



Reconocimientos especiales del estado de cimentaciones en puentes

Álvaro Navareño Rojo.
Dirección General de Carreteras.
Ministerio de Fomento.

Resumen

Resulta necesario conocer el estado de conservación de los puentes al objeto de optimizar la gestión de las infraestructuras. En la Red de Carreteras del Estado existen más de 25 000 obras de paso de diversas edades, tipologías y materiales, lo que origina gran complejidad en su gestión. Las cimentaciones han sido tradicionalmente el “talón de aquiles” de muchos puentes. Su emplazamiento y la falta de visibilidad provoca fallos poco previsibles, de este modo se hace muy necesario obtener información de las mismas y caracterizarlas en función

de su importancia y situación o exposición. El reconocimiento de las cimentaciones se basa, lógicamente, en el análisis del terreno de cimentación, mediante ensayos tipificados, y en el estudio de la estructura de cimentación, mediante inspecciones visuales de distinta intensidad y frecuencia (básicas o rutinarias, principales y especiales), así como en ensayos de caracterización.

Palabras clave: Conservación, gestión, sistema de gestión, inspección, cimiento, puente, cauce.

1. Introducción

El desarrollo alcanzado en el sistema viario correspondiente a la Red de Carreteras del Estado ha permitido asistir en los últimos años a un cambio de mentalidad: **no basta con**

construir nuevas obras sino que es igualmente necesario atender a la conservación de lo ya construido.

Esta lógica preocupación por la conservación es debida por una parte a la necesidad de la propia Administración, como titular de dicho patrimonio, de llevar a cabo una buena gestión, ya que **el coste de una reparación cuando se ha alcanzado un nivel de daño es muy superior al que origina una actuación preventiva, y por otra, a los requerimientos de los usuarios, que cada vez exigen una mayor calidad de la infraestructura viaria.**

Sin embargo, el mantenimiento de este tipo de obras debe preverse con antelación; y ya desde la fase de proyecto de un puente pueden facilitarse enormemente las tareas precisas y necesarias para su conservación.

Para conservar un patrimonio es necesario conocerlo. Este conocimiento debe abarcar tanto la definición de sus elementos como el estado en que se encuentran. El análisis de ambos permite una mejora de los trabajos necesarios para la conservación de las obras de paso de una Red de carreteras, ya que gracias a la información que se obtiene de ellos es posible estudiar su comportamiento, así como las consecuentes propuestas de actuación. En lo que respecta a las cimentaciones de las obras de paso, resulta especialmente importante conocer el estado en que se encuentran, ya que son elementos de los que dependen la seguridad y funcionalidad de toda la estructura, y cuyas patologías son a veces poco visibles lo cual provoca que la capacidad de diagnóstico y respuesta tenga que ser muy eficaz e inmediata.

En este marco se inscribe este artículo, que pretende únicamente exponer resumidamente, en el ámbito de las cimentaciones de puentes, cuáles son los principales reconocimientos que se realizan para determinar su estado de conservación. Reconocimientos que comprenden tanto la parte correspondiente al terreno como la parte estructural, aspecto éste complejo de sistematizar y de programar ya que suelen ser zonas poco accesibles, que convierten este tipo de trabajos en altamente específicos y especializados.

Para concluir, sólo queda destacar la importancia de este tipo de estudios, ya que la experiencia demuestra que los principales problemas en puentes se producen por fallos en las cimentaciones, difícilmente predecibles si no se planifican y programan este tipo de reconocimientos.

2. Sistema de gestión de obras de paso

En la Red de Carreteras del Estado existen más de 25 000 obras de paso, de las que el 66% tienen uno o más vanos con luces iguales o superiores a 10 m, es decir, son las que se denominan técnicamente "puentes". Este importante patrimonio unido a su

[] Cama de nivelación en clave								
APOYOS	Articulación en arranques / riñón	Continuo / no continuo	Nº apoyos	Rótula	Rodillo	Casquete	Anclado	Zunchado
Línea dorsal								
Línea frontal								

[] Cama de nivelación en arranques / riñones	
2.3 Cimentación:	
[] Arranques del Arco	
[] Superficial	[] Profunda
[] Zapata	[] Pilotes
[] Losa	[] Pantallas
[] Viga	[] Cajones hincados
[] Otros	[] Pozos
[] Sin determinar	[] Recintos tablistacados
	[] Otros
	[] Sin determinar

2.4 Materiales:								
MATERIALES	Anillos	Anillamiento entre anillos	Otros	Cama de nivelación en clave	Cama de nivelación en arranques/riñones	Refuerzos	Revestimiento	Arranques
Sillería								
Mampostería								
Fabrica de ladrillo								
Fabrica de bloques								
Hormigón en masa								
Hormigón armado								
Hormigón pretensado								

"Detalle ficha de inventario en el aspecto de cimentaciones".

diversidad, ya que se compone de obras de paso de edad, tipología, luces y cimentaciones y materiales empleados en su construcción muy variados, origina una complejidad en la gestión de su conservación.

Por todo ello resulta conveniente tener conocimiento actualizado del estado de conservación de los puentes, al objeto de optimizar la gestión de las infraestructuras: ya que la decisión de reparar una obra de paso deteriorada no debe tomarse, en general, desde la perspectiva aislada de una estructura, sino desde la perspectiva general del conjunto de la Red en las mejores condiciones de utilización y seguridad.

En lo que se refiere a los distintos tipos de cimentaciones existentes en los puentes de la red, se diferencia fundamentalmente entre cimentación profunda y superficial, siendo éste un primer filtro importante de cara a la gestión de su mantenimiento.

Desde 1999 la Dirección General de Carreteras, originariamente mediante la asistencia técnica de la empresa Torroja Oficina Técnica, posteriormente con la asistencia de la UTE Geocisa e Ines Ingenieros y actualmente con la empresa Geocisa, ha implantado un Sistema de Gestión de las obras de paso de la Red de Carreteras del Estado, incorporando, coordinando y sistematizando actua-

ciones que venían desarrollándose con anterioridad, e introduciendo otras nuevas de forma que responda a las necesidades actuales de calidad en la infraestructura. Este sistema se desarrolla, básicamente, a partir de:

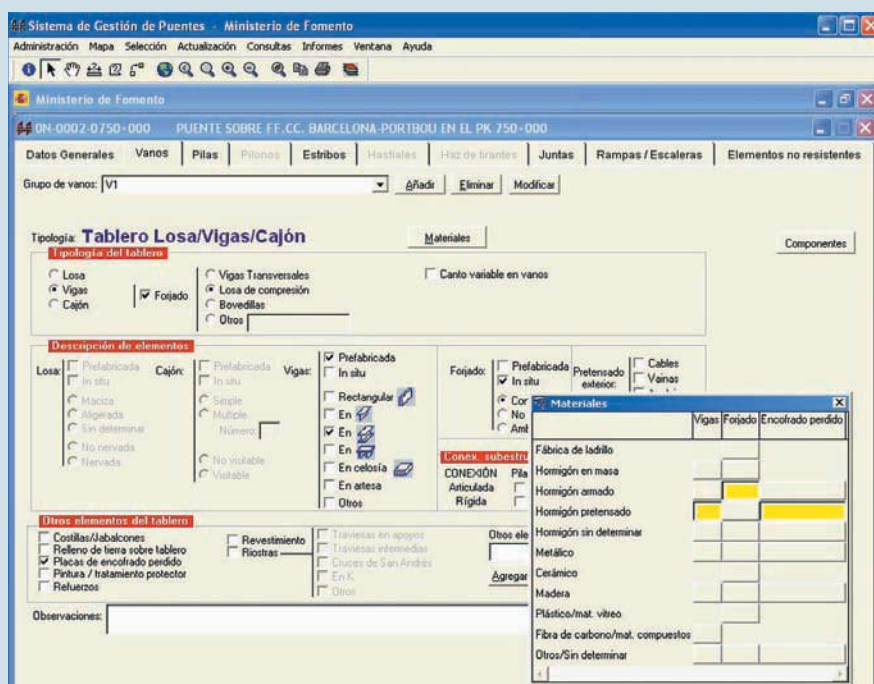
- El Inventario de las estructuras que conforman la Red.

- La realización sistemática de inspecciones a las obras de paso, las cuales tienen tres niveles de estudio diferenciados:

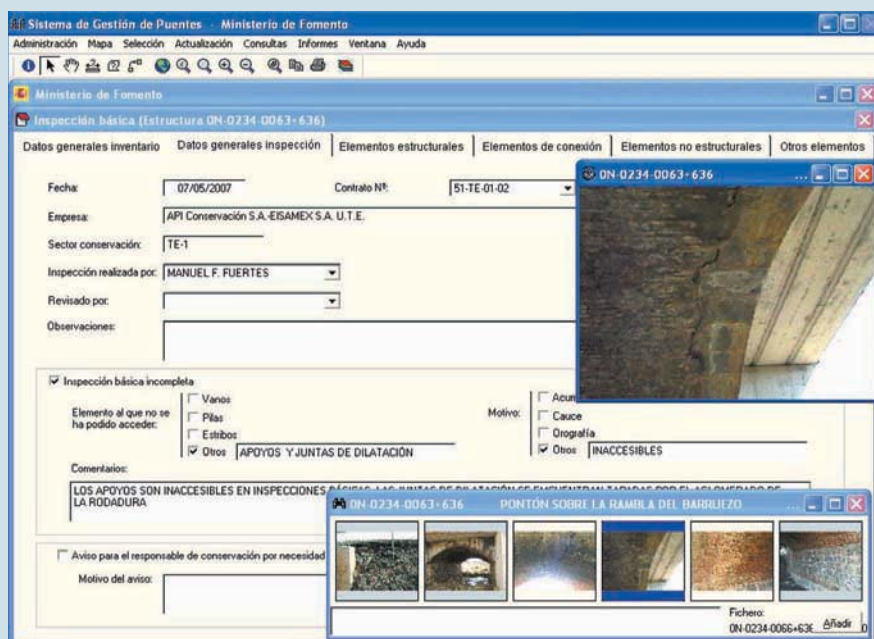
*Inspecciones Básicas (o Rutinarias),
Inspecciones Principales,
Inspecciones Especiales.*

- La evaluación sistematizada de los deterioros de los elementos de una estructura, para lo cual se ha elaborado un catálogo exhaustivo de deterioros posibles, así como de sus causas probables, que ayuda al personal encargado de la Inspección Principal a caracterizar de forma inequívoca los deterioros detectados. Además se dan los criterios para determinar la importancia de los daños detectados. Esta cuantificación es relativamente objetiva y permite establecer correlaciones con otras estructuras deterioradas, de cara al establecimiento de un orden de prioridades.

- La estimación del estado de las obras de paso se obtiene asignándoles un índice de estado, que se obtiene a partir de los siguientes pará-



Visualización de una de las pantallas del programa SGP Actual (2009).
"Módulo de Inventario: Datos de Identificación-Tipología de tablero".

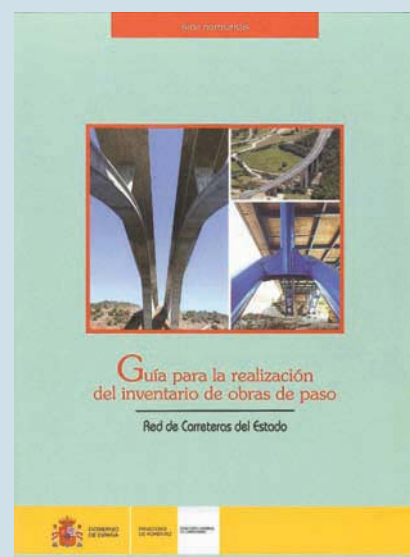


Visualización de una de las pantallas del programa SGP Actual (2009).
"Módulo de Inspección: Datos Generales".

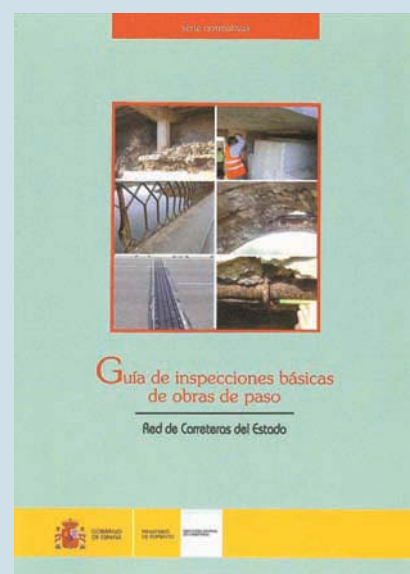
brar y determinar la eficacia de las actuaciones realizadas y su correcta elección y planificación.

Por último, comentar que el Ministerio ha publicado a comienzos de 2010 dos guías didácticas con el objetivo de hacer más intuitivas algunas de las tareas incluidas en el Sistema de Gestión de obras de paso implementado en la Dirección General de Carreteras:

- *Guía para la realización del inventario de obras de paso*, que contempla el desarrollo y ejecución del Inventario de las estructuras existentes en la RCE.



- *Guía de inspecciones básicas de obras de paso*, que sirve de referencia y guía en el desarrollo de los trabajos encaminados a la realización de Inspecciones Básicas en las estructuras de la RCE.



metros evaluados para cada daño: la extensión del daño (refleja si el daño afecta a una mayor o menor parte del elemento), la gravedad (indica la intensidad/grado del daño en el elemento, reflejando la imposibilidad del elemento dañado de ejercer su función) y la evolución (refleja la posibilidad de que el daño se desarrolle con mayor o menor rapidez).

■ El establecimiento de prioridades de reparación, ponderando a su vez

los índices de estado mediante factores que tienen en cuenta la seguridad, la funcionalidad, el tráfico, la importancia del itinerario donde está ubicada la estructura, la posibilidad de itinerarios alternativos, el valor patrimonial o histórico, etc.

■ El control y seguimiento de los programas de actuación. Este punto es el último en enumerarse y resulta un aspecto fundamental en la gestión en tanto que sirve para verificar, cali-

3. Reconocimientos de estado – Inspección de la cimentación

En las inspecciones de las obras de paso que se llevan a cabo en la Dirección General de Carreteras, en el marco del Sistema de Gestión implantado, y según la definición que de ellas se realiza en el documento “Inspecciones principales de puentes de carretera” publicado en marzo de 1988 por el Servicio de Puentes y Estructuras, se establecen distintos niveles de inspección que se diferencian en su intensidad, frecuencia y medios humanos y materiales empleados. Estos son: Inspecciones básicas (o rutinarias), principales y especiales.

Veremos fundamentalmente qué incidencia tiene cada una de estas inspecciones en el reconocimiento específico de la estructura de cimentación, desde un nivel somero de estudio hasta llegar finalmente a un nivel avanzado de su caracterización completa, cuando una patología se ha manifestado en un cimiento de cierta magnitud.

A continuación, en primer lugar y como no podía ser de otra manera, expondremos sucintamente cuáles son los reconocimientos más frecuentes del terreno de cimentación, que sin duda constituyen un paso imprescindible para caracterizarlo cuando se han detectado anomalías en el mismo. En general resulta un tema tratado en diversas publicaciones; sin embargo, hemos seguido el mismo enfoque que aparece en la reciente publicación “Cimentaciones de fábrica en puentes”, elaborado dentro del Grupo de trabajo de “Puentes de fábrica” perteneciente al Comité de Puentes de la ATC.

3.1. Reconocimientos del terreno de cimentación

3.1.1. Geología y cartografía de la zona de obra

La cartografía y geología generales básicas de la zona de estudio se obtendrá a partir de los mapas del Instituto Geográfico Nacional, Mapa Geológico de España, así como de los elaborados por las Comunidades Autónomas, o de publicaciones similares,

para posteriormente realizar *in situ* una cartografía en detalle a la escala requerida. La cartografía geológica en detalle del emplazamiento e incluso la elaboración de un perfil litológico bajo la obra, debe realizarse a una escala tal que puedan diferenciarse los distintos afloramientos de materiales existentes, sobre los que se sitúa el puente, para lo cual una escala adecuada sería en torno a 1:1 000 en horizontal, aunque puede variar según el detalle que se quiera reflejar en la cartografía y, consecuentemente, en el perfil longitudinal a lo largo del puente.

3.1.2. Técnicas de reconocimiento del terreno

■ **Sondeos mecánicos con extracción continua de testigo y toma de muestras inalteradas y ensayos SPT:** En principio, será suficiente con realizar un sondeo en el entorno del centro de las pilas y siempre en el emplazamiento de los estribos. El método más utilizado es el de perforación a rotación, con extracción continua de testigo, con diámetros de la misma entre 65 mm y 150 mm, que permita obtener muestras inalteradas a percusión, y ejecución de ensayos SPT, alternando ambos cada cierta profundidad (normalmente 2 m) o también, con la toma de muestra inalterada seguida del ensayo SPT (cada 3 m). En general, se opta por la toma de muestras inalteradas en suelos cohesivos y la ejecución de ensayos SPT en suelos esencialmente granulares. En los casos en que la consistencia del terreno impida la hinca del tomamuestras, se debe proceder a parafrasear parte del testigo obtenido directamente de la perforación. Estas decisiones las debe tomar el técnico que supervisa los trabajos. En cuanto a la longitud de perforación de los sondeos, al menos se debe alcanzar una profundidad del orden de 10 m bajo la cota de apoyo de la cimentación. Si la misma se realiza en suelos, el sondeo debería finalizar una vez alcanzado un terreno de compacidad alta; como criterio inicial, habitualmente se da por finalizado el sondeo cuando se obtiene resultado de rechazo en los tres

últimos ensayos SPT. Si, por el contrario, se llega a alcanzar roca, se recomienda que el sondeo penetre en ella al menos 5 m y, en cualquier caso, nunca menos de 3 m. (Las profundidades propuestas contemplan recabar la información suficiente para la realización de un posterior recalce, si fuera necesario.) En relación con los ensayos a realizar en laboratorio sobre las muestras extraídas en los sondeos, los más generales y comunes en caso de muestras de suelos, son siempre los necesarios para determinar:

a) la identificación o naturaleza del terreno (granulométricos y de plasticidad);

b) las condiciones de estado (densidad y humedad);

c) resistencia (compresión simple en muestras de naturaleza cohesiva).

Si se trata también de conocer con más detalle la deformabilidad del terreno bajo la cimentación, aunque no suele ser frecuente, se recurre en el laboratorio a los ensayos edométricos para determinar asentamientos y consolidación bajo carga, los de colapso para valorar la posibilidad de que una cimentación pueda sufrir asentamientos bruscos o rápidos debidos a inundación o presencia de agua, y finalmente ensayos como la determinación de la presión de hinchamiento y el hinchamiento libre para conocer el potencial expansivo o capacidad de un suelo arcilloso de modificar su volumen frente a cambios en su contenido de humedad. Dado que se trata de cimentaciones de puentes existentes, en general será necesario investigar la capacidad del terreno de apoyo en situaciones de incremento de carga sobre la cimentación o posible fallo de ésta. Los datos realmente imprescindibles entonces son la definición de los niveles de terreno y sus características resistentes: presión admisible en zapatas y resistencias unitarias en punta y fuste en caso de recalces con micropilotes, parámetros que pueden cuantificarse a partir de los reconocimientos *in situ* y de ensayos habituales en laboratorio. En muestras de roca, el ensayo normal para trabajos de



Inspección de la cimentación de un ensanche.

este tipo determina únicamente la resistencia a compresión simple, aunque no se debe descartar ampliar la información mediante ensayos de rotura del tipo *point-load*, corte directo o de compresión triaxial.

■ **Ensayos de penetración dinámica:** Si el recubrimiento de suelos se estima mayor de 3-4 m, suele ser eficaz completar el reconocimiento con ensayos de penetración dinámica. Proporcionan un buen indicador de la variación en forma continua de la compacidad de un suelo con la profundidad, mostrando el espesor de los suelos o rellenos superficiales, capas blandas intermedias, techo de formaciones duras o de roca y siempre es un complemento de la información obtenida en sondeos mecánicos. El penetrómetro dinámico, de forma similar al SPT que se realiza de forma puntual en los sondeos, transmite al terreno la fuerza necesaria para introducir una puntaza mediante la caída de una maza desde una determinada altura. En el ensayo se contabiliza el número de golpes necesarios para avanzar 20 cm. Con ello se obtiene un registro continuo del golpeo con la profundidad.

■ **Calicatas:** Si, por el contrario, el recubrimiento de suelo se estima escaso, parte de los sondeos podrá sustituirse por calicatas junto a la cimentación, lo que permitirá reconocer su morfología. Consisten en excavaciones de formas diversas, (pozos, zanjas, rozas, etc) realizadas mediante medios mecánicos convencionales,

que permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ.

Este tipo de excavaciones presentan las siguientes limitaciones:

- La profundidad del reconocimiento ronda los 4 metros.
- Los terrenos han de ser excavables con medios mecánicos.
- Ausencia de nivel freático o, al menos, aportaciones de agua moderada en terrenos de baja permeabilidad.
- Ausencia de instalaciones, conducciones y servicios afectados.
- No causar problemas de apoyo para cimentaciones futuras o próximas.

■ **Prospecciones geofísicas:** En ocasiones se obtiene una buena información de la situación del techo del sustrato rocoso utilizando, en sustitución de catas y penetraciones dinámicas, la prospección geofísica. Son ensayos esencialmente cualitativos que permiten completar la información geológica y la obtenida en los sondeos mecánicos. Entre los principales métodos cabe distinguir los siguientes:

- Métodos eléctricos (tomografía eléctrica). Se basan en la medición de la resistividad de los diferentes niveles de terreno. Son adecuados para detectar niveles freáticos.
- Métodos sísmicos (tomografía sísmica). En ellos se mide la velocidad de propagación de ondas producidas por un impulso provocado artificialmente. Dicha velocidad depende prin-

cialmente del módulo de elasticidad del terreno. Permiten diferenciar distintos tipos de terreno (en las dos primeras capas), su grado de ripabilidad, identificando también la situación del techo del sustrato rocoso bajo capas de suelos.

En terrenos de cimentación en los que se considere necesario obtener datos más específicos de comportamiento tanto resistente como de su deformabilidad, pueden realizarse otros reconocimientos menos frecuentes como son:

■ **Ensayos de penetración estática con o sin registro de presiones intersticiales, CPTU y CPT respectivamente.** Es un reconocimiento óptimo en suelos blandos tanto cohesivos como granulares finos. Consiste en la hincia continua a presión de una punta cónica, midiendo directamente el esfuerzo necesario para la penetración del cono y el rozamiento lateral. La ventaja de este ensayo, al margen de que sus resultados deben contrastarse con los sondeos con extracción de testigo, reside en la diferenciación bastante precisa de capas de distinto comportamiento geotécnico, especialmente en niveles drenantes que aceleren procesos de consolidación bajo carga. Con los datos que se obtienen de estos ensayos, pueden correlacionarse otros como densidad relativa, ángulo de rozamiento, parámetros de deformabilidad, resistencia a licuefacción, resistencia al corte, resistencias unitarias de punta y fuste, coeficientes de consolidación, etc.

■ **Ensayos presiométricos.** En los ensayos presiométricos se aplica a la profundidad requerida una presión radial sobre el taladro de la perforación, midiendo las deformaciones producidas. Es, por tanto, un ensayo de carga - deformación. Con el mismo se obtiene una curva que relaciona la presión aplicada y la deformación, y permite obtener parámetros geotécnicos, principalmente, módulos de deformación, presión límite, correlaciones con la presión admisible, etc.

3.2. Reconocimientos de la estructura de cimentación

3.2.1. Búsqueda de la documen-

tación existente

La búsqueda de datos de proyecto u otros documentos relacionados con la estructura a estudiar y, en este caso, con las cimentaciones, constituye la primera fase del "reconocimiento". Si recurrir a la documentación que existe es imprescindible al enfrentarse a un problema relacionado con estructuras existentes, aún lo es más en el caso particular del estudio de la cimentación debido a la dificultad que supone su reconocimiento e inspección.

Entre los datos a considerar resultan de especial interés los siguientes:

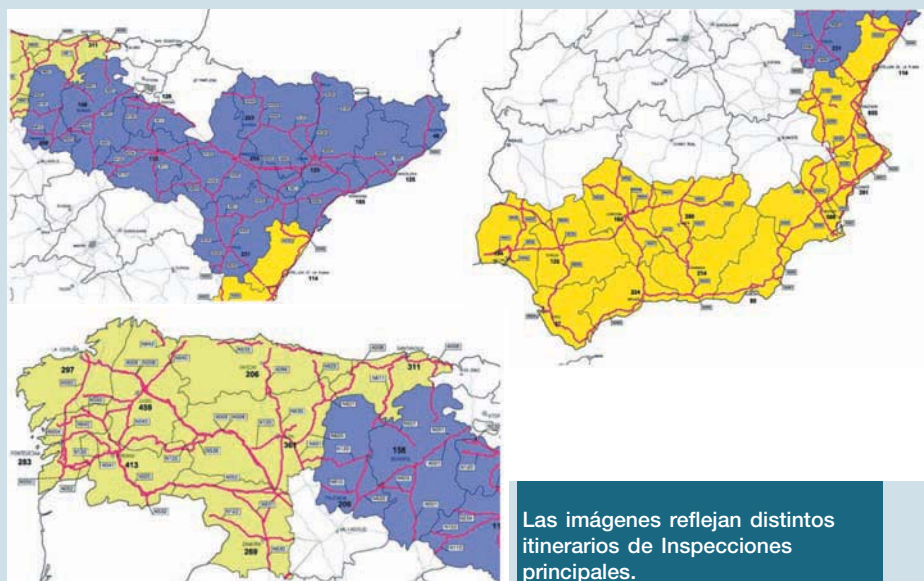
- Planos de las cimentaciones.
- Cálculos estructurales.
- Información relativa al proceso de ejecución.
- Datos geológicos y geotécnicos.
- Datos hidráulicos relativos a los cauces, en el caso de obras cimentadas en cursos de agua.

Debe realizarse un análisis crítico de los documentos que se encuentren. Para comprobar aquellos datos que se consideren dudosos será necesario recurrir a la ayuda de técnicas de reconocimiento como campañas de campo o inspecciones visuales.

3.2.2. Inspecciones básicas o rutinarias

Definición y normativa

Las inspecciones básicas (o rutinarias) son efectuadas por las personas encargadas de la conservación de la carretera con la misma frecuencia que se realizan labores de vigilancia en ella. Su objetivo es hacer un buen seguimiento del estado de las estructuras, para detectar lo antes posible fallos aparentes que podrían originar gastos importantes de conservación o reparación si no son corregidos a tiempo. Para ello se reconocen las distintas partes de la obra de paso, su estado de conservación y la evolución de los posibles deterioros. *En este sentido, debemos remitirnos a lo dispuesto en la "Guía de inspecciones básicas de obras de paso" que es conforme además con la NOTA de SERVICIO de marzo de 2007 sobre "Inspecciones de Nivel Básico en Obras de Fábrica" donde se deter-*



mina la periodicidad (15 meses) de este tipo de inspecciones y se define la ficha tipo de elementos que inspeccionar.

Como consecuencia de ellas se emprenden, en general, operaciones de conservación ordinaria; pero también puede surgir la necesidad de otro tipo de inspección más detallada o de realizar actuaciones de conservación extraordinaria, reparación o incluso rehabilitación.

Medios necesarios

Actualmente, las labores de inspección básica de las obras de fábrica de la Red se incluyen dentro de los Contratos de Conservación Integral, o bien se realizan por personal adscrito a las Unidades de Conservación.

Metodología

Desde el punto de vista de las cimentaciones las inspecciones básicas deberán contemplar, al menos, los siguientes aspectos:

Cimentación: erosiones y socavaciones apreciables, colapsos, desmoronamientos, etc.

Es decir, suponen un reconocimiento muy somero del estado aparente del cimiento, pero con una frecuencia de 15 meses, para intentar detectar problemas graves producidos.

3.2.3. Inspecciones principales

Definición

Las inspecciones principales son aquellas que consisten en la obser-

vación minuciosa del estado de todos los elementos de la obra de paso. Son realizadas por personal especializado, aunque sin requerir la utilización de medios especiales. Para el desarrollo de la inspección se acotan cuatro zonas de la obra de paso: **cimiento**, subestructura, superestructura y equipamientos, distinguiendo en cada zona una serie de elementos cuyo deterioro puede alterar, en mayor o menor grado, el comportamiento funcional y estructural de la obra de paso. Aunque depende del tipo de obra de paso y sus antecedentes, estas inspecciones se realizan cada cinco años como media, a menos que sean solicitadas como consecuencia de una inspección rutinaria o un suceso accidental.

En general, de estas inspecciones surgen las necesidades de reparación que, en algunos casos, requieren una inspección especial para su proyecto, de acuerdo con los pasos posteriores del Sistema de Gestión de Obras de Paso.

Medios necesarios

Dentro de cada equipo de inspección, el personal deberá estar compuesto, al menos, por un equipo con un ingeniero de caminos, un ingeniero técnico de obras públicas y un auxiliar de campo.

Metodología

Antes de comenzar la Inspección Principal del puente, y tras un somero recorrido por el puente y su entor-

no, el jefe del equipo de inspección debe evaluar los riesgos y tener una visión de conjunto de la estructura y de su estado de conservación.

La Inspección Principal consiste en detectar los deterioros existentes en cada uno de los elementos de la estructura. Estos elementos deberán estar previamente registrados en la ficha de Inventario, de forma que exista una relación biunívoca entre el Inventario y la Conservación. Los diferentes elementos se encuentran organizados en el Inventario según unas fichas descriptivas de los vanos, pilas, estribos, juntas, etc., variables según la tipología de la estructura.

La inspección principal es una observación detallada de todos los elementos visibles del puente, que debe realizarse de una forma sistemática, para que no se produzcan ni errores ni omisiones. Para ello, una vez definidos los elementos constitutivos del puente, su inspección principal **se realizará siguiendo estas tres fases consecutivas:**

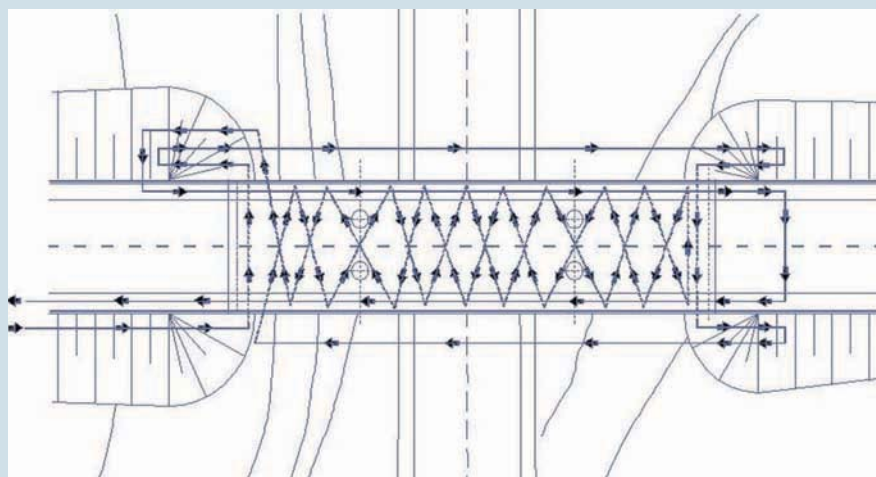
1. Inspección perimetral inferior de los paramentos verticales de estribos, parte visible de cimentación, y de las caras laterales del tablero.
2. Inspección en "zig-zag" desde debajo del tablero, de las pilas y cimientos visibles y de la cara inferior del mismo, en el siguiente orden (ver figura):
3. Y así sucesivamente hasta finalizar en el vano del tablero entre la pila P_n y el Estribo E2.

Realización del mismo itinerario anterior, pero en sentido inverso.

La inspección del cauce

Consistirá en la caracterización del cauce en una cierta distancia tanto aguas arriba de la obra de paso como aguas abajo, cuando se trate de puentes. En estos casos se rellenará la correspondiente ficha de inspección, con indicación de esvajes, existencia de barreras, geometría de cauce, etc.

La importancia de la inspección de una cimentación sometida a las acciones del cauce es prever adecuadamente cuáles serán los efectos del cauce sobre la misma, dada la acción



Croquis de metodología de Inspección Principal.

dinámica y evolutiva de éste, así como determinar la vulnerabilidad de la obra y de la cimentación.

Para estimar el riesgo en la interacción cauce-puente, el primer paso es la realización de una inspección que permita registrar las variables que pueden hacer vulnerable el puente en relación al cauce. Para ello se hace necesario estimar objetivamente el riesgo potencial de colapso del puente frente a una avenida extraordinaria, atendiendo a la hidráulica fluvial, basándose en parámetros geomorfológicos del cauce y en la propia hidráulica del puente. Indudablemente los grados de libertad y las incertidumbres que pueden recogerse de estos parámetros son elevados, por cuanto la propia dinámica del cauce no permite, como en el caso del puente, establecer criterios sistemáticos que otorguen exactitud en la inspección. Además, puede ser que en el momento de la inspección no se ha-

yan manifestado signos (socavaciones ligeras, leves descalces, depósitos de acarreo, ...) que puedan apuntar de forma evidente la existencia de riesgo. Esto lleva a considerar, en la evaluación del conjunto puente-cauce, los riesgos potenciales y no los riesgos certeros, gobernados por las relaciones cualitativas y cuantitativas entre todas las variables que se consideren.

En esta primera toma de contacto visual con el estado del puente se debe considerar una serie de datos realistas para la evaluación de su estado. Estos datos, están siendo revisados actualmente, en el ámbito de la gestión de los puentes, y con las asistencias técnicas de gestión, para optimizar la Ficha de Inspección de Cauces, de manera que con el mínimo número de parámetros pueda determinarse la vulnerabilidad de la obra y sus cimentaciones al cauce.

A modo de ejemplo exponemos una *ficha tipo de inspección de cauce*, que



Obra de paso pilotada.

aparece en la página siguiente..

3.2.4.- Inspecciones especiales

Definición

Las Inspecciones Especiales se efectúan como consecuencia de situaciones singulares, producidas por las propias características o dimensiones de las estructuras (altura importante de pilas, obras de paso sobre cauces,...) o como resultado de una decisión tomada a la vista del informe de una Inspección Principal, en donde se aprecien deterioros de importancia cuyo estudio de patologías y posterior rehabilitación así lo requieran. Son inspecciones de detalle que necesariamente implican la presencia de técnicos y equipos especiales.

Medios necesarios

El personal encargado de las inspecciones especiales debe ser especialista en estructuras, y disponer de una serie de medios especiales como son: pasarela para inspección de puentes, grúa autopropulsada con cesta, plataforma elevadora, barca, buzos para inspección subacuática, equipos de desbroce, etc.

Metodología

Las Inspecciones Especiales contemplan un estudio previo de la obra de paso, al objeto de determinar los trabajos o investigaciones a realizar en relación con la misma, entre los que se encuentran:

- 1. El levantamiento de detalle de la geometría de la obra de paso.
- 2. El levantamiento de daños con la localización y caracterización precisa de cada uno de los deterioros existentes.

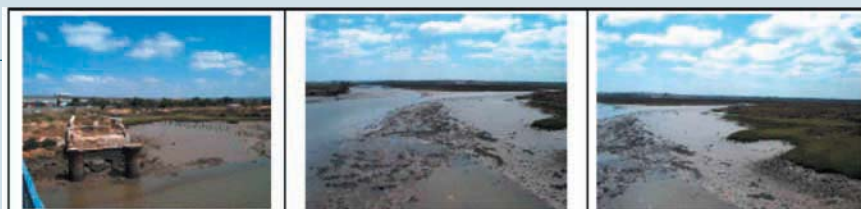
- 3. La realización de pruebas de carga de carácter estático o dinámico tendientes a determinar la capacidad portante de la estructura

■ 4. CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO DE CIMENTACIÓN:

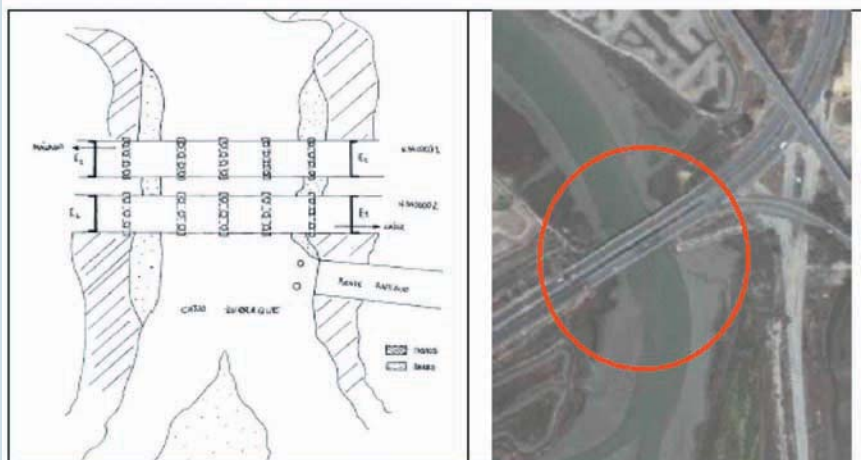
- La ejecución de sondeos y la realización de ensayos de caracterización geotécnica del terreno de cimentación según lo ya expuesto en el apartado 3.1.

- La toma de muestras y la realización de ensayos físico-químicos.

■ 5. CARACTERIZACIÓN DE LA



Croquis del cauce y vista aérea



Cauce aguas abajo



Inspección Principal de Cauce, en obra de paso pilotada. Datos fotográficos.

ESTRUCTURA DEL CIMIENTO:

- La realización de inspecciones subacuáticas de cimentaciones.

- Calicatas, tomas de muestras y realización de ensayos de caracterización de los materiales.

- La realización de ensayos *in situ* y la auscultación mediante la instrumentación necesaria, para conocer la medida de los movimientos en juntas o fisuras, las deformaciones, etc.

- Otros relacionados con la estructura de cimiento.

CAMPAÑA DE CAMPO MÁS FRECUENTE PARA CARACTERIZACIÓN DE CIMENTACIONES

1. Calicatas.

En el estudio y reconocimiento de una cimentación una calicata, realizada con las mismas consideraciones expuestas en el apartado 3.1.2, puede estar diseñada para acceder a la cimentación y ver su estado real cuando su examen exterior no permite obtener los datos buscados. La superficie y profundidad de excavación dependerán de la tipología y dimensiones de la cimentación. En general

las profundidades de excavación variarán entre tres o cuatro metros, mientras que su superficie estará condicionada por las características de la cimentación y del terreno. Los resultados de este reconocimiento se registrarán en un estadillo en el que se indicará la profundidad, geometría, presencia de filtraciones, presencia de grietas o fisuras o cualquier otro deterioro visible.

2. Sondeos. (Para caracterizar rellenos o materiales constituyentes de la estructura de cimentación).

Se aprovecharán los sondeos que se realicen para el reconocimiento del terreno intentando que éstos se ejecuten atravesando los macizos de cimentación. Esto permite obtener datos acerca del espesor del cimiento, materiales que lo constituyen, características de los mismos, etc.

Siempre que sea posible los sondeos se realizarán desde la plataforma de la obra de paso.

3. Inspecciones subacuáticas.

En el reconocimiento de la cimentación de estructuras que se encuen-

FICHA DE INSPECCIÓN PRINCIPAL DE CAUCES																																																																																																																																											
Código del puente		Nombre del puente		Provincia		Mº de vialidad		Fecha de Inspección																																																																																																																																			
Carretera		P.R.		Provincia		Mº de vialidad		Fecha de Inspección																																																																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> <th>C.1</th> <th>C.2</th> <th>C.3</th> <th>C.4</th> <th>C.5</th> <th>C.6</th> <th>C.7</th> <th>C.8</th> <th>C.9</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Localización</th> <th>Tipo de pila</th> <th>Material de la pila</th> <th>Tipo de cimentación Pila</th> <th>En el lecho</th> <th>Bajo la pila</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Condición Pila</th> <th>Dimensiones de la pila</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>Longitud</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>P-1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>										Elemento	C.1	C.2	C.3	C.4	C.5	C.6	C.7	C.8	C.9		Localización	Tipo de pila	Material de la pila	Tipo de cimentación Pila	En el lecho	Bajo la pila	Ángulo de ataque	Condición Pila	Dimensiones de la pila										Longitud	P-1										P-2										P-3										P-4										P-5										P-6										P-7										P-8										P-9										P-10									
Elemento	C.1	C.2	C.3	C.4	C.5	C.6	C.7	C.8	C.9																																																																																																																																		
	Localización	Tipo de pila	Material de la pila	Tipo de cimentación Pila	En el lecho	Bajo la pila	Ángulo de ataque	Condición Pila	Dimensiones de la pila																																																																																																																																		
									Longitud																																																																																																																																		
P-1																																																																																																																																											
P-2																																																																																																																																											
P-3																																																																																																																																											
P-4																																																																																																																																											
P-5																																																																																																																																											
P-6																																																																																																																																											
P-7																																																																																																																																											
P-8																																																																																																																																											
P-9																																																																																																																																											
P-10																																																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> <th>C.10</th> <th>C.11</th> <th>C.12</th> <th>C.13</th> <th>C.14</th> <th>C.15</th> <th>C.16</th> <th>C.17</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Nivel máx. del agua</th> <th>Cond. conservación</th> <th>Profund. inspección</th> <th>Tipo de protección</th> <th>Estado de protección</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Forma del puente</th> <th>Alcance de la pila</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>P-1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>										Elemento	C.10	C.11	C.12	C.13	C.14	C.15	C.16	C.17		Nivel máx. del agua	Cond. conservación	Profund. inspección	Tipo de protección	Estado de protección	Ángulo de ataque	Forma del puente	Alcance de la pila										P-1									P-2									P-3									P-4									P-5									P-6									P-7									P-8									P-9									P-10																					
Elemento	C.10	C.11	C.12	C.13	C.14	C.15	C.16	C.17																																																																																																																																			
	Nivel máx. del agua	Cond. conservación	Profund. inspección	Tipo de protección	Estado de protección	Ángulo de ataque	Forma del puente	Alcance de la pila																																																																																																																																			
P-1																																																																																																																																											
P-2																																																																																																																																											
P-3																																																																																																																																											
P-4																																																																																																																																											
P-5																																																																																																																																											
P-6																																																																																																																																											
P-7																																																																																																																																											
P-8																																																																																																																																											
P-9																																																																																																																																											
P-10																																																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Observaciones</th> <th colspan="9"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FOTOGRAFÍAS</td> <td>F-4.3.1</td> <td>F-4.3.2</td> <td>F-4.3.3</td> <td>F-4.3.4</td> <td>F-4.3.5</td> <td>F-4.3.6</td> <td>F-4.3.7</td> <td>F-4.3.8</td> <td>F-4.3.9</td> <td>F-4.3.10</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Pila 1 vista desde vano 1</td> <td>Pila 2 vista desde vano 2</td> <td>Pila 3 vista desde vano 3</td> <td>Pila 4 vista desde vano 4</td> <td>Pila 5 vista desde vano 5</td> <td>Pila 6 vista desde vano 6</td> <td>Pila 7 vista desde vano 7</td> <td>Pila 8 vista desde vano 8</td> <td>Pila 9 vista desde vano 9</td> <td>Pila 10 vista desde vano 10</td> </tr> </tbody> </table>										Observaciones										FOTOGRAFÍAS	F-4.3.1	F-4.3.2	F-4.3.3	F-4.3.4	F-4.3.5	F-4.3.6	F-4.3.7	F-4.3.8	F-4.3.9	F-4.3.10		Pila 1 vista desde vano 1	Pila 2 vista desde vano 2	Pila 3 vista desde vano 3	Pila 4 vista desde vano 4	Pila 5 vista desde vano 5	Pila 6 vista desde vano 6	Pila 7 vista desde vano 7	Pila 8 vista desde vano 8	Pila 9 vista desde vano 9	Pila 10 vista desde vano 10																																																																																																		
Observaciones																																																																																																																																											
FOTOGRAFÍAS	F-4.3.1	F-4.3.2	F-4.3.3	F-4.3.4	F-4.3.5	F-4.3.6	F-4.3.7	F-4.3.8	F-4.3.9	F-4.3.10																																																																																																																																	
	Pila 1 vista desde vano 1	Pila 2 vista desde vano 2	Pila 3 vista desde vano 3	Pila 4 vista desde vano 4	Pila 5 vista desde vano 5	Pila 6 vista desde vano 6	Pila 7 vista desde vano 7	Pila 8 vista desde vano 8	Pila 9 vista desde vano 9	Pila 10 vista desde vano 10																																																																																																																																	

Ficha técnica Inspección Principal de Cauce.(I)

FICHA DE INSPECCIÓN PRINCIPAL DE CAUCES																																																																																																																																											
Código del puente		Nombre del puente		Provincia		Mº de vialidad		Fecha de Inspección																																																																																																																																			
Carretera		P.R.		Provincia		Mº de vialidad		Fecha de Inspección																																																																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> <th>A.1</th> <th>A.2</th> <th>A.3</th> <th>A.4</th> <th>A.5</th> <th>A.6</th> <th>A.7</th> <th>A.8</th> <th>A.9</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Longitud del puente</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>P-1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>										Elemento	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	A.8	A.9		Ángulo de ataque	Longitud del puente	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque											P-1										P-2										P-3										P-4										P-5										P-6										P-7										P-8										P-9										P-10									
Elemento	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	A.8	A.9																																																																																																																																		
	Ángulo de ataque	Longitud del puente	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque																																																																																																																																		
P-1																																																																																																																																											
P-2																																																																																																																																											
P-3																																																																																																																																											
P-4																																																																																																																																											
P-5																																																																																																																																											
P-6																																																																																																																																											
P-7																																																																																																																																											
P-8																																																																																																																																											
P-9																																																																																																																																											
P-10																																																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> <th>A.10</th> <th>A.11</th> <th>A.12</th> <th>A.13</th> <th>A.14</th> <th>A.15</th> <th>A.16</th> <th>A.17</th> <th>A.18</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> <th>Ángulo de ataque</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>P-1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>										Elemento	A.10	A.11	A.12	A.13	A.14	A.15	A.16	A.17	A.18		Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque											P-1										P-2										P-3										P-4										P-5										P-6										P-7										P-8										P-9										P-10									
Elemento	A.10	A.11	A.12	A.13	A.14	A.15	A.16	A.17	A.18																																																																																																																																		
	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque	Ángulo de ataque																																																																																																																																		
P-1																																																																																																																																											
P-2																																																																																																																																											
P-3																																																																																																																																											
P-4																																																																																																																																											
P-5																																																																																																																																											
P-6																																																																																																																																											
P-7																																																																																																																																											
P-8																																																																																																																																											
P-9																																																																																																																																											
P-10																																																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Observaciones</th> <th colspan="9"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FOTOGRAFÍAS</td> <td>F-4.3.1</td> <td>F-4.3.2</td> <td>F-4.3.3</td> <td>F-4.3.4</td> <td>F-4.3.5</td> <td>F-4.3.6</td> <td>F-4.3.7</td> <td>F-4.3.8</td> <td>F-4.3.9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Pila 1 vista desde vano 1</td> <td>Pila 2 vista desde vano 2</td> <td>Pila 3 vista desde vano 3</td> <td>Pila 4 vista desde vano 4</td> <td>Pila 5 vista desde vano 5</td> <td>Pila 6 vista desde vano 6</td> <td>Pila 7 vista desde vano 7</td> <td>Pila 8 vista desde vano 8</td> <td>Pila 9 vista desde vano 9</td> </tr> </tbody> </table>										Observaciones										FOTOGRAFÍAS	F-4.3.1	F-4.3.2	F-4.3.3	F-4.3.4	F-4.3.5	F-4.3.6	F-4.3.7	F-4.3.8	F-4.3.9		Pila 1 vista desde vano 1	Pila 2 vista desde vano 2	Pila 3 vista desde vano 3	Pila 4 vista desde vano 4	Pila 5 vista desde vano 5	Pila 6 vista desde vano 6	Pila 7 vista desde vano 7	Pila 8 vista desde vano 8	Pila 9 vista desde vano 9																																																																																																				
Observaciones																																																																																																																																											
FOTOGRAFÍAS	F-4.3.1	F-4.3.2	F-4.3.3	F-4.3.4	F-4.3.5	F-4.3.6	F-4.3.7	F-4.3.8	F-4.3.9																																																																																																																																		
	Pila 1 vista desde vano 1	Pila 2 vista desde vano 2	Pila 3 vista desde vano 3	Pila 4 vista desde vano 4	Pila 5 vista desde vano 5	Pila 6 vista desde vano 6	Pila 7 vista desde vano 7	Pila 8 vista desde vano 8	Pila 9 vista desde vano 9																																																																																																																																		

Ficha técnica Inspección Principal de Cauce.(II)

tran emplazadas en cursos de agua se suele recurrir a la inspección subacuática. No obstante hay que tener en cuenta que en numerosos cauces durante el periodo de estiaje, el nivel del agua es bajo y permite observar la base de los apoyos sin recurrir a la contratación de empresas especializadas. La inspección subacuática tiene como objetivo el reconocimiento de la

parte sumergida de la subestructura del puente, así como del lecho del cauce. La inspección de este último está encaminada a detectar el riesgo de socavación de la cimentación.

La inspección de la estructura y del lecho se realizará tanto aguas arriba como aguas abajo y en todo el perímetro de los elementos de apoyo. Además se tendrá en cuenta que pue-

de ser deseable programar una inspección subacuática en una situación excepcional, como por ejemplo justo después de una crecida.

La inspección subacuática difiere de la inspección visual en varios aspectos: en general aumenta la subjetividad de los inspectores, que no suelen ser expertos en puentes, sino buceadores. Ésta se desarrolla normalmente en condiciones de poca visibilidad por lo que gran parte de la información es obtenida mediante tacto.

Para alcanzar los objetivos que se persiguen es necesario que un técnico sea el responsable de la inspección y que desde tierra pueda dirigir los trabajos. En cualquier caso es una buena práctica que se realice la inspección de manera ordenada, al igual que se acomete la inspección visual de una estructura, teniendo en cuenta que la inspección subacuática se realiza por personal cualificado, pero cuya misión no es realizar el diagnóstico sobre la resistencia mecánica y seguridad del apoyo, sino suministrar una imagen objetiva lo más precisa posible del estado del apoyo. Por lo tanto, se hace imprescindible que

el responsable de la inspección defina previamente los objetivos que hay que alcanzar con los buceadores.

En la planificación de la inspección hay que resaltar la importancia de determinar la accesibilidad de los equipos de inspección subacuática durante las inspecciones previas de la estructura. Especialmente, determinar el tipo de embarcación que se va a utili-

zar, si resulta necesaria, y la orografía de las laderas que acceden al cauce para poder alcanzar las pilas o cimientos del puente.

Si el agua del río no presenta excesiva turbidez, es posible y recomendable grabar un vídeo de los parámetros del elemento, o tomar fotografías, o incluso ver las imágenes en directo a través de monitor de televisión.

En la inspección de **cada elemento de la subestructura** se debe tomar al menos la siguiente serie de datos:

- Socavaciones bajo el elemento (socavación local). Detección de ausencia de materiales y magnitud.

- Profundidad del lecho.

- Estado de los parámetros de la subestructura: grietas, alteración de materiales.

- Estado del lecho en las proximidades del elemento. Morfología.

- Estado de los elementos de protección y escolleras.

4. Otras técnicas de reconocimiento.

Puesta en seco.

Esta técnica consiste en desviar el curso del río mediante la construcción de ataguías, islas y desvíos consiguiendo que la zona objeto del estudio quede en seco.

Métodos no destructivos.

Actualmente hay numerosos estudios orientados al desarrollo y aplicación de métodos no destructivos al reconocimiento de las características de los cimientos. Tratan de poner de manifiesto la aplicabilidad de estas técnicas en el campo del reconocimiento de las cimentaciones, si bien no se tienen conclusiones definitivas sobre la fiabilidad y su campo de aplicación.

La mayor parte de estos métodos (eco, sísmica paralela, sondeo sísmico) tienen su principal aplicación en el control de cimentaciones profundas en obras de nueva construcción, por lo que su adaptación al reconocimiento de cimentaciones existentes y de desarrollo de técnicas nuevas será una alternativa interesante a las técnicas tradicionales.

4. Algunas reflexiones finales

En un país avanzado y desarrollado no ha de pensarse únicamente en planificar y construir nuevas infraestructuras; sino que se hace necesario mantener un nivel de servicio de éstas acorde con el nivel de desarrollo del país. Importan por tanto la calidad, la funcionalidad de las obras, la optimización de las inversiones y por supuesto la seguridad.

Las cimentaciones son o han sido tradicionalmente el “talón de aquiles” de muchos puentes, en muchos casos por verse demasiado expuestas a los cauces entre otros factores. Además, su especial emplazamiento y la falta de visibilidad provoca fallos poco previsibles: de este modo se hace muy necesario obtener información de las mismas y caracterizarlas en función de su importancia y situación o exposición.

La técnica de caracterización de las cimentaciones se basa lógicamente en el conocimiento del Terreno de Cimentación, y en el conocimiento de la Estructura de Cimentación.

Para reconocer el **terreno de cimentación** en puentes son frecuentes la realización de sondeos mecánicos y ensayos tipo SPT, con análisis de las muestras extraídas, ensayos de penetración dinámica, calicatas, prospecciones geofísicas, o ensayos de penetración estática y presiométricos (menos frecuentes), todo ello acompañado previamente con una adecuada planificación de la campaña y el análisis previo de la cartografía.

Para reconocer la **estructura del cimiento**, es necesario “a priori” una búsqueda documental, puesto que puede ahorrar mucho tiempo y dinero si resulta fructífera. De cualquier modo, hay que realizar también una campaña de inspección visual con diferente intensidad, en función del objetivo que tenga el reconocimiento, y que en la Dirección General de Carreteras comprenden desde las inspecciones básicas o rutinarias, las principales que nos permiten evaluar el estado de conservación del cimiento cuando es po-

sible, hasta las especiales, que nos permiten caracterizar con el máximo nivel de detalle la cimentación.

Merece la pena destacar por su importancia las inspecciones de los cauces, y analizar la vulnerabilidad de la interacción cauce – puente – cimiento dados los efectos catastróficos que un fallo de estas características puede causar, acrecentado con el poco tiempo de aviso con que estas patologías suelen presentarse. Por este motivo la previsión y la planificación es fundamental.

5. Bibliografía relacionada

A continuación se exponen algunos documentos relacionados con los reconocimientos de cimentaciones en puentes.

- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1988. Inspecciones principales de puentes de carretera. Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica. Madrid.

- Ministerio de Fomento. 2009. Guía para la realización del inventario de obras de paso. Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica. Madrid.

- Ministerio de Fomento. 2009. Guía de Inspecciones básicas de obras de paso. Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica. Madrid.

- ATC. 2008. Cimentaciones de Fábrica en Puentes. Asociación Técnica de Carreteras.

- Geotecnia y Cimientos III. Primera y Segunda Parte. Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotecnia. Editorial Rueda. J.A. Jiménez Salas *et al.*

- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1988. Control de la Erosión fluvial en Puentes. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Madrid.

- Nota de Servicio. 1995. Sobre actuaciones y operaciones en obras de paso, dentro de los contratos de conservación. Ministerio de Fomento.

- Ministerio de Fomento. 1999. GSM, Sistema de Gestión de las Actividades de conservación ordinaria y

ayuda a la vialidad. Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica. Madrid.

■ Nota de Servicio 2007 (9 de marzo). Sobre la Realización de Inspecciones de Nivel Básico en Obras de Fábrica de la Red de Carreteras del Estado. Ministerio de Fomento. Secretaría de Estado de Infraestructuras y Planificación. Madrid.

■ Dirección General de Carreteras (2002): "Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera".

■ Evaluating Scour At Bridges. Fourth Edition. Publication No. FHWA NHI 01-001. May 2001. (Hydraulic Engineering Circular N°. 18).

■ Larry D. Orson, Farokh Jilnoos, Marwan F. Aouad, Determination of unknown subsurface bridge foundations. A summary of the NCHRP 21-5 interim report.

■ Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de l'Espace (Diciembre 1991): «Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art», fascicule 11, Fondations en site terrestre.



Detalle de daños en zona marina.

■ Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de l'Espace (Diciembre 1991): "Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art, fascicule 10 Fondations en site aquatique"

■ Ministère des Transports. Direction Générale des Transports Intérieurs (Diciembre 1980): "Fondations de ponts en site aquatique en état précaire".

■ Avent R.R., Alawady M., Heyms-

field E., Inspecting Concrete Bridge Substructures (Part 1: Scour). Concrete International, January 2001.

■ LeMieux G.F., Underwater inspection of the world's longest overall bridges, part I and II. Concrete International, February- March 1998.

■ Sánchez Domínguez F., Métodos no destructivos de control de cimentaciones profundas. Casos Prácticos. EUROCONSULT-CEBTP, S.A. ■

RUTAS

REVISTA DE LA A.I.P.C.R. ESPAÑOLA

Para información y suscripciones pueden dirigirse a:

Asociación Técnica de Carreteras
Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha.
Teléf. 91 308 23 18/19
28010 MADRID

☐ Talón

☐ Giro

☐ Transferencia

NOMBRE

CIF

DIRECCIÓN

TFNO. CIUDAD

PROVINCIA

AÑO 2010

FECHA:

FIRMA:

Deseo suscribirme por un año a la revista RUTAS, cuyo importe de 60,10 € para miembros de la A.I.P.C.R. y 66,11 € para no miembros (+ 4% I.V.A. y gastos de envío) correspondiente envío adjunto por: