendieron a través de los manholes de 30 pulgadas (760 mm) de diámetro y fueron posicionados a lo largo del ducto. Se rediseñó la máquina saturadora para permitir su reensamblaje dentro del ducto.

Para preparar el interior de la superficie del PCCP se empleó la técnica del chorro de arena (sand blasting) para quitar sedimentos, parchar fisuras visibles y desbastar y alisar (con moledoras y parches) las conexiones del PCCP. Una vez que se culminó el trabajo de preparación, el sistema de andamiaje de instalación del CFRP, la máquina saturadora de CFRP, así como los baldes de resina epóxica y los rollos de tejido de CFRP fueron descendidos a través de los manholes de 30 pulgadas (760 mm) de diámetro. Esto requirió el rediseño y la fabricación de nuevo equipo que pudiera ser desensamblado, pasando a través del acceso relativamente angosto, y se reensambló dentro del PCCP.

Se aplicó imprimador a la superficie interior del PCCP. El tejido del CFRP de 50 pulgadas (1270 mm) de ancho fue pasado a través de la máquina saturadora y cortado en longitudes de 34 pies (10.4 m) y presionado contra la cara interna del PCCP con la ayuda del sistema de andamiaje móvil de diseño especial. El sistema y la disposición de la máquina saturadora permitieron que una cuadrilla de cinco hombres instale aproximadamente 1300 pies<sup>2</sup> (120m<sup>2</sup>) de revestimiento por turno de trabajo de 8 horas (casi 40 pies lineales [12 m] en un ducto de diámetro de 10

pies [3m]). Dado el hecho de que el trabajo tenía que acabarse según un cronograma ajustado impuesto por el período de parada por mantenimiento, se trabajaron en dos turnos diarios que permitieron la instalación de casi 2700 pies<sup>2</sup> (250 m<sup>2</sup>) de revestimiento por día (o 80 pies lineales [24 m] en un ducto de 10 pies [3m] de diámetro).

La proporción de aplicación previa permitió que un segmento recto del ducto de 840 pies (256m) fuera completado en casi 2 semanas. Sin embargo, se encontraron transiciones geométricas complejas tales como codos del PCCP de un diámetro de 10 pies (3m) así como transiciones de envoltura de acero. El espacio estrecho de la sección de codo no permitió el uso de sistema de andamiaje, y para evitar traslapes excesivos y burbujas y arrugas potencialmente grandes en el revestimiento, se cortaron tiras de CFRP en tiras de tamaño variable, siguiendo de cerca la geometría tridimensional compleja del codo. Los segmentos de envoltura de acero estuvieron presentes en el PCCP debido a reparaciones previas. Debido a que se requiere una barrera galvánica en contra de la corrosión entre el carbón y el acero, se colocó un revestimiento de tejido FRP (GFRP) de vidrio encima de la envoltura antes de instalar el revestimiento CFRP. También, debido a que se soldaron las envolturas de acero en el lugar correcto usando planchas individuales, se tuvieron que usar cantidades significativas de compuesto de resanado para suavizar las juntas.

Se aplicó en la parte superior una mano final de resina epóxica para mejorar la resistencia a la abrasión y minimizar las pérdidas por fricción. Debido a que las unidades de parada no pudieron ser colocadas de vuelta en servicio sin inundar los ductos de PCCP, el revestimiento del CFRP tuvo que ser instalado y completamente curado dentro de un período de 4 semanas para evitar demoras en el servicio. Por lo tanto, la instalación del revestimiento del CFRP fue hecho en el recorrido crítico del programa de mantenimiento. Aun con las geometrías complejas que se encontraron, se instaló el revestimiento en un período de 3 semanas—1 semana antes de lo programado.

Debido a que en la actualidad los ductos de gran diámetro de PCCP son usados por muchas empresas de servicio público de agua, agua de desecho, y de electricidad en grandes áreas metropolitanas e industriales así como en otras industrias estratégicamente importantes, y miles de millas de estos ductos han estado en servicio durante décadas, el deterioro actual por corrosión puede llevar a una interrupción significativa de agua, electricidad y de otros servicios importantes a grandes áreas metropolitanas e industriales. Este proyecto demuestra que el uso de revestimientos del CFRP es una solución a largo plazo eficiente y económica para tratar el deterioro de ductos de PCCP.

#### **Propietario**

Power Service of New Mexico

Water Flow, New Mexico

Ingeniero/Diseñador del Proyecto

QuakeWrap, Inc.

Tucson Arizona

Contratista en Reparaciones

FRP Construction, LLC

Tucson, Arizona

Proveedor/Fabricante de Material

QuakeWrap, Inc.

Tucson Arizona

---

*En: Concrete Repair Bulletin, nov-dic, 2008, vol. 21, N° 6.*

*Del International Concrete Repair Institute. ICRI.*