

AT REPARACIÓN DE PILOTES SUBMARINOS

Protección de estructuras en contacto con el medio marino

Reproducción autorizada por la revista Noticreto # 115, de Septiembre – Octubre 2013. Editada por la Asociación Colombiana de Productores de Concreto – ASOCRETO.

LAS ESTRUCTURAS CUYOS CIMIENTOS TIENEN CONTACTO DIRECTO CON EL MEDIO MARINO ESTÁN SOMETIDAS A TODO TIPO DE AFECTACIONES DEBIDO A LA SEVERIDAD DEL ENTORNO. ESTAS CONDICIONES PUEDEN LLEVAR A QUE LOS PILOTES PIERDAN SU CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y PONGAN EN RIESGO LA INTEGRIDAD DE LA ESTRUCTURA, HACIENDO NECESARIA SU REHABILITACIÓN Y SU REFUERZO. LA TECNOLOGÍA PARA CIMENTACIONES HA DESARROLLADO MÉTODOS QUE PROLONGAN LA VIDA ÚTIL DE LOS ELEMENTOS A TRAVÉS DE ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS.

Con el pasar del tiempo, las estructuras expuestas a diferentes agentes de intemperismo pueden perder las principales condiciones estructurales para las que fueron diseñadas. Esta situación se puede presentar en las cimentaciones de puertos, muelles, plataformas petroleras y diversas estructuras construidas en zonas costeras cuyas bases sean columnas o pilotes submarinos.

La disminución del área de sección, la pérdida parcial de elementos y las zonas expuestas son, entre otras situaciones, consecuencias típicas de la acción de la natu-



26

Panama City Beach Pier Park, Florida.



Crédito: Cortesía Hosie Owens

Afectación de pilotes de concreto por contacto con agua de mar.



Crédito: Cortesía Steve G. Wright

raleza contra los sistemas estructurales. Es posible corregir los daños mediante técnicas diversas diseñadas para la reparación de aquellos pilotes que por su localización requieren de un dispendioso trabajo técnico que prolongue la vida útil de la estructura y mejore el aspecto de los elementos.

Los pilotes submarinos pueden ser de concreto, madera, o acero. Sin embargo, ninguno de estos materiales se libra de la alianza de la humedad y los cloruros, con las variaciones de la temperatura, sin contar los golpes del mar contra la estructura.

La protección de los pilotes submarinos de concreto empieza desde la fundición inicial debido a que la mezcla utilizada debe contener la menor cantidad posible de aire, así como la menor relación a/mc debido a las severas condiciones de exposición. Una vez puesta en servicio la estructura, los agentes de intemperismo son ineludibles y basta que pase algún tiempo para que empiecen a ser evidentes las afecciones en ellas.

Durante el proceso de la cadena de corrosión, el acero aumenta su volumen y genera esfuerzos a tensión que no puede resistir el concreto; aparecen en él fisuras y grietas que dan paso al deterioro general del elemento. También cabe recordar que los elementos estructurales expuestos directamente al mar presentan materia orgánica adherida que debe ser removida en su totalidad.

La planeación de este tipo de reparaciones debe realizarse al detalle, pues las circunstancias de trabajo dificultan las labores de más de ocho horas seguidas porque deben analizarse las condiciones de marea y la batimetría¹ del sitio, buscando una temporada que garantice la consecución de las obras. En el caso de contar con pilotes de profundidad considerable, el trabajo debe encargarse a buzos expertos dotados de equipos especiales.

Más allá de ser preventivas, las acciones sobre este tipo de pilotes son correctivas y buscan devolver las propiedades técnicas correspondientes, generalmente mediante un aumento del área en la sección transversal del elemento. Para esto se requieren cimbras que, debido al ambiente en el que se encuentran las estructuras de este tipo, no pueden ser de madera ni de acero. Estas situaciones han llevado a las tecnologías modernas de cimentación, que permiten desarrollar nuevos compuestos de alta resistencia al ataque de cloruros y tienen muy buen comportamiento ante esta severa exposición.

¹ La batimetría es la ciencia que mide las profundidades marinas para determinar la topografía del fondo del mar.



Encamisado de pilotes. Se colocan bandas de caucho alrededor de las camisas para proveer soporte adicional.



Crédito: Cortesía Construction Products Co.



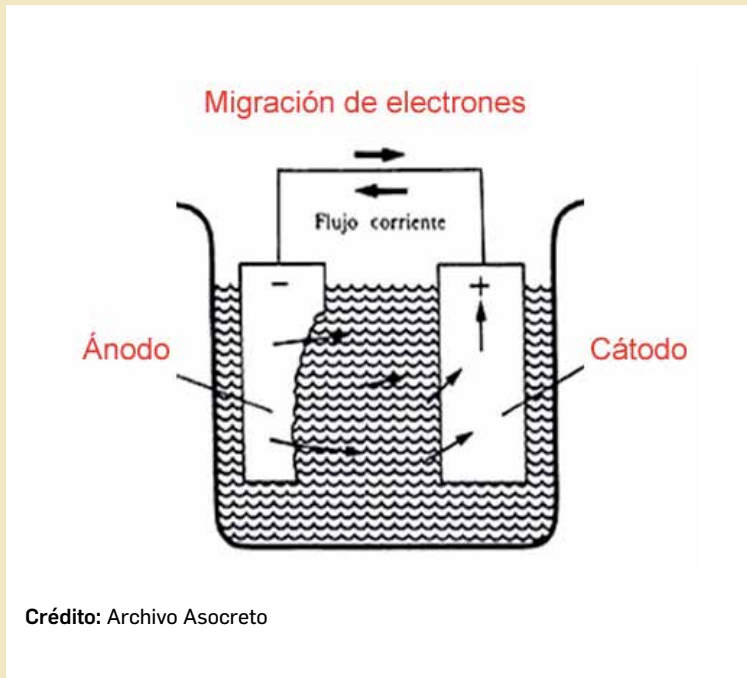
Puente y túnel de la bahía Chesapeake, Virginia, Estados Unidos.



Crédito: Cortesía Jair Prandi



Esquema de funcionamiento de la protección catódica de estructuras.



Crédito: Archivo Asocreto

A pesar de las diversas metodologías que existen en la actualidad para rehabilitar y preservar estas estructuras, una de las formas más efectivas de evitar la corrosión es la protección catódica, que consiste en crear una pila galvánica cuyo cátodo (polo positivo) es el metal sumergido, en este caso el acero, y se une a un metal (zinc) que cumple la función de polo negativo, llevándolo a ser ánodo de sacrificio debido a que su corrosión se produce con mayor velocidad que la del acero.

Esta utilización del zinc se conoce como galvanización. La unión se lleva a cabo a través del agua de mar que funciona como electrolito. La protección catódica permite la adecuada conservación de la estructura, evita grandes mantenimientos y garantiza por más tiempo un adecuado comportamiento estructural.



Cimbra en fibra de carbono para refuerzo.



Crédito: Premier Coatings Ltd.



Inyección de concreto una vez instalada la cimbra.



Crédito: Premier Coatings Ltd.



Libramiento Acambay



Viaducto Tetitlan



Carretera Jala-Compostela

▶▶ www.ulmaconstruction.com.mx

**GRANDES OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
CON EL MAYOR RENDIMIENTO**

En **ULMA** contamos con una de las mayores plantas productivas de Europa que nos permite ofrecer tecnología de vanguardia a las principales obras de infraestructura de México.

Nuestro propósito es proveer a nuestros clientes la solución más rentable, eficiente, fiable y segura.



From the beginning of your projects

METODOLOGÍAS DE REFUERZO

Cimbra en fibra de carbono

Para este proceso se requiere fabricar una cimbra en fibra de carbono que rodee el elemento afectado dejando entre la sección original y la cimbra una luz que será rellena con concreto. Esta cimbra debe asegurarse con correas que garanticen la continuidad de la geometría de la sección a lo largo de todo el elemento. Debido a la forma y la colocación del pilote original, debe crearse una unión en el encamisado que generaría un plano de falla para el concreto de refuerzo. Por lo tanto, la cimbra debe permanecer después de realizar la fundición para ayudar a proteger la estructura debido a la naturaleza del material (fibra de carbono). Con ello se evita la entrada de agua, cloruros, oxígeno y otros agentes del ciclo corrosivo.

Este procedimiento exige utilizar materiales que no afecten el medio ambiente y que preferiblemente sean impermeables para que el proceso de su curado se realice bajo el agua. En lo posible, la creación de una ataguía puede mejorar las condiciones de trabajo y daría una superficie seca.

Sin embargo, la creación de ataguías no siempre es viable para los trabajos de refuerzo, por lo cual debe hacerse una mezcla que presente mayor resistencia al agua para que el vaciado de concreto desplace la masa de agua que estaba presente.

La tecnología de nuestros días en el área de cimentaciones ha logrado desarrollar productos de alta resistencia, y por lo tanto el confinamiento del acero de refuerzo original es muy alto y es óptima la transferencia de cargas para el pilote reforzado, con mayor resistencia a la compresión y la garantía de un adecuado comportamiento estructural.

Envoltura de pilotes

Otra línea de la tecnología a las cimentaciones comprende el desarrollo de fibras y telas que garantizan a los pilotes un confinamiento adecuado. Más allá de presentar un refuerzo estructural, esta técnica permite la protección de los elementos al ser un procedimiento preventivo que garantiza el aumento en la vida útil debido a que aumenta el recubrimiento y aísla los agentes que propician la evolución del ciclo corrosivo.

Los pilotes se limpian previamente y, con la ayuda de materiales de curado bajo agua, se procede a sellar las fisuras o agrietamientos, realizando una reparación previa del concreto. Se forra el pilote en la fibra de tal forma que quede envuelto con la mayor presión posible, teniendo en cuenta que la presentación de la fibra en rollos le permite adaptarse a elementos de cualquier geometría. Este encamisado se cubre con un grout que permita un curado óptimo en condiciones húmedas que, además, mejora la apariencia. La envoltura de pilotes produce una sección de geometría continua.

Este procedimiento tiene como ventaja que puede utilizarse tanto en estructuras de concreto como en elementos de madera gracias a las características de su ejecución. Con ambos materiales son satisfactorios el comportamiento estructural y la protección que brinda, prolongando su vida útil. La protección debe aplicarse teniendo en cuenta la manera como afectan las mareas al elemento.



andamios atlas
manufacturas metálicas

- **ANDAMIOS**
PARA USO INDUSTRIAL Y CONSTRUCCIÓN
- **APUNTALAMIENTO**
PARA LOSAS Y OBRA CIVIL
- **ENCOFRADOS**
PARA LOSAS, MUROS Y COLUMNAS
- **SOLUCIONES DE INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN**
DISEÑO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

NOSOTROS TENEMOS LO QUE TÚ NECESITAS

01 800 ANDAMIO

SERVICIOCLIENTES@ANDAMIOSATLAS.COM

Refuerzo en concreto para pilotes en madera

Cuando los pilotes deteriorados son de madera a veces parece ventajoso remplazarlos en su totalidad, pero el alto costo de esta solución lleva a pensar en reforzarlos, para lo cual el concreto puede ser una opción viable desde los puntos de vista estructural y económico. Además, las obras de reforzamiento no impiden la operación de las instalaciones, lo cual evita gastos adicionales.

Esta metodología puede realizarse en concreto reforzado utilizando una malla electrosoldada que permita encamisar el elemento buscando una mayor confinación de las fibras deterioradas de la madera. Esta unión de madera, acero y concreto brinda un desempeño estructural adecuado que protege y prolonga la vida útil de la instalación.

El procedimiento para estas reparaciones es similar al arriba descrito. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en este caso sí está presente el acero, y por lo tanto este metal debe protegerse de la mejor manera posible buscando evitar la penetración del oxígeno y las condiciones salobres para retardar una nueva cadena de corrosión.

Para estos refuerzos debe preverse que estructuralmente al elemento original se le agrega una carga muerta que mejora la transferencia de cargas en el elemento, pero que también puede acarrear inconvenientes tanto para el diseño original de la macroestructura como para las condiciones ambientales previamente establecidas en la zona.

Refuerzo de las pilas del puente de la bahía Chesapeake

Como un ejemplo de los procedimientos de rehabilitación de pilotes submarinos resaltamos el proyecto del puente *Chesapeake Bay Bridge-Tunnel* en el Estado de Virginia, Estados Unidos. La obra se construyó en 1964, fue seleccionada como una de las "siete maravillas de la ingeniería del mundo" y recibió el Premio al Logro Sobresaliente de Ingeniería Civil por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles. Pero tampoco se libró del ataque de unas severas condiciones climáticas. Fue así como tras una revisión exhaustiva de la estructura, que combina un túnel con un puente, se descubrió que el acero mostraba corrosión en ciertos puntos y que en el concreto aparecían fisuraciones y grietas.



Paso 1

Paso 2



Instalación de malla electrosoldada para refuerzo de pilote en madera.



Crédito: Premier Coatings Ltd.

Protección del pilote en fibra de carbono.



Crédito: Premier Coatings Ltd.

Por esto se decidió aplicar refuerzos a las pilas del puente, que variaba dependiendo del estado en el que se encontrarán. Se realizó un análisis y se clasificó la gravedad de cada uno de los elementos del puente para determinar cuál debía ser el método indicado para su rehabilitación.

Para las pilas que tenían estado avanzado de afectación, pero que con un refuerzo podían recuperar sus facultades estructurales, se utilizó el sistema de protección catódica. Las pilas fueron recubiertas adicionalmente en concreto, mejorando así su capacidad estructural y su apariencia. La unión de estos procesos permitió prolongar la vida útil de la estructura. **C**

BIBLIOGRAFÍA:

- <http://www.premcoatings.com/pdfs/Premier-Coatings-Sea-Shield-Marine-Systems/Premier-Coatings-SeaShield-Series-400-Brochure.pdf>
- <http://www.obrasportuariasperu.com/>
- http://www.revistabit.cl/revistabit/Uploads/87/211611281684_399880644-47.pdf
- http://www.basf-cc.com.mx/es/productos/Sistemas_Compuestos_Refuerzo/APE_Pile_Grout/Pages/default.aspx
- <http://pilemedic.com/esp/ventajas.php>
- http://www.basf-cc.com.mx/es/productos/Sistemas_Compuestos_Refuerzo/APE_FRP_Jackets/Pages/default.aspx
- <http://camaleon-peru.com/IMG/pdf/perusapiling-2011-web.pdf>
- <http://www.obrasportuariasperu.com/Reparacion-del-muelle-Paita>
- http://portal.unesco.org/culture/es/ev.php-URL_ID=3583&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- http://www.smig.org.mx/admArticulos/eventos/1_Reunion_Cancun/2_XXVI_Reunion_Nacional/13_Cimentaciones_profundas/l12SAMJ_1.pdf
- http://www.fhecor.es/files/ARW/ES_LOSSANTOS.pdf
- <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=365936>
- <http://jaimeargudo.com/wp-content/uploads/2011/08/Conferencia-Jaime-Argudo-para-ASCE-meeting-August-2011.pdf>
- http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/DA/288564011/08-1-32085/DA_PROCESO_08-1-32085_288564011_488029.pdf
- <http://www.structuraltechnologies.com/case-study/9/chesapeake-bay-bridge-tunnel-repair.aspx>
- <http://ct.epubxp.com/i/117040>



Paso 3

Para preservar la forma se instalan correas alrededor de la estructura.

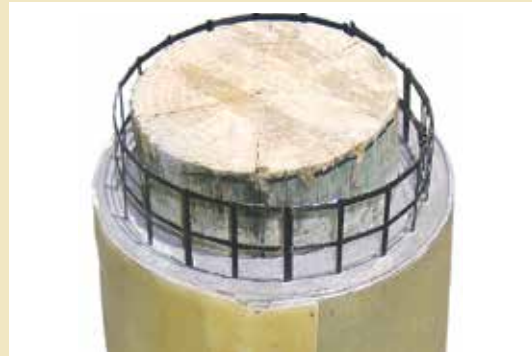


Crédito: Premier Coatings Ltd.

Paso 4



Aspecto de la estructura después de fundido el concreto.



Crédito: Premier Coatings Ltd.