

# Incluso los puentes arco se deterioran. Conservación y mantenimiento



**Gonzalo Arias Hofman**

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
 Director de Ingeniería de Conservación de  
 INES Ingenieros

**Resumen**

Los puentes arco, como cualquier infraestructura existente, se construyen y se mantienen en unas determinadas condiciones de servicio a lo largo de una vida útil, hasta que desaparecen o se transforman.

El mantenimiento es, de todas las tareas a llevar a cabo, la tarea que más se prolonga en el tiempo. Por la importancia que adquieren dichas tareas, se dedica este artículo a describir las principales tareas de conservación y mantenimiento para el caso de los puentes de tipo arco ‘modernos’, como un elemento más de una infraestructura lineal, aunque de singular importancia.

Por último, en el artículo se muestra cómo se valora un puente arco en el marco de los sistemas de gestión de puentes, que es una de las herramientas necesarias para la gestión de activos.

**Palabras clave**

Arco, conservación, mantenimiento, gestión de puentes, vida útil

**Abstract**

*Arch bridges, like all structures, are built and maintained to suit certain load conditions throughout their service lives until they either disappear or are transformed.*

*Of all the activities to be carried out on a structure, maintenance is the one that extends the longest in time. In view of the importance of these actions, this article establishes the main conservation and maintenance activities for “modern” arch type bridges which, while serving as yet one further element of a linear infrastructure, are elements of vital importance.*

*The article also describes how an arch bridge is assessed within a bridge management system, this being one of the necessary systems for asset management.*

**Keywords**

*Arch, conservation, maintenance, bridge management, service life*

**1. Introducción**

La gestión de activos (*asset management*) es una metodología de trabajo aplicable a múltiples sectores de trabajo. Llevado al caso de las infraestructuras civiles de comunicación (carreteras, ferrocarril) implica valorar el activo como un bien que se construye pero que, sobre todo, se mantiene en unas determinadas condiciones de servicio a lo largo de una vida útil hasta que desaparece o se transforma. Un mejor ajuste en la estimación de los costes de conservación y mantenimiento permite tomar la decisión más adecuada en la planificación de la infraestructura, por lo que el conocimiento de las actividades necesarias para llevar a cabo una correcta conservación de la misma es el primer paso para centrar la estimación de dichos costes.

En este artículo se van a describir las principales tareas de conservación y mantenimiento para el caso de los puentes de

tipo arco ‘modernos’, como un elemento más de una infraestructura lineal, aunque de singular importancia. Por puentes arco ‘modernos’ se consideran en este artículo todos aquéllos construidos a partir de las primeras décadas del siglo XX con nuevos materiales (acero, hormigón armado y pretensado), diferentes de los empleados en puentes históricos (fábrica de sillería, ladrillo, mampostería, hormigón en masa, hierro) y que, normalmente, dan respuesta a la necesidad de salvar grandes luces. También se incluyen los puentes arco en los que el componente estético u ornamental justifica la elección de esta tipología, por encima de una razón técnica. Se distingue esta excepción porque suelen ser los casos en que los costes de conservación y mantenimiento se disparan y aparece un mayor número de elementos implicados en la conservación. Finalmente, en el artículo se quiere mostrar cómo se valora un puente arco en el marco de los sistemas de gestión de

puentes, que es una de las herramientas necesarias para la gestión de activos.

## 2. Conservación y mantenimiento de puentes

Los términos de conservación y mantenimiento aluden a todas las tareas que permiten mantener en las condiciones para las que fue diseñada y construida una infraestructura. Normalmente, se consideran dos niveles de intervención: ordinario y extraordinario, siendo las tareas englobadas bajo el primer término todas aquéllas que se pueden programar y que no requieren el empleo de medios auxiliares especiales, mientras que las tareas extraordinarias implican acciones no previsibles o con necesidad de movilización de medios auxiliares singulares.

### 2.1. Mantenimiento ordinario

En [1] ya se citaban las operaciones más habituales para el mantenimiento ordinario de los puentes, y los puentes arco no son una excepción. La mayoría tienen que ver con el mantenimiento de los elementos de la plataforma, que fácilmente

se pueden llevar a cabo con los medios habituales de conservación y explotación de una infraestructura (limpieza de elementos, pequeñas reparaciones, aplicación de pinturas, etc.). Nada se puede resaltar de los puentes arco con respecto a las actividades llevadas a cabo en los puentes de otras tipologías, pero se llama la atención sobre una de las tareas relativa al “estado de dispositivos que facilitan la inspección”, que en puentes de gran envergadura o difícil acceso cobra gran importancia. Se conocen pocos puentes arco que contemplen este tipo de dispositivos de acceso, salvo que se trate del interior de elementos visitables, en cuyo caso suelen existir escaleras internas y elementos de iluminación.

### 2.2. Mantenimiento extraordinario

Dentro de las tareas de mantenimiento extraordinario, se deben distinguir las siguientes:

1. Puesta a cero. Se trata las tareas que implican el mantenimiento de todos los elementos del puente (y no sólo de los ele-



Fig. 1. Vistas de los accesos los diferentes elementos de los arcos de Alconétar (autovía A-66, Cáceres)

mentos de la plataforma, como sucede con el mantenimiento ordinario), con el uso de los medios auxiliares de acceso que sean necesarios para poder acceder a todos ellos.

La degradación de los materiales constitutivos de los diferentes elementos del puente, o el deterioro de ciertos elementos por el desgaste a que se ven sometidos por el uso obligan a realizar cada ciertos años una renovación y mantenimiento de los sistemas de protección de los materiales o a la sustitución de los elementos desgastados.

Actualmente, con la exigencia de un manual de mantenimiento para los puentes [2], las tareas de puesta a cero deben quedar previstas desde el proyecto del puente.

Cualquier programa serio de gestión de activos debe valorar estas tareas de puesta a cero, lo que implica asumir unas inversiones periódicas. Esto no significa que cada 15 ó 20 años deban llevarse a cabo todas las actividades de puesta a cero, dado que la vida útil de los elementos es variable, pero sí que durante la vida útil del puente habrá que llevar a cabo una serie de intervenciones. Como datos indicativos, se pueden dar las siguientes pautas:

- Para los elementos metálicos (salvo acero de tipo Cor-ten): cada 15-20 años, preparación de los paramentos y aplicación de un sistema de protección a base de capas de pintura. La periodicidad vendrá determinada por la agresividad del ambiente en que se encuentre la estructura, la existencia de un correcto sistema de drenaje y la calidad del tratamiento anterior. Esta recomendación es válida tanto para los elementos estructurales como para los equipamientos (barandillas, sistemas de contención, impostas, etc.).

- Para los elementos de hormigón: conviene realizar cada 15 años una limpieza de los paramentos de hormigón y aplicar un tratamiento protector (para llevar a cabo un control frente a la penetración de aguas, gases, vapores, etc. [3]), con la reparación de todos aquellos daños locales como fisuras y zonas con armaduras vistas. Esta recomendación es válida tanto para los elementos estructurales como para los equipamientos (sistemas de contención, impostas, etc.).

En puentes carreteros sometidos a una vialidad invernal fuerte, donde las sales de deshielo entran en contacto directo con las aceras e impostas, conviene proteger estos paramentos con un tratamiento más contundente (tipo poliureas) para garantizar su durabilidad.

- Para las juntas de dilatación (sólo para puentes carreteros): dependiendo de la tipología de las mismas, puede ser necesaria su renovación cada 1-2 años (juntas de tipo betún modificado según [4]), cada 10-15 años (tipo perfil de elastómero) o 30 años (tipo peine, modulares), aunque estas magnitudes dependen considerablemente del tráfico de vehículos pesados existente.

Se debe insistir siempre en la necesidad de disponer bajo la nueva junta de dilatación de un faldón de recogida del agua, puesto que es a través de las juntas de dilatación donde se produce al acceso del agua (acompañada de sales de deshielo, en zonas de vialidad invernal) hacia las pilas o estribos, produciendo el consiguiente deterioro. Estos faldones apenas tienen coste, pero evitan en gran medida daños cuya reparación es muchísimo más alta. Pueden estar formados por bandas elastoméricas reforzadas e incluso por láminas de impermeabilización.



**Fig. 2. Ejecución de banda de estanqueidad bajo junta de perfil de elastómero (izquierda) y bajo junta de betún modificado con protección de arena (derecha)**

- Para los aparatos de apoyo, también dependiendo de la tipología de los apoyos puede ser necesaria su sustitución cada 25-40 años (apoyos de tipo elastomérico, según [5]) o 40-50 años (tipo pot) por citar las dos tipologías más frecuentes.

- Para la renovación del pavimento (sólo para puentes carreteros) el plazo necesario depende fundamentalmente del tráfico soportado, pero se puede estimar entre 8 y 15 años la

necesidad de una renovación del firme. Puede que se opte por un fresado superficial y reposición de la capa de rodadura, pero en el momento en que se plantee un refuerzo del firme, que suele venir determinado por el desgaste de la carretera en la que se encuentra el puente, con escarificado completo del paquete de pavimento sobre el tablero, debe asumirse la renovación de la impermeabilización del mismo, puesto que habrá quedado seriamente dañado en la operación de retirada del pavimento existente.

- Para el sistema de drenaje, suponiendo que exista, conviene realizar una actualización cada 1-2 años. Los elementos que lo componen (canalones de recogida de agua, tubos y gárgolas de desagüe, bajantes, etc.), suelen estar fabricados en materiales poco durables (PVC) y sometidos a la acción del viento, el peso del agua helada en su interior, o bien sus sujeciones no están debidamente protegidas (bridas, tornillería y demás fabricados en acero no galvanizado o inoxidable).

- Como singularidad de los puentes arco, en el caso de existir péndolas de tipo cable (en puentes arco de tablero inferior) es recomendable controlar las tensiones de trabajo de las mismas cada 10 años, mediante operaciones de pesaje (más lento, caro y fiable) o ensayo de cuerda vibrante (más rápido y barato, pero con mayores incertidumbres). El control de la protección de los anclajes es igualmente necesario, en principio bastaría con el desmontaje y limpieza de los capots de protección y posterior renovación del sistema de protección en algunas de las péndolas. Asimismo, el control de los ca-

bles y sus protecciones debería realizarse en inspecciones especiales cada 10 años.

Si en lugar de cables se emplean barras, interesa controlar el estado de las uniones, normalmente constituidas por bulones.

Una operación de sustitución de una barra o cable puede resultar considerablemente compleja, por lo que considera fuera del alcance de la conservación y mantenimiento.

2. Refuerzo. Una operación de refuerzo total o parcial de un puente arco puede venir motivada por dos causas: un fallo en el diseño o construcción del puente o de alguno de sus elementos, o la necesidad de aumentar la capacidad resistente a nivel local o global. En este segundo caso, la operación de debe englobar en el cuarto grupo de actividades (reforma) y no en éste.

El tipo de refuerzo necesario resulta tan variable como el posible error cometido y no es posible realizar una enumeración completa de ejemplos (que además, por su extensión, exceden claramente del objeto de este artículo), más allá de citar algunos de los tipos de refuerzo más comunes [6]:

- Recrecido con hormigón.
- Refuerzo con armaduras de acero.
- Refuerzo con chapas de acero.
- Refuerzo con laminados de materiales compuestos.
- Refuerzo con pretensado exterior.



Fig. 3. Puente de Giménez Abad sobre el río Ebro (Zaragoza) con péndolas formadas por cables y uniones mediante bulones

3. Actividades frente a eventos no previsibles: terremotos, avenidas, impactos, incendios, deslizamientos del terreno, etc., son sucesos de difícil previsión. Evidentemente, se pueden estimar los riesgos inherentes por la ubicación del puente, pero no resulta tan sencillo determinar cuándo se van a producir estos eventos.

En el caso de modificar la configuración del puente para dotarlo de una mayor capacidad frente a uno de los sucesos mencionados, la actividad se debería considerar como una reforma del puente, puesto que de ella se derivan unas prestaciones distintas.

Ya se ha comentado que las operaciones de sustitución de péndolas quedan fuera de las tareas de conservación y mantenimiento y por su singularidad encajan mejor en este capítulo, al igual que sucede con las actividades que requieran una intervención en la cimentación, ya que la valoración puede ser de una magnitud tan extraordinaria que puede ser equiparable a los daños producidos por un terremoto o una avenida.

4. Reforma. Se trata de todas aquellas actividades derivadas de la decisión de modificar el diseño original del puente para lograr prestaciones distintas de aquellas para las que fue concebido en origen.

Las dos últimas tareas mencionadas (eventos no previsibles y reforma de la estructura) no se pueden considerar opera-

ciones estrictamente de conservación y mantenimiento, por lo que no se desarrollan más en este artículo.

### 2.3. Los medios auxiliares

Las dimensiones de los puentes arco tratados en este artículo y las complicaciones derivadas del cruce sobre cauces u orografías difíciles implican la necesidad de disponer de medios auxiliares complejos en las tareas de mantenimiento extraordinario, incluso para la mayoría de las operaciones de 'puesta a cero' descritas.

El impacto que tienen los medios auxiliares sobre el coste de las actuaciones es habitualmente superior al 20 % (medido este porcentaje con respecto al presupuesto total de la intervención), salvo casos singulares en los que el arco cuenta ya con unos accesos específicos (ver figura 1). La correcta valoración a nivel de proyecto de unos medios de acceso realistas evita desajustes presupuestarios muy considerables en la ejecución de las obras.

Los medios más habituales suelen ser:

1. Para los puentes arco de tablero superior: alpinistas o andamios colgados para las tareas a ejecutar en los propios arcos o en los montantes. Para las actuaciones bajo tablero, se puede emplear un camión pasarela o andamios colgados.



**Fig. 4. Inspección del puente arco de Tablate (autovía A-44, Granada)**



Fig. 5. Inspección del puente arco de Lusitania (Mérida)

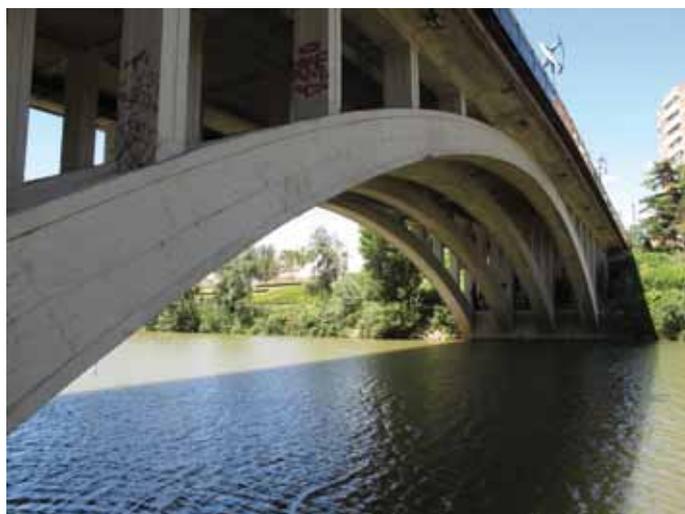


Fig. 6. Trabajos de rehabilitación en el puente arco de hormigón de Isabel La Católica (Valladolid)



Fig. 7. Trabajos de rehabilitación en el puente arco metálico de Enrique Estevan o puente de Hierro (Salamanca)

2. Para los puentes arco de tablero inferior: alpinistas o cestas elevadoras para las tareas a ejecutar en los propios arcos o en las péndolas. Para las actuaciones bajo el tablero, se puede emplear un camión pasarela o andamios colgados.

### 3. Los puentes arco en el marco de los sistemas de gestión

Un sistema de gestión de puentes permite obtener una calificación del estado de conservación de cada puente y comparar el estado de todos ellos entre sí, de forma que se puedan priorizar las actuaciones. Esto exige dos tareas:

1. Describir los elementos que componen los puentes (inventario [7]).
2. Realizar campañas periódicas de inspección de los puentes (normalmente, inspecciones principales [8]), identificando los deterioros existentes en el puente.

Con procedimientos de cálculo diferentes entre sí, los diferentes sistemas de gestión de puentes operativos en España mantienen un metodología más o menos común, y es que la calificación del estado de conservación depende de la importancia del elemento en que se localice cada uno de los deterioros (puesto que cada elemento tiene un peso o coeficiente de ponderación) y de la gravedad de cada deterioro, cuyos parámetros de caracterización son bastante uniformes entre las distintas metodologías (causa, extensión y gravedad del daño

son parámetros comunes a todos los sistemas). En el caso de los puentes arco, interesa conocer cuáles son los elementos más importantes o de mayor peso, así como los deterioros más frecuentes en este tipo de puentes.

#### 3.1. Importancia de los elementos constitutivos de un puente arco

En el fondo, un puente arco permite salvar grandes longitudes con un tablero de tipología convencional y luces moderadas, que en parte se apoya o cuelga de un arco. Por ello, se suele separar el arco del tablero. En arcos de tablero superior, el arco contiene los elementos principales de directriz curva que salvan grandes luces, mientras que el tablero está formado por los distintos elementos que podrían distinguirse en cualquier otra estructura (vigas, losa, cajón), incluidas las pilas o montantes.

En el caso de los puentes de tablero inferior, existen otros elementos singulares que permiten el cuelgue del tablero (mediante barras o cables), y que se consideran parte de los elementos del arco: son las péndolas.

Los elementos de mayor importancia (y, por tanto, con un mayor 'peso' en el cálculo del estado de conservación de un puente) son mencionados por orden de importancia:

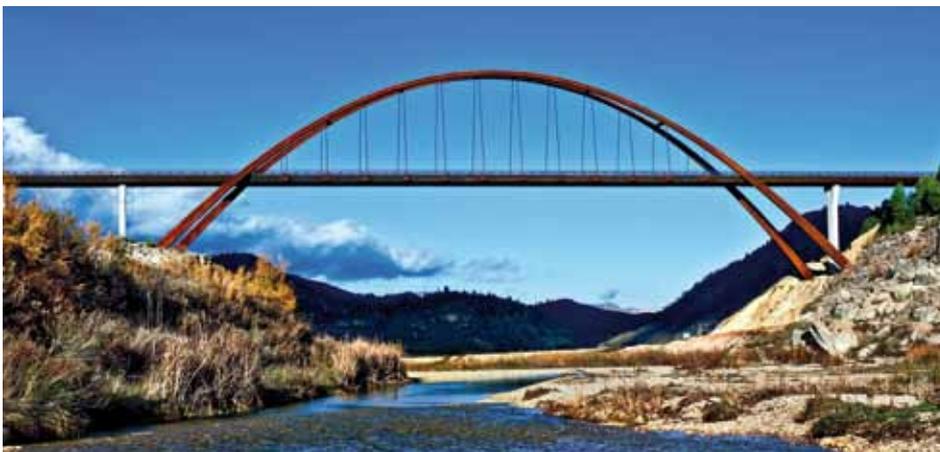
1. Los arcos (o anillos, ver comentario en la figura 8), elementos de directriz curva, y los elementos principales que configuran el tablero (vigas, losa, cajones).



**Fig. 8. Puente arco de tablero superior: los elementos del arco son los anillos (en el marco de los sistemas de gestión es habitual emplear esta terminología para designar así a los elementos principales de directriz curva y, en este caso, sección circular) y riostras transversales y los elementos del puente son los montantes verticales, el emparrillado de vigas y la losa (viaducto del Escudo, autovía A-8, Cantabria)**



**Fig. 9. Puente arco de tablero inferior:** los elementos del arco son los anillos, las péndolas y las riostras transversales entre anillos y elementos del puente las pilas verticales y la losa del tablero (puente arco sobre el río Guadalquivir en Palma del Río, carretera A-453, Córdoba)



**Fig. 10. Puente arco de tablero intermedio:** los elementos del arco son los anillos, las péndolas y las riostras transversales entre anillos y elementos del puente las pilas verticales y la losa del tablero (puente arco de la Vicaría sobre el embalse de La Fuensanta en el río Segura, Albacete)

2. Las riostras entre anillos del arco, las péndolas y las pilas o montantes mediante las que el tablero se apoya o cuelga del arco.

En los arcos de tablero superior tienen este mismo orden de importancia los elementos de cimentación del arco y, en caso de que existan, las piezas de unión arco-tablero en la clave del primero.

3. La losa de compresión del tablero.

4. Las impostas del tablero.

Por este orden de importancia, los deterioros observados tendrán una mayor o menor incidencia en la calificación del estado de conservación del puente.

### 3.2. Deterioros más frecuentes

Se quiere llamar la atención sobre un factor bien conocido y es que es frecuente que en este tipo de puentes que tienen habitualmente grandes dimensiones y que salvan cauces u orografías complejas, el dimensionamiento de los elementos viene determinado por los condicionantes constructivos y, por tanto, los elementos suelen ser robustos. Esto lleva a que los deterioros que suelen aparecer en este tipo de puentes están más relacionados con la degradación de los materiales que con problemas de tipo resistente, que podrían conllevar tareas de refuerzo, al menos en los elementos que forman parte del arco.

Entre los deterioros por degradación de materiales más habituales, pueden citarse:

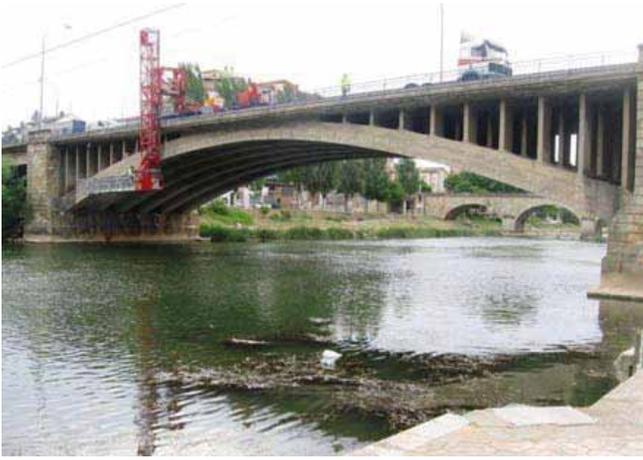


Fig. 11. Inspección del puente sobre el río Ebro, en Miranda de Ebro. Detalle de armaduras vistas en riostra entre anillos

- Hormigón armado: fisuras (por retracción, por corrosión de armaduras), coqueas, desconchones, lajaciones, armaduras vistas y corroídas.

Los puentes arco construidos mediante autocimbra (desarrollados fundamentalmente por J. E. Ribera a principios del s. XX) presentan con bastante frecuencia este tipo de deterioros, por la falta de recubrimiento de la propia autocimbra y la calidad de los hormigones de la época (porosidad, tamaño de árido, dificultades de vibrado en las zonas inferiores).

- Acero: corrosión de elementos metálicos y uniones, pérdidas de roblones y tornillos en uniones.

Como daños singulares de los puentes arco, aunque afortunadamente poco habituales, pueden citarse:

- Vibraciones: más habituales en puentes metálicos que en puentes de hormigón.

- Descenso de un apoyo del arco de tablero superior o intermedio, por problemas de falta de capacidad del elemento de cimentación, de inestabilidad del terreno de apoyo o de socavación. Hay que tener en cuenta que las cargas transmitidas al terreno en este tipo de puentes arco es considerable.

- Desplazamiento de apoyos, causados en gran medida por las vibraciones del arco.

- Pérdidas de tensión en las barras o péndolas.

En este artículo no se han comentado posibles daños derivados de eventos singulares como el sismo, impactos

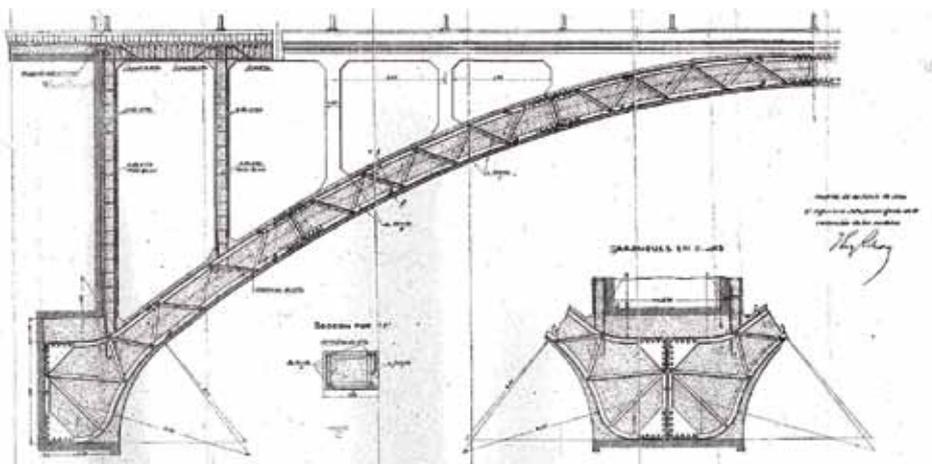


Fig. 12. Plano de puente arco de 25 m de luz rebajado al 1/4 de la colección de modelos de puentes de hormigón armado de J. E. Ribera



**Fig. 13. Pérdida del tratamiento protector e inicio de corrosión en los anillos del arco (izquierda) e inicio de corrosión de barras de anclaje en el empotramiento de un anillo en la cimentación (derecha)**

o incendios, que pueden provocar problemas de deformación o rotura local en algunos elementos, pero en un sistema de gestión son factores que se valoran en función del riesgo al que está sometida cada estructura para cada uno de ellos.

#### 4. Conclusiones

Los trabajos de conservación y mantenimiento de los que se han denominado puentes arco modernos no difieren en exceso de los trabajos que deben llevarse a cabo en puentes de otras tipologías, pudiendo resaltarse tres singularidades:

1. Los medios auxiliares de trabajo suelen tener una repercusión importante en el conjunto de las operaciones, debido a los condicionantes de accesibilidad de este tipo de puentes.
2. Las péndolas en los puentes arco de tablero inferior e intermedio constituyen un elemento singular que es necesario controlar (salvo en puentes atirantados, no se emplean en el resto de puentes), con operaciones de seguimiento y control más que estrictamente de mantenimiento.
3. Los problemas de mantenimiento derivan casi siempre de la degradación de los materiales.

Un aspecto interesante es que el menor número de elementos de conexión (aparatos de apoyo, juntas de dilatación) simplifica de forma apreciable la conservación y mantenimiento.

En cualquier caso, la base de un mantenimiento eficiente de estos puentes, como de cualquier otro, es la realización continua durante la vida útil de los mismos de las tareas de mantenimiento ordinario y campañas de 'puesta a cero'. **ROP**

#### Referencias

- [1] Actuaciones y operaciones en obras de paso, dentro de los contratos de conservación. Nota de Servicio. Ministerio de Fomento. 1995
- [2] EHE. Ministerio de Fomento. 2008
- [3] UNE EN 1504 Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. 2008
- [4] Juntas para puentes de carreteras; Asociación Técnica de la Carretera – AIPCR; 2003
- [5] UNE EN 1337: Apoyos estructurales. 2001
- [6] Reparación y refuerzo de estructuras de hormigón. Guía FIB de buenas prácticas. GEHO-ATEP. 1994
- [7] Guía para la realización del inventario de obras de paso. Ministerio de Fomento. 2009
- [8] Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso. Ministerio de Fomento. 2012