

Sistemas y Conceptos para Rehabilitación y Refuerzo



Sistemas y conceptos para rehabilitación y refuerzo de puentes y otras estructuras

El hormigón es un material de construcción duradero y relativamente libre de mantenimiento. De todas formas la reparación o el refuerzo de estructuras existentes puede ser necesario debido a

- envejecimiento natural, diseño inadecuado, calidad pobre de materiales, defectos de ejecución
- influencias severas medioambientales y accidentales (por ejemplo sobrecargas, impactos de vehículos, terremotos fuertes, huracanes, incendios)
- cambios de usos (aumento de las cargas útiles por encima de la capacidad de diseño original)
- requerimientos de seguridad más exigentes.



DSI puede asistirle en cualquiera o en todas las fases del proyecto de rehabilitación y refuerzo:

- Inspección y evaluación del estado de estructuras
- Preparación/revisión del principio de rehabilitación/refuerzo
- Diseño y dimensionamiento de los trabajos de refuerzo
- Suministro e instalación de productos de alta calidad DYWIDAG
- Ejecución de trabajos de refuerzo
- Supervisión en obra con gestión de aseguramiento de calidad
- Controles de inspección en obra y monitorización.

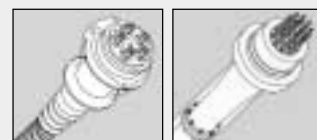


DSI y DYWIDAG tienen mas de treinta años de experiencia en el campo de trabajos de reparación y refuerzo.

Aparte de aplicar los tradicionales métodos y sistemas, existen técnicas especiales de rehabilitación y refuerzo que han sido desarrolladas y aplicadas con éxito.

Para su proyecto de rehabilitación y refuerzo puede aplicar los siguientes sistemas DYWIDAG que ya han sido aplicados eficazmente:

Restauración de protección anticorrosiva de acero postensado	Inyección de lechada de cemento al vacío	Página 5
Restauración de protección anticorrosiva de armadura pasiva	Protección catódica	Página 5
Mejora de interacción entre hormigón antiguo y hormigón nuevo	Tendones de barra cortos, tendones de torones	Páginas 6-7, 11-13
Rehabilitación de puentes	Tendones externos de barra, tendones de torones, anclajes al terreno	Páginas 7-9
Rehabilitación edificios históricos	Tendones de barra, barra GEWI®	Página 9
Modificaciones/Ampliaciones de estructuras existentes	Barras GEWI®, tendones de barra, tirantes	Página 10
Refuerzo antisísmico de puentes	Tendones de torones y barra	Páginas 11, 12
Refuerzo antisísmico de edificios	Tendones de barra, pilotes GEWI®	Página 12
Estabilización de presas	Anclajes para roca	Página 13
Refuerzo antisísmico de cimientos	Anclajes al terreno, pilotes GEWI®	Página 14
Levantamientos/Desplazamientos de estructuras	Sistemas de levantamiento con barras de postensado	Página 15



Inspección y evaluación del estado de las estructuras

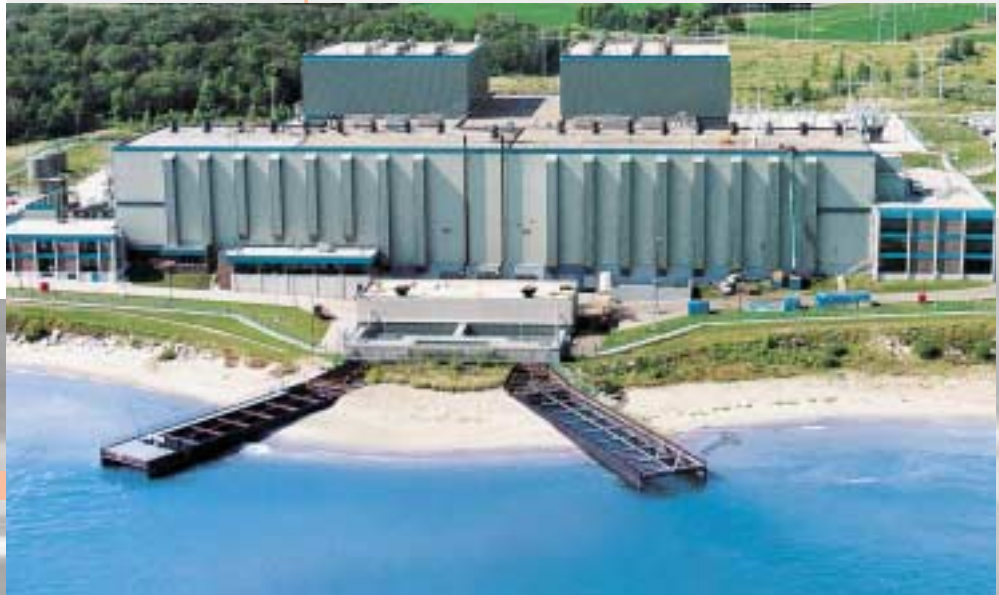
La eficiencia de cualquier método de rehabilitación o refuerzo depende especialmente del diagnóstico acertado del estado actual de la estructura. La metodología de inspección y el muestreo deben basarse en una estrategia de incremento: El tipo y la extensión de futuras pruebas y extracción de testigos se deciden según se van descubriendo deficiencias en la estructura.

A pesar de que usualmente se prefieren ensayos con métodos no destructivos, es necesario complementar éstos con métodos destructivos para asegurar el conocimiento cierto de naturaleza, causas y extensión de los defectos.

++++ Servicios DSI ++++
Inspección, ensayos,
informe detallado

Planta Nuclear Point Beach, Two Rivers, Wisconsin, EE.UU.

La inspección de los tendones de postesado de dos depósitos de seguridad se realizó siguiendo las especificaciones de seguridad de la US Nuclear Regulatory Commission. Tanto la inspección visual como el ensayo físico fue realizado en varios tendones, seleccionados de todos los grupos de tendones (los verticales, los anulares y los tendones de la bóveda).



++++ Servicios DSI ++++
Elaboración del programa
de inspección y sistema
de evaluación, inspección,
informe detallado de cali-
dad y estado de partes
relevantes

Autopista del Sol, Puentes atirantados, Méjico

Se inspeccionaron cuatro puentes atirantados, ubicados entre Cuernavaca y Acapulco. Primero se desarrolló un programa de inspección detallado con un sistema de valoración aplicando índices numéricos y cualitativos.

Se confeccionó un informe detallado referente a la calidad y el estado de las partes fundamentales de cada puente, especialmente de las superestructuras, pilones y tirantes entregando recomendaciones de medidas que fueron propuestas al Propietario.

Inyección al vacío

Restauración de protección anticorrosiva de acero postensado

Donde las vainas no están completamente rellenas con lechada de cemento, se debe realizar una inyección posterior. Ello se puede conseguir con el método de inyección al vacío. La ventaja de este procedimiento consiste en que solamente se requiere un agujero taladrado para la inyección de cada cavidad.



Dispositivos y técnicas especiales han sido desarrolladas por DSI para ejecutar dicha perforación con sumo cuidado y así evitar una rotura del acero postesado.

El volumen de la cavidad se mide creando el vacío, que también se utiliza para absorber la lechada y rellenar la cavidad. Mediante comparación del volumen medido de la cavidad y el volumen de lechada inyectada se garantiza la efectividad de la medida.

Puentes en la autopista de Brenero, Austria

Muchas vainas de puentes postensados en la autopista del Brenero han sido controladas en cuanto a la calidad de la lechada de cemento. Las vainas deficientes detectadas han sido rellenadas con inyección al vacío.

Restauración de protección anticorrosiva

Una de las tareas más importantes de los Ingenieros de Caminos e Ingenieros Civiles para asegurar la durabilidad de las estructuras, consiste en proteger los elementos de acero contra la corrosión. DSI ofrece métodos eficientes y avanzados para restaurar la protección anticorrosiva del acero activo y del acero pasivo.

Protección catódica

Restauración de la protección anticorrosiva de armaduras pasivas

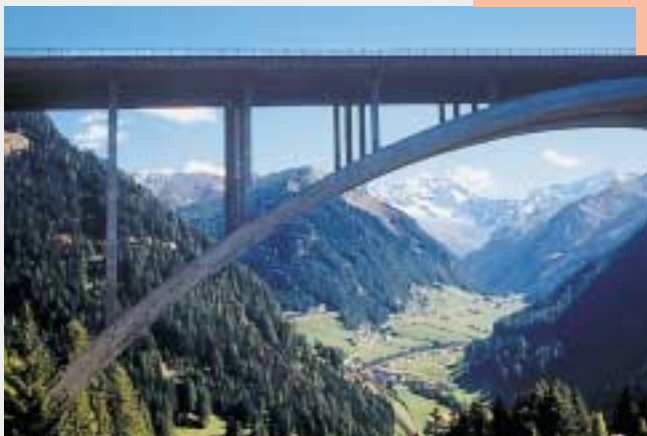
Aparte de los métodos tradicionales de protección anticorrosiva en los que el hormigón carbonatado o contaminado con cloruros se desprende por medios mecánicos y se repone con hormigón nuevo, DSI ha empleado un método electroquímico de protección anticorrosiva muy fiable: La protección catódica (CP).

Una corriente directa de baja intensidad (5-20 mA/m²) se aplica de forma continua entre la armadura (el cátodo) y un ánodo duradero (confeccionado por ejemplo con material de titanio), que se embebe en un enfoscado con base de cemento sobre la antigua superficie de hormigón. La eficiencia del método CP se controla midiendo el potencial eléctrico en las zonas enfoscadas correspondientes. Esta medida de protección es más económica que los métodos tradicionales ya que solamente hay que retirar el hormigón físicamente deteriorado mientras que se pueden mantener las capas de hormigón contaminadas con cloruros.

**+++ Servicios DSI +++
Asesoramiento durante la inspección del estado actual de los pilares, elaboración de un programa de rehabilitación, dimensionamiento del sistema CP, suministro e instalación del sistema CP**

Puente Outer Noesslach, Autopista del Brenero, Austria

El hormigón de los pilares de 50 m de altura ubicados en los estribos de los arcos de 180 m de longitud estaba altamente contaminado con cloruros hasta una profundidad de 60 mm debido a su exposición durante 20 años a las sales que se utilizan para deshelar las calzadas. Se aplicó el método CP a los 1.500 m² de superficie de hormigón, ya que sólo mediante este método no se ponía en peligro la capacidad de carga y la estabilidad del puente. La eficiencia y ejecución del sistema CP se puede controlar en cualquier momento midiendo el potencial eléctrico.



Refuerzo de elementos estructurales

El refuerzo de elementos estructurales se puede ejecutar mediante

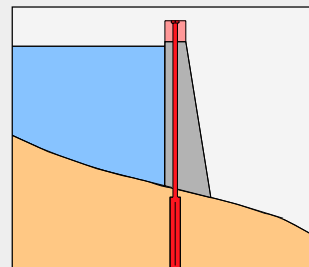
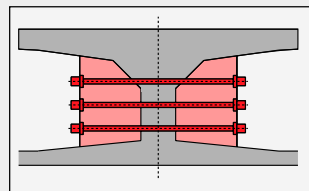
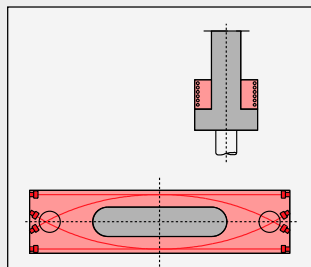
- reposición de material defectuoso o de baja calidad
- refuerzo adicional portante (por ejemplo: armadura, hormigón de alta calidad, colocación de cintas metálicas finas o sintéticas, tendones de postensado, o varias combinaciones posibles de éstos elementos)
- redistribución de carga mediante deformaciones forzadas del sistema estructural.

Interacción entre elementos de hormigón originales y nuevos

Uno de los problemas principales del refuerzo de estructuras es la compatibilidad e interacción entre la estructura existente y los elementos de refuerzo. La transferencia de esfuerzos en la junta que separa el hormigón antiguo del hormigón nuevo, puede conseguirse de la siguiente forma:

- fricción simple entre superficies de hormigón existente y hormigón prefabricado (junta seca)
- adherencia entre la superficie de hormigón existente y el elemento estructural hormigonado in situ (junta húmeda)
- la eficiencia de ambas juntas puede mejorarse considerablemente aumentando las fuerzas que actúan perpendicularmente sobre la junta

Ello es fácil de conseguir con el postensado. Para ello se pueden utilizar tendones DYWIDAG. En el caso de utilizar tendones muy cortos, la rosca fina situada en los extremos de las barras lisas, tiene una pérdida por cedimiento extremadamente reducida. En caso de tendones cortos, donde sea necesario trabajar con adherencia, se pueden usar tendones de barra roscada DYWIDAG. Para tendones largos y curvos la solución ideal son los torones.



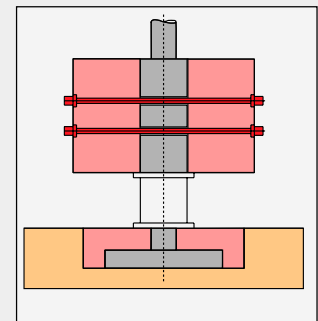
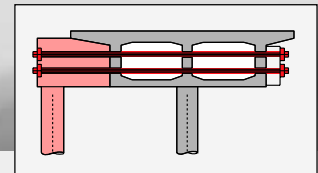
+++ Servicios DSI +++
Preparación del concepto de rehabilitación, suministro de la celosía estructural portante y de los tendones de barra DYWIDAG, ejecución de los trabajos de refuerzo

Tren de alta velocidad MRT, trayecto Muza, Taipei, Taiwán

En 1994 se detectaron fisuras en los cabezales hormigonados de los pilares de un viaducto de acero correspondientes a la línea ferroviaria de Muza. El concepto de reparación de emergencia consiste en colocar tendones de barra roscada DYWIDAG externos de $\varnothing 36$ mm con doble protección anticorrosiva en ambos lados del cabezal. Estos se anclan sobre una celosía estructural portante suministrada por DYWIDAG. Todas las partes expuestas de la celosía se protegen con una aplicación de pintura tricapa.



En tendones seleccionados se instalaron células de carga permanentes para monitorizar los esfuerzos de postensado.



Tendones externos de barra y tendones de torones

Rehabilitación de puentes

Puentes de cualquier material se pueden reforzar mediante colocación externa de tendones de postensado. La influencia del postensado sobre el estado del puente, sobre la carga útil o la carga de rotura, puede variarse en un margen amplio en función del sistema de postensado elegido y la cantidad de tendones escogidos.

Puente Won Hyo, Seúl, Corea del Sur

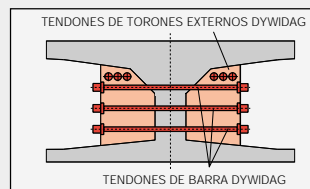
El puente sobre el río Han, que mide 1.120 m de longitud, se terminó de construir en el año 1981. Debido a cálculos erróneos de pérdidas de postensado y deformaciones por flexión, debidas a la retracción y la fluencia del hormigón, se detectaron deformaciones adicionales con flechas de hasta 30 cm. Ello implicó desplazamientos verticales de las articulaciones en el centro de los vanos de entre 5 y 20 cm. El principio de rehabilitación y refuerzo aplicado por DSI previó la colocación de tendones externos que por un lado redujeron las deformaciones y por otro reforzaron la estructura. La flecha remanente pudo compensarse con una capa de asfalto adicional. Se colocaron doce tendones 19 x 0.6" de DYWIDAG en cada ménsula, anclándolos en nuevos bloques de hormigón ejecutados dentro del cajón del tablero. Con barras cortas y lisas DYWIDAG de \varnothing 36 mm se unieron por fricción los bloques de anclaje nuevos al hormigón del alma antigua.



Puente Río Lima, Viana do Castelo, Portugal

Abierto al público en 1878, este símbolo de la ciudad costera Viana do Castelo del norte de Portugal fue diseñado por A.G. Eiffel. El refuerzo de este puente de diez vanos, con un total de 562 m de longitud, con dos celosías gemelas principales de 7,5 m de altura, era necesario para adaptar su capacidad de carga a las de una carretera moderna y al tráfico ferroviario. En cualquier caso, la arquitectura característica del puente no debía sufrir variaciones por las medidas de refuerzo necesarias. La empresa consultora decidió instalar bandas tensoras en cada vano. Éstas recorren en paralelo las riostras inferiores ascendiendo en diagonal hasta los puntos de apoyo de los pilares al nivel de las riostras superiores. Los esfuerzos se transmiten a la estructura con barras lisas DYWIDAG de \varnothing 32 mm. Los puntos de desvío y acoplamiento de las barras se montaron de forma muy sencilla y económica.

+++ Servicios DSI +++
Suministro de barras
DYWIDAG, accesorios y
protección anticorrosiva



+++ Servicios DSI +++
Estudio de las causas de los defectos, preparación de los conceptos de rehabilitación, dimensionamiento del sistema de refuerzo, suministro e instalación del sistema, control final y pruebas de carga



Burlington Skyway, Ontario, Canadá

Este puente de 2.560 m de longitud, ejecutado a mediados de los años 50, se reparó y se reforzó para poder aumentar la cantidad de carriles de 4 a 5 y poder soportar el aumento de carga de diseño según la nueva normativa.

Los tres vanos principales (84-151-84 m) consisten en una estructura continua de celosías en arco. La calzada de hormigón armado es soportada por vigas de celosía transversales y longitudinales. Las vigas de celosía transversales consisten en perfiles laminados unidos mediante bulones y remaches. El aumento de carga repercutía especialmente sobre los esfuerzos actuantes en los puntales de las celosías transversales. Las celosías transversales fueron reforzadas mediante un postesado exterior con barras de \varnothing 36 mm DYWIDAG y perfiles laminados adicionales. Este método permitió la reducción del desmantelamiento de perfiles de la celosía transversal a un mínimo, a la vez que se evitó tener que cumplir con las estrictas medidas de tolerancia que hubieran que haber sido cumplidas al reponer o añadir perfiles. Los tendones de barra que fueron instalados sobre una trayectoria trapezoidal se anclaron al tablero para aumentar su eficiencia. En los puntos de desviación de las barras de postesado ubicados en los nudos de la celosía se introdujo una estructura metálica sencilla para posibilitar el anclaje de las barras y transferir los esfuerzos de los tendones a la celosía. Las barras fueron protegidas con un sistema de pintura tricapa de galvanizado y vinilizado.



**+++ Servicios DSI +++
Suministro de barras roscadas DYWIDAG, anclajes especiales y equipo de tensado, instalación y tensado del sistema de postesado**



**+++ Servicios DSI +++
Suministro de barras roscadas DYWIDAG y equipo de tensado**

Puente Cripple Bridge, Autopista 101, Ontario, Canadá

Debido al deterioro total de la estructura mixta de acero y madera ésta tuvo que ser rehabilitada. Los 3 vanos de 7-18-7 m de longitud consisten en perfiles de acero laminado estándar con una separación de 1,2 m.

El tablero existente formado por tablas de madera colocadas transversalmente fue sustituido por uno con tablas colocadas en sentido longitudinal y postesado en sentido transversal. El puente fue rehabilitado en dos fases, de forma que una calzada siempre estuviera en servicio para el tráfico. Los tableros de madera postesados transversalmente son más rígidos y duraderos que los tableros de madera unidos mediante clavos. El postesado evita movimientos entre las tablas vecinas y mejora la distribución de las cargas de rodadura.

El postesado consiste en el montaje de barras galvanizadas DYWIDAG de \varnothing 26 mm, que se colocan cada 300 mm. El tensado se repitió 1 semana y 5 semanas después de la operación inicial de tensado para compensar las grandes pérdidas por fluencia en el tablero de madera. Las barras DYWIDAG roscadas fácilmente permiten el retensado repetido, tanto durante la ejecución, como en un futuro, si es necesario. La conexión de los tendones entre la primera y segunda fase de ejecución se consiguió mediante uso de acoplamientos con manguitos estándar.

Anclajes al terreno

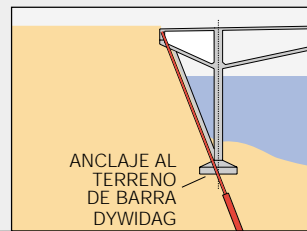
Rehabilitación de puentes

Columnas, pilares y elementos tensores pueden reforzarse utilizando anclajes al terreno. En este caso los anclajes al terreno actúan como tendones externos para suministrar mayor capacidad contra levantamiento, o bien para mejorar el comportamiento conjunto de las distintas partes de la estructura.

Puente Gånstor, Ulm, Alemania

Los parantes de la estructura del puente, un pórtico biarticulado, consisten en un pilar vertical y un tirante inclinado. Después de 30 años de servicio, se observaron fisuras en la superestructura. Tras una auscultación resultó que algunos de los conductos no habían sido inyectados por lo que el acero de postensado sufrió daños de corrosión. Aparte de las medidas de rehabilitación (inyección al vacío, inyección de las fisuras, rehabilitación de la superficie del hormigón e impermeabilización de la calzada), se estudiaron tres medidas alternativas de refuerzo:

- Refuerzo con tensores externos en forma de anclajes al terreno
- Refuerzo con una estructura adicional de hormigón armado y elementos de hormigón postensado



- Refuerzo de la superestructura con tendones externos

El análisis de los costes y la eficiencia de cada variante así como los aspectos estéticos llevaron a la decisión de reforzar el puente con anclajes al terreno.

+++ Servicios DSI +++
Estudio y evaluación de desperfectos, determinación del comportamiento actual de carga, preparación de un programa de rehabilitación y refuerzo, análisis de costes, suministro de anclajes DYWIDAG al terreno de \varnothing 26 mm, redacción del proyecto de las medidas de rehabilitación y refuerzo, control durante la puesta en servicio

Tendones de barra

Rehabilitación de edificios históricos

La degradación de materiales de edificios antiguos, la exposición prolongada a influencias medioambientales y los asentamientos irregulares hacen que el refuerzo de edificios históricos sea inevitable.

Además, hay que considerar que muchos edificios históricos fueron construidos con un estándar de seguridad mucho más bajo comparado con construcciones modernas similares. Los refuerzos tienen que integrarse en el edificio sin alterar su carácter y su apariencia.



Catedral de San Lorenzo, Perugia, Italia

La catedral de San Lorenzo se construyó en los siglos XIV y XV. Ya en los años 1633-1641 fue necesario ejecutar importantes trabajos de consolidación debido a que por el efecto de las cargas de la cubierta, los extremos de las columnas y los muros portantes se habían desplazado horizontalmente. En el año 1983 hubo un terremoto que causó más daños, poniendo en peligro la estabilidad del monumento. Se decidió redactar un proyecto de consolidación y restauración después de haber realizado un estudio del comportamiento estructural original y posterior del monumento. Se reforzaron las uniones de los 23 cabios de la cubierta

mediante placas de acero y bulones. La viga de cintado inferior y el tirante central de las celosías de la cubierta fueron postesadas con sendas barras DYWIDAG \varnothing 36 mm. Los capiteles de las columnas habían sufrido desplazamientos de hasta 26 cm. Un nuevo sistema de atado transversal y longitudinal fue introducido entre las columnas y las paredes, para prevenir cualquier desplazamiento lateral. Los tirantes transversales fueron postensados y retroatados a los muros laterales para reforzar toda la estructura con un sistema de esfuerzos capaz de contrarrestar la componente horizontal de la acción de la bóveda sobre sus apoyos.

+++ Servicios DSI +++
Suministro de barras rosca- das DYWIDAG, alquiler de equipos, asistencia técnica

Barras GEWI®, tendones de barra, tirantes de barra

Modificación / expansión de las estructuras existentes

Las nuevas demandas de uso de estructuras, como carriles adicionales sobre o bajo un puente o asientos adicionales en un estadio, pueden requerir la modificación del sistema estructural o la ampliación de su tamaño. Las barras GEWI® y los tendones de barra DYWIDAG con sus excelentes comportamientos de adherencia y resistencia a la fatiga se usan a menudo para este tipo de trabajos.



**++++ Servicios DSI +++++
Suministro de barras y pilotes GEWI®**

Grandhotel Taschenbergpalais Kempinski, Dresden, Alemania

Construido entre 1707 y 1711 y destruido su interior por causa de un incendio en 1945, este palacio barroco se ha convertido en un hotel de lujo. Durante la ejecución de un garaje de cuatro plantas subterráneas, la fachada conservada del lado sur, con un peso de aprox. 1.000 t, ha tenido que arriostrarse a 16 m de altura sobre el nivel de cimentación. Se usaron barras GEWI® de varios diámetros como elementos tensores y estabilizantes. Para la cimentación profunda del ala occidental del palacio, se perforaron pilotes GEWI® a través del sótano antiguo. La longitud de adherencia de los pilotes DYWIDAG tiene entre 7 y 12 metros.



Estadio de fútbol Santiago Bernabéu, Madrid, España

Para aumentar la capacidad del estadio, la estructura de la cubierta debió ser elevada. Las columnas existentes de hormigón armado fueron reforzadas y extendidas. Se prolongaron con pilares de acero de 12.5 metros de altura que soportan unas celosías en ménsula con un vuelo de 32 m y que se anclaron con barras GEWI® de \varnothing 40 mm. Se anclaron seis barras GEWI® por pilar, cuatro en el lado traccionado, y dos en el opuesto. De esta forma pueden absorberse los esfuerzos debidos al viento sobre la cubierta. Finalmente se procedió a colocar la cubierta antigua sobre las ménsulas mencionadas.

**++++ Servicios DSI +++++
Suministro e instalación de barras GEWI®.**

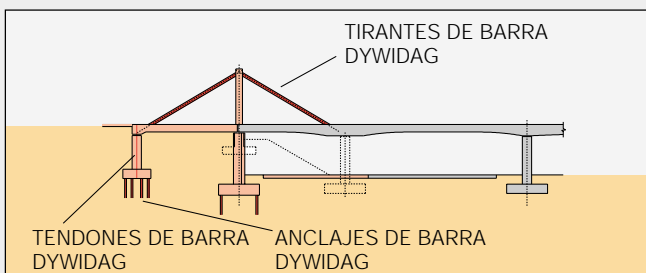


**++++ Servicios DSI +++++
Diseño conceptual, propuesta para los métodos y secuencias de construcción, suministro de tendones de barra y tirantes de barra, supervisión de la obra**

Puente 16th Street sobre la carretera I-465, Indianapolis, EE.UU.

La calzada de la autopista que cruza por debajo del puente existente debía ser ampliada con dos nuevos carriles. Como el puente estaba en condiciones excelentes y solamente tenía 10 años, se decidió modificar la estructura del mismo, de forma que se retiró el estribo próximo a los carriles del sur y se reemplazó por un sistema de apoyo atirantado. Para este proyecto complejo, se usó una serie de sistemas DYWIDAG. La nueva viga transversal de 2 metros de ancho que tiene la función de transferir las cargas, se postensó con tendones de barra ros-

cada DYWIDAG de \varnothing 32 mm. El andado vertical de los apoyos extremos a la fundación fue realizado con tendones de barra roscada DYWIDAG \varnothing 36 mm montados en un espacio hueco para permitir desplazamientos axiales del puente. El anclaje de los cimientos al terreno para evitar efectos de levantamiento por la acción de los tirantes se ejecutó con anclajes DYWIDAG de barra \varnothing 36 mm con doble protección contra la corrosión. Los tirantes consisten en 8 barras DYWIDAG \varnothing 36 mm en tubos de acero inyectados después del tesoado.



Tendones de barra,
tendones de torones

Refuerzo antisismico de
puentes

Una medida fundamental de refuerzo de puentes contra efectos sistemicos consiste en evitar la pérdida de contacto entre elementos portantes delido a los grandes desplazamientos relativos entre la superestructura y la subestructura. Sin embargo estas medidas no deben limitar el libre desplazamiento de la estructura delido a los efectos de la temperatura y a otras causas. Muy a menudo es necesario ampliar y reforzar las vigas de apoyo del tablero y arriostrar la superestructura a la subestructura. Para optimizar la estabilidad de la estructura se desarrollaron medidas de refuerzo mediante tendones.

+++ Servicios DSI +++
Suministro de barras rosca-
das DYWIDAG y accesorios

Viaducto Elisian, Los Angeles, California, EE.UU.

Este puente representa un concepto antiguo de diseño: el tablero esta formado por vigas de acero apoyadas sobre un dintel de hormigón empotrados en los pilares, también de hormigón. El nuevo diseño de refuerzo posterior prevé un uso extensivo de tendones de barra en toda la estructura. El dintel fue ensanchado con recrecidos de hormigón en ambas caras. Mediante barras de atado transversales DYWIDAG de \varnothing 32 mm se cosieron las dos fases de hormigonado. La estabilidad de las vigas de acero se mejoró con vigas de distribución de cargas especiales que se fijaron a las almas de éstas en varios puntos. Las vigas de distribución de cargas se colocaron por parejas y se unieron mediante tirantes exteriores consistentes en barras DYWIDAG de 32 mm.



Refuerzo sísmico

Las estructuras tienen que resistir aceleraciones verticales y horizontales elevadas y fuerzas dinámicas durante terremotos. Ello conlleva requerimientos especiales en cuanto a la rigidez y a la capacidad de carga de los elementos estructurales así como de sus uniones.

Muchas estructuras existentes tienen que reforzarse para poder hacer frente a futuros terremotos. En California, debido a los terremotos de Loma Prieta (1989) y Northridge (1994), se tuvieron que reforzar contra efectos sísmicos aproximadamente 1.300 estructuras de acero y hormigón.

Viaducto de Altamont Sidehill, California del Norte, EE.UU.

Se estabilizaron trece vigas de atado de este puente de 440 m de longitud. A cada lado de los extremos de cada viga de apoyo se fijaron estructuras metálicas que se arriostraron a nuevos macizos de anclaje. Las riostras consistieron en pares de barras DYWIDAG \varnothing 36 mm enfiladas en tulos de acero galvanizados. Después de aplicar una pequeña carga de tesado en las cabezas de las riostras se procedió a inyectarlas con lechada de cemento.



+++ Servicios DSI +++
Suministro de barras
DYWIDAG, accesorios y
gatos de tesado

Obra del nudo de autopistas 10, 57, 210, Condado de Los Angeles, California, EE.UU.

Este nudo de autopista de varios niveles y de gran tamaño requería una gran capacidad portante de las vigas de apoyo de los tableros para resistir a los esfuerzos de flexión debidos a cargas sísmicas. Se añadieron nuevas vigas postensadas de apoyo a cada lado de las existentes y extendidas más allá del borde del tablero. Se colocaron dieciséis tendones de 15 x 0,6" con anclajes DYWIDAG tipo MA. Los tendones superiores se colocaron en parejas a través de orificios taladrados en las almas de las vigas del tablero. Debido a las grandes cargas y al espacio limitado en algunas vigas de apoyo fue necesario utilizar, por primera vez en California, tendones de torones DYWIDAG de 37 x 0,62".



+++ Servicios DSI +++
Suministro, instalación, ten-
sado e inyección de tendo-
nes DYWIDAG multitorones

Pasaje Inferior del Boulevard Cahuenga, Condado de Los Angeles, California, EE.UU.

Para aumentar la resistencia a la flexión de la viga de apoyo existente, se la prolongó con un macizo de hormigón de 3,6 m de largo apoyado sobre un nuevo pilar. A cada lado de la viga de apoyo se instaló un par de tendones de postesado con cables para vincular el hormigón nuevo con la viga cajón existente. Una viga de acero fijada al alma de dicha viga cajón en la zona de los anclajes de los tendones posibilita la distribución del esfuerzo de postesado en la estructura.



+++ Servicios DSI +++
Suministro, instalación, ten-
sado e inyección de los ten-
dones de múltiples torones
DYWIDAG.

Tendones de barra, Pilotes GEWI®

Refuerzo antisísmico de edificios

Sistemas o elementos estructurales deficientes requieren refuerzo para poder resistir futuros terremotos. Los tendones de barra DYWIDAG, con su anclaje y sistema de acoplamiento fiable y sencillo, pueden emplearse para reforzar dichas estructuras.



+++ Servicios DSI +++
Suministro de barras roscadas DYWIDAG, accesorios y equipo

Oakland City Hall, Oakland, California, EE.UU.

Este edificio característico en el área de la bahía de San Francisco se edificó en 1914. Después del terremoto Loma Prieta (1989), el edificio, consistente en una estructura de pórticos de acero con cerramiento de albañilería, se rehabilitó completamente. Debido a la resistencia limitada de la estructura existente, se ideó el concepto de aislamiento sísmico para este edificio. En ese momento era el edificio más alto de todo el mundo que había sido aislado sísmicamente.

Bajo cada columna del edificio se dispusieron aisladores especiales. El espesor del cemento situado sobre los aisladores se aumentó colocando una capa de hormigón nuevo alrededor del perímetro de las zapatas. La conexión entre el hormigón nuevo y antiguo fue realizada mediante colocación de tendones de barra transversales DYWIDAG roscadas de $\varnothing 32$ mm que se introdujeron en perforaciones taladradas.



Oficina de correo Glendale Glendale, California, EE.UU.

Este edificio histórico de albañilería, servía como edificio postal, y fue completamente rehabilitado en el año 1995. Se añadieron nuevos muros estructurales rigidizantes de hormigón para resistir esfuerzos sísmicos. Éstos se cimentaron sobre pilotes GEWI® con doble protección anticorrosiva de $\varnothing 57$ mm pudiendo trabajar estructuralmente tanto a tracción como a compresión. Durante la instalación, el limitado espacio, para colocar los pilotes obligó al contratista a usar barras de longitudes de 3 m conectadas entre sí con acoplamientos.

+++ Servicios DSI +++
Suministro de pilotes GEWI® y equipo de tesado



Universidad del Estado de California, Estructura del parking Long Beach, California, EE.UU.

Diseñado con un sistema de vigas prefabricadas, la estructura se estaba edificando cuando ocurrió un terremoto. Una estructura de aparcamiento con diseño similar, que colapsó durante dicho terremoto, demostró la falta de armadura en los muros rigidizantes. Los autores del proyecto decidieron que se podrían compensar las deficiencias de la armadura del nuevo edificio con barras cortas de postensado DYWIDAG, colocadas a través de perforaciones taladradas en los muros rigidizantes existentes.

+++ Servicios DSI +++
Suministro, instalación, tensado e inyección de barras roscadas DYWIDAG

Anclajes para roca

Estabilización de presas

La resistencia antisísmica de presas puede reforzarse económicamente colocando anclajes para roca. Una gran cantidad de presas se han estabilizado usando anclajes DYWIDAG multitorones.

Presas del Cerro Stewart, Arizona, EE.UU.

El fino muro del embalse de hormigón de doble curvatura con aproximadamente 64 m de altura fue construido en la década del 20. Para evitar el colapso del muro como consecuencia de un fuerte sismo fue necesario adoptar medidas de refuerzo. En el tiempo de la construcción del embalse no se conocía la importancia del tratamiento de la superficie del hormigón para la adherencia entre el hormigón endurecido y el fresco. Se constituyeron juntas de hormigonado horizontales que tuvieron como consecuencia deformaciones y la formación de fisuras superficiales.

Le solucionó el problema reforzando el muro con sesenta y dos anclajes DYWIDAG para roca (22 x 0,6"). 22 anclajes suplementarios fueron instalados en el estribo izquierdo para aumentar la seguridad contra el deslizamiento de ese sector.

Los anclajes tesados tenían que permanecer 100 días en estado de observación, es decir sin ser inyectados.

De ahí que el tema de la protección contra la corrosión de

la longitud libre de los anclajes haya adquirido una enorme importancia.

La excelente protección anticorrosiva y alta capacidad de adherencia del torón FLO-BOND protegido con epoxi resultaron ser la respuesta ideal a los requisitos impuestos.



**+++ Servicios DSI +++
Consultoría durante el proyecto, planificación/gestión de calidad, suministro, instalación y pruebas de anclajes para roca DYWIDAG**



**+++ Servicios DSI +++
Suministro de anclajes para roca DYWIDAG así como equipos de debobinado y tensado**

Presas Railroad Canyon, Canyon Lake, California, EE.UU.

La presa existente consiste en un fino muro de hormigón de 32 m de altura reforzado lateralmente con estribos de bloques de hormigón y muros de hormigón de gravedad. Especialistas en materia sísmica han averiguado que en caso de darse un terremoto de gran magnitud, el agua probablemente rebasa por encima del muro, pudiendo derruir la presa. Por ello, cada uno de los bloques de hormigón y de los muros de hormigón de gravedad fue recreado añadiendo nuevas tongadas de hormigón. Para incrementar la estabilidad de la presa y mejorar la adherencia entre el hormigón nuevo y el existente se instalaron anclajes para roca. El diseño final previó colocar seis (27 x 0,6") y nueve (48 x 0,6") anclajes para roca DYWIDAG con longitudes hasta los 48 m. Por razones de óptima protección anticorrosiva se utilizaron torones protegidos con epoxi FLO-FIL y FLO-BOND. Para permitir un ajuste de cargas en el futuro y una monitorización a largo plazo, se usaron placas de cuñas especiales con roscas externas y células de carga.

Anclajes al terreno, Pilotes GEWI®

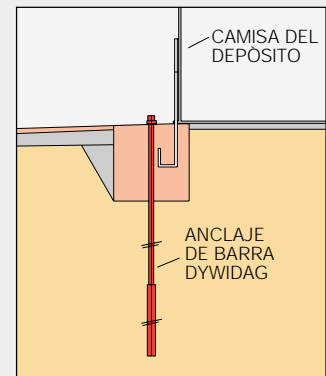
Refuerzo de cimentaciones

Para poder hacer frente a las cargas incrementadas durante un sismo fuerte, los anclajes DYWIDAG al terreno así como los pilotes GEWI® se han usado para reforzar la estabilidad y reducir las deformaciones en la zona de las cimentaciones.

++++ Servicios DSI +++++ Suministro de anclajes DYWIDAG de barra

Depósitos de acero para agua, Condado de Contra Costa, California, EE.UU.

Durante un sismo, el contenido del depósito se movería de lado a lado induciendo una carga de levantamiento dinámica en la cimentación del depósito. Para prevenir daños en la cimentación, se usaron barras roscadas DYWIDAG de alta resistencia de $\varnothing 26,5$ mm y $\varnothing 32$ mm, como anclajes al terreno en el perímetro del depósito de acero.



Torre de telecomunicación, Diepenbeck, Bélgica

El consultor decidió usar barras DYWIDAG de $\varnothing 32$ mm para reforzar los anclajes existentes en el pie de la torre de acero. Como la zapata de cimentación de la torre estaba ejecutada sobre pilotes, se pudieron montar las placas de anclaje para los anclajes inferiores en la parte inferior de la zapata.



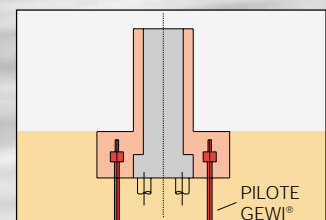
++++ Servicios DSI +++++ Suministro, instalación, te- sado e inyección de ancla- jes de barra DYWIDAG



Escuela secundaria Britannia, Vancouver, British Columbia, Canadá

Para poder cumplir con requerimientos modernos relativos a la seguridad antisísmica, este edificio de 70 años necesitaba ser reforzado. Los autores del proyecto escogieron pilotes de $\varnothing 57$ mm de alta capacidad portante GEWI® con doble protección anticorrosiva. Debido a la altura baja del forjado, las perforaciones de 15 m de profundidad para el pilotaje de $\varnothing 140$ mm tuvieron que ser hechas con una pequeña máquina perforadora hidráulica sobre orugas. Los tramos de los anclajes tenían longitudes de 2.7 a 4.0 m. Las fuertes restricciones espaciales con una altura libre de sólo 2.7 m, con distancias entre ejes de pilotes de 0.6 m y con inclinaciones de los pilotes de hasta 40 grados, no presentaron dificultad alguna para este método de instalación flexible.

++++ Servicios DSI +++++ Suministro de pilotes GEWI® y de equipo de tesado



Puentes Los Angeles River, Long Beach, California, EE.UU.

Para prevenir roturas de las cimentaciones durante un sismo, se incrementó el espesor de la columna y el ancho de la zapata. Se instalaron pilotes GEWI® de $\varnothing 57$ mm para reforzar la capacidad portante.

++++ Servicios DSI +++++ Suministro de pilotes GEWI® y de equipo de tesado

Barra roscada DYWIDAG

Deslizamiento con gatos

Algunos proyectos de rehabilitación requieren la demolición y la reconstrucción de parte de la estructura.

Un método muy eficiente para lograr esto consiste en desplazar la estructura y demolerla en su nueva reubicación.

Ello permite restringir la interrupción del funcionamiento de la estructura existente, permitiendo un comienzo rápido de la reconstrucción. Otra técnica efectiva de rehabilitación consiste en reconstruir la nueva estructura adyacente a la que hay que demoler. Después de la demolición, la estructura nueva se podrá en muy poco tiempo desplazar hasta su posición definitiva.

**+++ Servicios DSI +++
Desarrollo del dispositivo,
suministro e instalación del
sistema de levantamiento
y empuje, ejecución**

Cubierta de un piscina, Marsella, Francia

Antes de poder construir una nueva cubierta sobre esta piscina, había que demoler la antigua. Sin embargo una demolición tradicional hubiera conllevado unos gastos de andamiaje muy altos y unos plazos de ejecución muy largos. La alternativa DYWIDAG a este método consistió en desmontar la unión entre las columnas portantes y la cubierta antigua, y desplazar ésta en segmentos de 7 metros de ancho. Una vez que un segmento quedaba fuera del edificio era demolido. Éste resultó ser el método más rápido y económico.



Viaducto de Marsh Mills, Plymouth, Inglaterra

Debido a daños severos en el hormigón derivados de reacciones silico-alcalinas, la estructura íntegra tuvo que ser substituida. La nueva estructura, de 410 m de longitud, de nueve vanos y 5.500 t de peso, se desplazó lateralmente unos 12.2 m, hasta alcanzar la posición deseada usando barras roscadas DYWIDAG \varnothing 36 mm. Se decidió desplazar la estructura, ya que se minimizaba de esta forma la interrupción del tránsito y resultaba además

mucho más económico. La nueva calzada se utilizó ya para el tránsito mientras descansaba sobre apoyos temporales. Una vez demolido el antiguo viaducto, se ejecutaron nueve pilares de hormigón y dos estribos para apoyar el nuevo tablero. La carretera se cerró durante un fin de semana – ocho horas para el desplazamiento, 24 horas para permitir el fraguado del mortero en los elementos portantes, y el tiempo restante para el asfaltado y desmontaje

de las rutas de desvío del tráfico. El desplazamiento sobre rieles inclinados en 2,85%. Del equilibrio entre esfuerzos de empuje y tracción resultó una fuerza de tracción de 5.700 kN. El proceso de tiro se realizó paso a paso en correspondencia con una carrera de 600 mm del gato. Ello posibilitó una velocidad de avance lateral de 1,8 m/h.

Desplazamientos horizontales y levantamientos de estructuras

Los desplazamientos horizontales y los levantamientos de estructuras pueden ser integrados ventajosamente a proyectos de rehabilitación:

- Levantamiento de estructuras como medida de refuerzo sencilla: La redistribución de cargas en un sistema estructural estáticamente indeterminado puede realizarse a través de deformaciones forzadas (por ejemplo por levantamiento de una viga continua en algunos de sus apoyos).
- Desplazamientos de estructuras o partes de ellas con ayuda de gatos hidráulicos.

Las barras roscadas DYWIDAG con sus elementos y acoplamientos de anclaje sencillos se utilizan como elementos tensores para levantar o desplazar estructuras pesadas o complejas. DSI puede asistir al cliente suministrándole equipo especial y asistencia técnica.

**+++ Servicios DSI +++
Suministro de barras roscadas DYWIDAG**

Austria
DYWIDAG-SYSTEMS
INTERNATIONAL GMBH
Wagram 49
4061 Pasching/Linz, Austria
Phone +43-7229-61 04 90
Fax +43-7229-61 04 980
E-mail: alwag@dywidag-systems.com
www.alwag.com

DYWIDAG-SYSTEMS
INTERNATIONAL GMBH
Teichweg 9
5400 Hallein, Austria
Phone +43-6245-87 23 0
Fax +43-6245-87 23 08 0
E-mail: sekretariat@dywidag-systems.at
www.dywidag-systems.at

Belgium and Luxembourg
DYWIDAG-SYSTEMS
INTERNATIONAL N.V.
Industrieweg 25
3190 Boortmeerbeek, Belgium
Phone +32-16-60 77 60
Fax +32-16-60 77 66
E-mail: info@dywidag.be

France
DSI-Artéon
Avenue du Bicentenaire
ZI Dagneux-BP 50053
01122 Montluel Cedex, France
Phone +33-4-78 79 27 82
Fax +33-4-78 79 01 56
E-mail: dsi.france@dywidag.fr
www.dywidag-systems.fr

Germany
DYWIDAG-SYSTEMS
INTERNATIONAL GMBH
Schuetzenstrasse 20
14641 Nauen, Germany
Phone +49 3321 44 18 32
Fax +49 3321 44 18 18
E-mail: suspa@dywidag-systems.com

DYWIDAG-SYSTEMS
INTERNATIONAL GMBH
Max-Planck-Ring 1
40764 Langenfeld, Germany
Phone +49 2173 79 02 0
Fax +49 2173 79 02 20
E-mail: suspa@dywidag-systems.com
www.suspa-dsi.de

DYWIDAG-SYSTEMS
INTERNATIONAL GMBH
Germanenstrasse 8
86343 Koenigsbrunn, Germany
Phone +49 8231 96 07 0
Fax +49 8231 96 07 40
E-mail: suspa@dywidag-systems.com

DYWIDAG-SYSTEMS
INTERNATIONAL GMBH
Siemensstrasse 8
85716 Unterschleissheim, Germany
Phone +49-89-30 90 50-100
Fax +49-89-30 90 50-120
E-mail: dsihv@dywidag-systems.com
www.dywidag-systems.com

Nota:

Este catálogo sirve únicamente para darle informaciones básicas sobre nuestros productos. Los datos técnicos e informaciones que contiene, se indican sin compromiso alguno y pueden ser modificados sin previo aviso. No asumimos ninguna responsabilidad por daños producidos en relación con la utilización de los datos e informaciones técnicos incluidos en este catálogo ni por daños causados por una utilización inadecuada de nuestros productos. Para más información acerca de productos específicos les rogamos que nos contacten directamente.

Italy
DYWIT S.P.A.
Via Grandi, 68
20017 Mazzo di Rho (Milano), Italy
Phone +39-02-93 46 87 1
Fax +39-02-93 46 87 301
E-mail: info@dywit.it

Netherlands
DYWIDAG-SYSTEMS
INTERNATIONAL B.V.
Veilingweg 2
5301 KM Zaltbommel, Netherlands
Phone +31-418-57 89 22
Fax +31-418-51 30 12
E-mail: email@dsi-nl.nl
www.dsi-nl.nl

Norway
DYWIDAG-SYSTEMS
INTERNATIONAL A/S
Industrieveien 7A
1483 Skytta, Norway
Phone +47-67-06 15 60
Fax +47-67-06 15 59
E-mail: manager@dsi-dywidag.no

Portugal
DYWIDAG-SYSTEMS
INTERNATIONAL LDA
Rua do Polo Sul
Lote 1.01.1.1 - 2B
1990-273 Lisbon, Portugal
Phone +351-21-89 22 890
Fax +351-21-89 22 899
E-mail: dsi.lisboa@dywidag.pt

Spain
DYWIDAG SISTEMAS
CONSTRUCTIVOS, S.A.
Avenida de la Industria, 4
Pol. Ind. La Cantuena
28947 Fuenlabrada (MADRID), Spain
Phone +34-91-642 20 72
Fax +34-91-642 27 10
E-mail: dywidag@dywidag-sistemas.com
www.dywidag-sistemas.com

United Kingdom
DYWIDAG-SYSTEMS
INTERNATIONAL LTD.
Northfield Road
Southam, Warwickshire
CV47 0FG, Great Britain
Phone +44-1926-81 39 80
Fax +44-1926-81 38 17
E-mail: sales@dywidag.co.uk
www.dywidag-systems.com/uk

AUSTRIA
ARGENTINA
AUSTRALIA
BELGIUM
BOSNIA AND HERZEGOVINA
BRAZIL
CANADA
CHILE
CHINA
COLOMBIA
COSTA RICA
CROATIA
CZECH REPUBLIC
DENMARK
EGYPT
ESTONIA
FINLAND
FRANCE
GERMANY
GREECE
GUATEMALA
HONDURAS
HONG KONG
INDONESIA
IRAN
ITALY
JAPAN
KOREA
LEBANON
LUXEMBOURG
MALAYSIA
MEXICO
NETHERLANDS
NORWAY
OMAN
PANAMA
PARAGUAY
PERU
POLAND
PORTUGAL
QATAR
SAUDI ARABIA
SINGAPORE
SOUTH AFRICA
SPAIN
SWEDEN
SWITZERLAND
TAIWAN
THAILAND
TURKEY
UNITED ARAB EMIRATES
UNITED KINGDOM
URUGUAY
USA
VENEZUELA

www.dywidag-sistemas.com