



MEDIDAS EFICIENTES EN LA CONSERVACIÓN DE PUENTES

Luis MATUTE RUBIO

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Director General

luis.matute@ideam.es

Ignacio PULIDO SÁNCHEZ

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Jefe de Proyectos

ignacio.pulido@ideam.es

1. Introducción

El desarrollo de las infraestructuras en España, en la actualidad, se podría decir que presenta una madurez importante, existiendo cada vez menos grandes obras públicas por hacer y más que conservar.

Si bien existen ciertas estructuras puntuales, con mucha más antigüedad, las obras lineales en nuestro país datan de mediados del siglo XIX. La primera línea de ferrocarril de la península, Barcelona-Mataró fue inaugurada en 1848. Se puede decir que en 1860 ya existía una cierta red de ferrocarriles en España.

En cuanto a las carreteras, hablar de una fecha concreta resulta bastante complicado, pues lo que entendemos hoy día como carretera no es más que la transformación de calzadas romanas y caminos existentes. No obstante, diferentes autores fechan el origen de las primeras carreteras españolas en torno a 1750, si bien es a principios del siglo XX con la introducción y popularización del automóvil cuando, se comienzan a desarrollar las carreteras como entendemos hoy día.

En principio los trazados de las obras lineales eran ondulados y sinuosos, si bien, según han ido avanzando las exigencias de la sociedad, se han ido transformando cada vez en trazados más rectos y uniformes. Este hecho ha supuesto una inversión muy importante en estructuras, túneles y obras de paso debiendo realizar una conservación eficiente con objeto de optimizar los recursos públicos y garantizar unos niveles de seguridad, funcionalidad y confort adecuados. Para ello, en el presente artículo se aboga por promover la conservación sistematizada del patrimonio en general y concretamente de los puentes.



En primer lugar se realiza una pequeña aproximación de lo que sería a día de hoy el patrimonio de puentes correspondiente a las principales Administraciones españolas, la Dirección General de Carreteras y ADIF.

Posteriormente se recogen lo que serían las principales patologías que suelen manifestar los puentes, daños derivados, fundamentalmente, por durabilidad y el propio paso del tiempo, con un denominador común: el agua. Tanto la acción erosiva del agua sobre las cimentaciones en cauces como los daños producidos por la circulación descontrolada del agua por los diferentes paramentos de las estructuras, son los daños más frecuentes que suelen manifestar las estructuras, sin olvidar otra serie de daños sistemáticos.

Así mismo se hace mención a la importancia de realizar una gestión de la conservación desde un punto de vista integral, es decir una gestión sistemática y metodológica que permita orientar y optimizar los recursos de forma adecuada. En este aspecto cobran especial importancia los sistemas de gestión de puentes, herramientas informáticas que ayudan a sistematizar y abarcar este tipo de trabajos.

Se ha de tener en cuenta que la tarea de la conservación y el mantenimiento no empiezan cuando se recibe una obra, sino que debe empezar en la fase de Anteproyecto, durante los estudios de tipologías. No pensar únicamente en el coste y la construcción de las estructuras sino que luego hay que mantenerlas y conservarlas, resultando costes muy diferentes en función de las diferentes tipologías. Esta tarea de la conservación continúa durante la Construcción del puente, debiendo estudiar y ejecutar correctamente todos los detalles importantes del diseño, así como dejar bien resueltos los detalles de la impermeabilización y el drenaje.

2. Una aproximación al valor patrimonial de los puentes

2.1. Breve Reseña Histórica

Si bien existen ciertas estructuras puntuales, de mucha más antigüedad, las obras lineales en nuestro país datan de mediados del siglo XIX. La primera línea de ferrocarril de la península, Barcelona-Mataró fue inaugurada en 1848. Se puede decir que en 1860 ya existía una cierta red de ferrocarriles en España. A partir de aquí, la red ferroviaria española se incrementó paulatinamente. Un primer impulso en la construcción de la red se produjo a partir de la Ley de Ferrocarriles de 1855, que marca un período expansivo que se truncó a mediados de los años sesenta del siglo XIX. La construcción de la red ferroviaria se reemprendió con ímpetu a mediados de la década de 1870, en un ciclo que concluye a principios del siglo XX, momento en que la red se sitúa en torno a una longitud de 11.000 kilómetros.

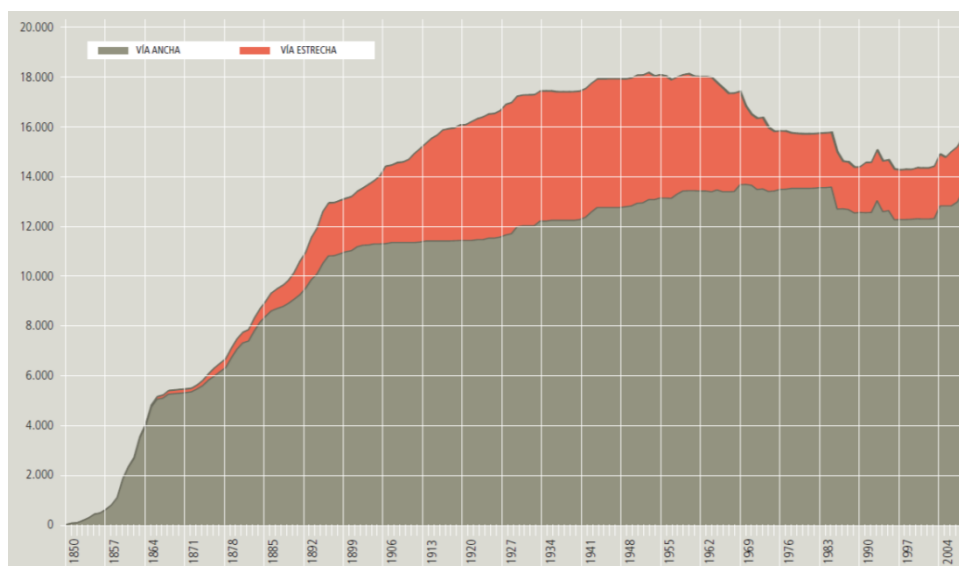


Figura 1: Evolución de la longitud de la red de ferrocarriles en España. Anuario de la Movilidad 2008. Fundación RACC.

Durante el siglo XX, dicha red ha experimentado un crecimiento mucho más moderado, llegando a un punto álgido alrededor de 1960, cuando se alcanzaron los 18.000 kilómetros de red. A partir de aquí, la red ferroviaria española ha tendido a reducirse hasta que la aparición del AVE a finales del siglo XX ha contribuido a invertir la tendencia.

En cuanto a las carreteras, establecer una fecha concreta sobre su origen resulta bastante complicado, pues lo que entendemos hoy día como carretera no es más que la transformación de calzadas romanas y caminos existentes. No obstante, diferentes autores fechan el origen de las primeras carreteras españolas en torno a 1750. Concretamente, el *Tratado legal y político de caminos públicos y possadas*, editado en el año 1755, habla ya del uso del alpechín, para "*hazer un terreno fuerte, que para las heras dize Fray Miguel Agustín en su Agricultura, conviene usar, y no es despreciable para los Caminos, es à saber, que la tierra desmenuzada, y hecha polvo, se amasse con alpechin de azeyte, y despues en estando en disposición, apisonarla, ò allanarla con cilindro, bolviendola ultimamente à rociar con el alpechin; y otros, dize, hazen lo mismo con sangre de buey y azeyte*"(...).

En 1761 el rey Carlos III firmó el "Real Decreto expedido para hacer caminos rectos y sólidos en España, que faciliten el comercio de unas provincias con otras, dando principio por las de Andalucía, Cataluña, Galicia y Valencia", lo que sería el comienzo de la red de carreteras radial en España, dilatando en el tiempo las carreteras de Extremadura y el País Vasco. Un año después, el economista Irlandés Bernardo Ward publicada en su obra "Proyecto Económico" la necesidad de desarrollar un sistema de caminos entre las diferentes provincias y de éstas con el mar para favorecer el desarrollo económico del país.

Es a finales del siglo XIX y principios del XX cuando los coches, entendidos como vehículos autopropulsados a motor comienzan a circular por las carreteras y caminos españoles y, por tanto, cuando comienza el desarrollo de las carreteras. En 1860 se aprueba el primer Plan General de Carreteras, basado en parte en el acondicionamiento de una serie de carreteras existentes y otras de nueva construcción. Este plan general, que se amplía posteriormente en los años 1864, 1877 y 1914, amplían el número de kilómetros construidos y organizan y clasifican las carreteras en función del tráfico y de su utilidad (jerarquización: carreteras nacionales, regionales, comarcales...). La Guerra Civil destruyó o deterioró la infraestructura existente situación que intentó remediarse en los aspectos más importantes, con el Plan General de 1941.

En el año 1950 se puso en marcha el Plan de Modernización de Carreteras que tenía como objeto aumentar el número de km de carreteras y se inicia la construcción de las primeras autopistas, de corto recorrido y de carácter urbano. No obstante, las

inversiones más importantes se realizarán a partir del Plan de Estabilización de 1959 potenciándose el desarrollo de las redes periféricas (litoral mediterráneo) y transversales (País Vasco-Cataluña).

Pero es a partir del año 1984 con la aprobación del Plan General de Carreteras y su posterior modificación en 1988 con los fondos europeos, cuando en realidad las carreteras sufren una gran transformación. Entre los años 1985 y 1992 se llevaron a cabo la construcción de numerosas carreteras y autovías que permitieron la descentralización de la red viaria con la correspondiente mejora de la accesibilidad e intercomunicación entre las principales ciudades del País.

Posteriormente, el Plan de Infraestructuras (1993 y 2007) y el Plan Estratégico de Infraestructuras (2005-2020) han terminado de suponer el desarrollo y la evolución de las carreteras en España hasta nuestros días.

2.2. El patrimonio actual

Conocer los datos concretos y actualizados del patrimonio actual de la envergadura de las obras públicas lineales (carreteras, ferrocarril, canales,...) y más concretamente de sus estructuras, resulta una labor extraordinariamente complicada que queda fuera del alcance del presente artículo. No obstante, sí se considera conveniente determinar de forma aproximada el tamaño de las redes principales de transporte, con objeto de realizar una estimación del valor e importancia patrimonial de las mismas, y concretamente de las estructuras existentes y la importancia de su conservación y mantenimiento.

A falta de un inventario concreto se ha realizado una recopilación de los datos de inventario en diferentes organismos y publicaciones (www.fomento.es; www.renfe.es; www.adif.es;...), recopilando y tratando los datos de inventario publicados en cada caso.

En España hay, de forma aproximada, 18.000 km de vía de ferrocarril convencional entre los que se englobarían unos 1.250 túneles, con una longitud de unos 500 km y unas 6.500 estructuras, que suman más de 130 km de longitud. En cuanto a la red de Alta Velocidad, se puede estimar en la actualidad una longitud de la red en unos 4.000 km de vía, en los que habría unos 150 viaductos de más de 50 m y unas 400 estructuras adicionales entre pasos superiores y estructuras de menor entidad. Si



bien a este respecto no se han encontrado datos, suponiendo una longitud media de los viaductos de 200 m y 25 m para el resto de estructuras, se obtendría un total de unos 30 km de viaductos y de 10 km de obras de paso de menor entidad.

La red de carreteras de España tiene, a 31 de diciembre de 2010, 165.802 Km de los cuales 25.733 están gestionados por la Administración Central y acogen el 51,3% del tráfico. Las Comunidades Autónomas gestionan un total de 71.464 Km están y los 68.606 km restantes por las Diputaciones. El número de estructuras existentes en la red de carreteras del estado, se estima en la actualidad en unos 17.500 puentes con una longitud estimada de 1.075 km con una superficie de 1350 ha y unas 18.500 obras de paso de menor entidad, menos de 10 m de longitud.

Si bien realizar la valoración económica del valor patrimonial de las estructuras de las redes anteriormente descritas resulta una tarea demasiado ambiciosa ante la falta de datos y parámetros concretos, se puede estimar en unos 12.000 millones de euros como orden de magnitud, el valor de las estructuras correspondientes a la Red de Carreteras del Estado y de ADIF, si las construyéramos nuevas en la actualidad.

3. Principales patologías de los puentes

Entre los daños y patologías más habituales que suelen presentar los diferentes elementos que conforman los puentes son tres: cimentaciones, especialmente en aquellas pilas y elementos situados en el interior de cauces; aparatos de apoyo, independientemente de su tipología y tamaño; y los sistemas de drenaje e impermeabilización, incluyendo entre estos a las juntas de dilatación.

Muchos de estos daños y patologías no se detectan únicamente en puentes antiguos sino que muchos de ellos se encuentran en puentes modernos, de menos de 10-15 años, estructuras cuya envergadura suele ser un importante condicionante en la solución y reparación de los daños, sin considerar la propia gravedad de los mismos, tanto desde un punto de vista funcional -situados normalmente en vías de alta intensidad de tráfico- como estructural -debido a las mayores dimensiones y tecnologías utilizadas en la actualidad.

3.1. Daños en cimentaciones por socavación

Como es bien sabido, la socavación es el resultado de la acción erosiva del flujo de agua sobre los ríos que arranca y acarrea el material del fondo del lecho y de las bancadas laterales. Se debe diferenciar entre la erosión general y la local. La primera es debida al arrastre de las partículas sólidas del lecho del cauce producida por el paso del agua a una velocidad superior que la velocidad crítica (función de múltiples variables) lo que conlleva el arrastre de estas partículas. La erosión local se produce en presencia de obstáculos en los cauces como son los estribos y pilas, junto con sus respectivas cimentaciones. El agua al chocar frontalmente y a gran velocidad contra estos obstáculos, produce un flujo de partículas descendentes que, al chocar con el fondo del cauce, producen una serie de vórtices que arrastran violentamente el material del fondo de la cimentación, produciendo fosas de socavación, de grandes dimensiones generalmente, que pueden llegar a afectar a la cimentación del elemento, poniendo en riesgo la estabilidad del elemento y con ello de la estructura.

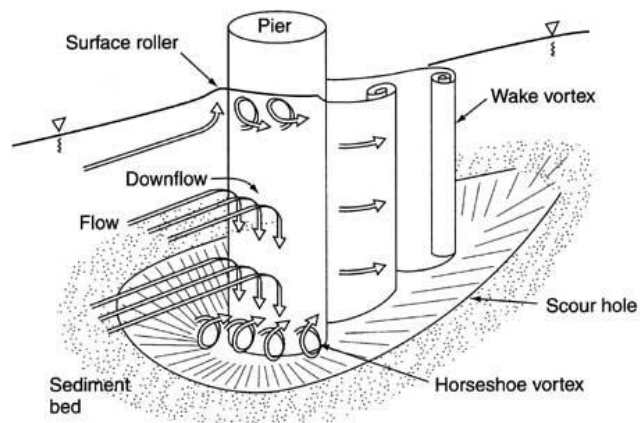


Figura 2: Esquema del flujo de agua en presencia de un obstáculo (pila). Desarrollo de vórtices de erosión.
HAMILL, I. "Bridge Hydraulics". E & F Spon. London an New York. 1999.

Los mayores daños por socavación se producen durante las avenidas, períodos en los que la velocidad de la corriente del agua es máxima, produciendo los mayores daños sobre las cimentaciones de pilas y estribos.

Dentro de las labores de inspección de puentes, se debe realizar especial hincapié en esta patología pues su desarrollo final suele ser brusco y repentino, pudiendo tener consecuencias devastadoras e irreversibles, poniendo en riesgo la estabilidad general de la estructura.



Figura 3: Colapso de estructura por socavación del estribo.



Figura 4: Inspección de cimentación. Cimentación en avanzado estado de socavación, llegando a un estado crítico.

Desde el punto de vista de la inspección y conservación de los puentes, conviene resaltar, a menudo, la dificultad de realizar inspecciones y análisis detallados de las cimentaciones de las estructuras debido a las dificultades de acceso, limitaciones técnicas, medios y equipos de acceso, limitaciones económicas, etc. Por tanto, dentro de las labores de optimización y adoptar medidas de eficiencia en la

conservación de los puentes, conviene guardar la mayor documentación relativa a la construcción de las estructuras y, concretamente, a su cimentación. Disponer de datos fiables de referencia puede ahorrar muchísimos esfuerzos de inspección y prospección, así como de conservación y mantenimiento, lo que se traducirá, automáticamente, en una gestión eficiente de la conservación.



Figura 5: Muro de frente de obra de fábrica totalmente descalzado debido a la erosión del cauce.



Figura 6: Asientos diferenciales en pila de obra de fábrica por socavación. Ver línea de sillares.

En cuanto a la mejora del diseño de las estructuras frente a esta patología, existe mucha y diferente bibliografía, con diferentes recomendaciones y formulaciones. Las variables que generalmente se admite que influyen en la erosión local, en orden estimativo de importancia son: la dimensión transversal del elemento y su forma (sección transversal), la velocidad de la corriente y la granulometría del material del fondo tanto el tamaño como su desviación típica, parámetros sobre los que resulta muy difícil actuar, salvo sobre la geometría de los elementos, debiendo adoptar elementos con formas suaves y favorables al paso de la corriente. Las diferentes formulaciones existentes en la bibliografía, son fórmulas empíricas en su mayoría, por lo que ofrecen tendencias, más que valores exactos, debiendo tomarse los resultados obtenidos como base para el diseño adecuado de la protección.

Por otro lado, en la actualidad, habitualmente la geometría de la vía prevalece sobre las condiciones de la estructura. En el caso de que por este motivo las cimentaciones de pilas o estribos queden en el interior de los cauces, se deberá analizar nuevamente si se trata del trazado óptimo o si se pudiera modificar para mejorar las condiciones de cimentación de esa estructura. En caso negativo, se deberán estudiar y analizar las protecciones correspondientes a disponer siendo las más frecuentes las protecciones con escolleras o gaviones.

3.2. Corrosión

3.2.1. Puentes de hormigón

La corrosión de las armaduras activas o pasivas en los puentes de hormigón suele ser la patología más frecuente que presentan este tipo de estructuras. Si bien existen diferentes procesos de corrosión de las armaduras, la más frecuente es la corrosión por la carbonatación del hormigón, si bien también se puede producir la corrosión de las armaduras por ataque por cloruros, así como la corrosión bajo tensión, si bien ésta última resulta poco frecuente.

El fenómeno de la carbonatación tiene lugar al reaccionar el CO_2 de la atmosfera con el hidróxido cálcico del hormigón, lo que produce carbonato cálcico:



Dicho fenómeno tiene lugar en todos los hormigones y se va produciendo a partir de la superficie y penetrando hacia el interior. La velocidad de penetración depende de la permeabilidad del propio hormigón, del ambiente que le rodea, especialmente las condiciones de humedad, así como la propia circulación del aire con aporte de oxígeno. La carbonatación implica el descenso del pH del hormigón al ir desapareciendo el hidróxido cálcico, principal responsable de que la pasta cementante sea un medio fuertemente básico o alcalino (pH del orden de 12-13).



Figuras 7 y 8. Detalles de corrosión generalizada por carbonatación del hormigón.

La oxidación de la armadura produce un importante aumento de volumen, lo que produce una serie de tensiones internas en el hormigón, las cuales éste no es capaz de resistir, acabando por producir la lajación y posterior desconchón del hormigón,

dejando las armaduras totalmente al aire y expuestas frente a los agentes atmosféricos.

En función de la tipología concreta de la estructura, hay puentes más propensos a sufrir problemas por carbonatación que otros. Por ejemplo, las losas macizas o aligeradas, son estructuras que tienen un perímetro expuesto a los agentes atmosféricos bastante pequeño en comparación con otras tipologías por lo que, en principio, deberían presentar un mejor comportamiento frente a la corrosión por carbonatación.

Así mismo, el alcance e importancia de los daños por corrosión suelen ir ligados a la zona afectada por los daños, no resultando igual, evidentemente, que se vea afectada la armadura de la cara de intradós de un muro que la armadura de flexión de una viga en el centro de vano o la armadura de cortante en las inmediaciones de un apoyo.

3.2.2. Puentes metálicos

La corrosión de los elementos metálicos es el principal problema de durabilidad de estas estructuras, resultando altamente sensibles a los factores climáticos y ambientales. Por tanto, estas estructuras requieren un sistema de protección contra la corrosión que asegure el buen estado de conservación de la misma, implicando la necesidad de un mantenimiento periódico.

Un sistema de protección inadecuado o un mantenimiento deficiente dejan a la estructura totalmente expuesta a los ataques del entorno, que comienza a deteriorar el metal mediante alteraciones químicas, a una velocidad que depende en gran medida de la temperatura, la humedad y la agresividad del aire en contacto con los elementos, produciéndose la corrosión del metal.

El producto primario de la oxidación del hierro es el hidróxido ferroso blanco, Fe(OH)_2 , que a su vez se oxida a hidróxido férrico Fe(OH)_3 , de color rojizo. Así, el hierro de la estructura se va transformando, progresivamente, en óxido poroso de hierro hidratado, que se conoce por “herrumbre”, la cual se distribuye en una serie de capas muy blandas y superpuestas.

Para poder realizar una



Figura 9. Comienzo de degradación de pintura de protección en elemento metálico. Golpes por impacto en estructura metálica.



Figura 10. Oxidación de platabanda metálica por circulación de agua y acumulación de suciedad.

Al ser la corrosión del acero un fenómeno superficial, se tiene la certeza de que el resto del material se encuentra en perfectas condiciones, si bien cuando estos defectos se producen en determinados detalles constructivos, pueden suponer la aparición de entallas, mordeduras y fisuras, con los consiguientes problemas de fatiga que se pueden desencadenar.

En la actualidad, los sistemas de protección más habituales son la pintura y la utilización de aceros autopatinables. Los aceros que necesitan protección contra la corrosión, en función del tipo de ambiente y exposición, se deberá utilizar un sistema de pintura u otro, considerando que se debe aplicar siempre la máxima protección posible en la fase de construcción, para retrasar al máximo las labores de protección y mantenimiento del puente, trabajos habitualmente complejos técnicamente y de coste económico elevado debido a los complicados medios auxiliares que se han de utilizar.

Otro punto significativo de los puentes metálicos frente a su susceptibilidad frente a la corrosión es la gran abundancia de ángulos y esquinas, lo que los hace más susceptibles de sufrir los deterioros típicos del acero, como la concentración de tensiones, la acumulación de agua y suciedad, etc. Además, en numerosas ocasiones existen en estos puentes zonas no accesibles en las que se deben adoptar medidas extraordinarias de protección contra la corrosión, como la disposición de chapas metálicas de cierre, utilización de mastics bituminosos o sistemas equivalentes de protección y estanqueidad, etc.



Figura 11. Detalle de protección de perfiles laminados cerrados mediante la colocación de una chapa metálica de cierre.



Figura 12. Utilización de mástic para el sellado de ojales en elementos inaccesibles metálicos, creando recintos estancos y protegidos, por tanto, contra la corrosión atmosférica.

El sistema de protección de los aceros autopatinables consiste en la creación de una película de óxido impermeable al agua y al vapor de agua que impide que la oxidación del acero prosiga hacia el interior de la pieza. Esto se traduce en una acción protectora del óxido superficial frente a la corrosión atmosférica del acero “interior”, con lo que no es necesario aplicar ningún otro tipo de protección al acero. Estos aceros tienen un alto contenido de cobre, cromo y níquel que hace que adquiera un color rojizo anaranjado característico. Este color varía de tonalidad según la oxidación del metal sea fuerte o débil, oscureciéndose hacia un marrón oscuro en el caso de que la pieza se encuentre a la intemperie.

Las estructuras realizadas con este tipo de acero, suelen presentar dos problemáticas. Por un lado, para que se cree la película de pátina deben darse unas condiciones adecuadas de humedad y oxidación que, en el interior de los cajones metálicos no se suele producir, debiendo protegerse mediante la aplicación de una adecuada pintura de protección. Por otro lado, habitualmente, los elementos de rigidización se realizan con aceros laminados, los cuales necesitan pinturas de protección. En la unión de estos elementos con la estructura principal, se produce el contacto de dos metales con diferente potencial eléctrico resultando puntos sensibles frente a la corrosión.



Figuras 13 y 14. Interior de un cajón mixto de acero corten con importantes filtraciones de agua, habiendo degenerado en el deterioro del sistema de pintura y la oxidación del acero autopatinable, al no ser capaz éste de generar la capa de pátina debido a la falta de ventilación, la alta humedad y condensación interior del cajón.

3.3. Aparatos de apoyo

Los aparatos de apoyo son los elementos encargados de transmitir las cargas y movimientos del tablero a la subestructura de los puentes: pilas y estribos. Como bien es sabido, existen diferentes tipologías de apoyos en función de las cargas y movimientos que han de transmitir: neopreno zunchado, neopreno confinado, esféricos, rodillos, etc. E las múltiples inspecciones realizadas, se han detectado múltiples fallos en estos elementos, especialmente debido a malas condiciones de puesta en obra, aunque no por ello se deben descartar otros defectos como errores de proyecto o defectos de los materiales.

En base a los daños detectados, resulta importante llamar la atención en la falta de previsión de sustitución de estos elementos por parte de Proyectistas y Constructores, más teniendo en cuenta que son elementos fungibles y que se degradan con el paso del tiempo, por lo que en algún momento de la vida útil de la estructura se ha de proceder a su sustitución. Este hecho presenta una mayor importancia en el caso de los puentes de luces medias y grandes, donde las cargas a transmitir son importantes y suelen presentar pilas de gran altura donde la utilización de medios auxiliares de apeo resulta prácticamente imposible, debiendo acudir a sistemas especiales de trabajo, dificultando y encareciendo enormemente las tareas de sustitución de estos elementos.

Los aparatos de apoyo más utilizados en los puentes de las carreteras españolas son los de neopreno zunchado. En estos elementos se han detectado numerosos daños

debidos a una insuficiente definición en proyecto, unido a una deficiente puesta en obra, especialmente en los tableros de vigas, tanto por su frecuencia de utilización como por el gran número de aparatos de apoyo que éstas estructura poseen, dos por viga.



Figura 15. Rotura de aparato de apoyo de neopreno zunchado por deficiente dimensionamiento para los movimientos impuestos.



Figura 16. Aparato de apoyo de neopreno zunchado a punto de caerse del dintel de pila, expulsado por la ausencia de cuña de nivelación.

Cuando la envergadura de los puentes es media o grande, los aparatos de apoyo de neopreno zunchado resultan, en ocasiones, incapaces de soportar las tensiones que transmite el tablero, así como para absorber los movimientos debidos a los fenómenos reológicos del hormigón y a los efectos térmicos, pasado a utilizar en este caso aparatos de apoyo de neopreno confinado o aparatos de apoyo tipo POT. Dado que estos apoyos son utilizados en puentes grandes, con grandes desplazamientos horizontales, estos apoyos habitualmente disponen de una lámina de teflón en su parte superior que desliza sobre una bandeja de acero inoxidable, colocada en el interior del tablero, reduciendo notablemente las fuerzas horizontales sobre las cabezas de pila y estribos. Los daños habituales detectados en estos apoyos es la expulsión del teflón, fluyendo lateralmente por el aparato de apoyo, el deterioro del material debido al rasgado y expulsión del pistón de confinamiento y el agotamiento de las bandejas deslizantes.



Figura 17. Rebosamiento de la lámina de teflón (PTFE) del apoyo tipo POT, por deficiente calidad del aparato de apoyo.



Figura 18. Rasgado y expulsión de la lámina de teflón por la falta de paralelismo entre la cara superior e inferior del tablero.

En cuanto a la disposición de apoyos a media madera, resulta conveniente resaltar los importantes daños que en ellos se han llegado a detectar, especialmente en los puentes más antiguos, en los cuales se utilizaban láminas de plomo de reducido espesor como elemento aparato de apoyo, no existiendo apenas espacio en la junta de dilatación. Este tipo de daños se suelen producir debido a un deficiente detalle de apoyo, unido a una deficiente ejecución y conservación de la impermeabilización de la junta de dilatación. Las pequeñas dimensiones de las juntas y de las camas de apoyo, de apenas 2-3 cm, unido a la acumulación de suciedad en las juntas y a las bajas/medias calidades de los hormigones de la época, terminan por producir la degradación del hormigón en las inmediaciones de las juntas debido a la humedad casi permanente que se localiza en estos elementos, llegando a producir su agrietamiento y rotura, debiendo proceder a su demolición y reconstrucción. Igualmente, resaltar las dificultades técnicas y operativas que surgen para realizar la sustitución de este tipo de aparato de apoyo, fundamentalmente por su ubicación longitudinal en la estructura, separada de las pilas entorno a $0,20 \cdot L$, como resulta habitual en esta tipología. Por tanto, para realizar la sustitución de estos apoyos, normalmente, se debe acudir a medios auxiliares complejos y costosos.



Figura 19. Rotura de ménsulas cortas en detalle de apoyo a media madera, debido a la geometría estricta del detalle de apoyo.



Figura 20. Degradación del hormigón y con armaduras vistas en detalle de apoyo a media madera por circulación de agua.

La mejora en el diseño de estos elementos, corresponde la mayor parte de concienciación y trabajo a los proyectistas, mejorando los detalles de apoyo y definición de los aparatos de apoyo, y exigiendo las condiciones de ejecución adecuadas. En los proyectos se debería dejar marcado claramente cual debe ser el reglaje inicial de las bandejas, al igual que en las obras se debería marcar la posición inicial real, para poder conocer y determinar posibles deficiencias de funcionamiento. Por otro lado, también se deberán prever en los dinteles y cargaderos el suficiente espacio para la correcta ejecución de las mesetas de apoyo y, cuando resulte posible, para la ubicación de gatos hidráulicos para su sustitución. Así mismo, se deberían estudiar y definir en proyecto los puntos provisionales de apoyo, diseñando mamparos y subestructura para las cargas que han de soportar durante la sustitución.

3.4. Juntas

Las juntas de dilatación permiten a las estructuras moverse libremente debido a las deformaciones impuestas, dando continuidad a la superficie de rodadura, no existiendo discontinuidad entre terraplenes y estructura o entre los diferentes tramos de éstas. Por tanto, las juntas de dilatación se disponen sobre discontinuidades estructurales resultando un elemento crítico desde el punto de vista funcional y de la conservación.

Aparte de los requisitos de confort, resistencia y movimiento, las juntas han de ser estancas, evitando que el agua discurra a través de dichas discontinuidades estructurales. La falta de impermeabilidad de las juntas, provoca numerosos e importantes daños sobre pilas y estribos debido a la frecuente circulación de agua.

Entre los daños que se suelen producir, se encuentran las manchas y humedades, la corrosión de las armaduras con su consiguiente lajación y desconchón, el desarrollo de reacciones químicas patológicas en el hormigón debido al “vehículo” que produce el agua y la humedad en el desarrollo de estos daños,... Evitar estos daños resulta muy sencillo a lo largo de la vida de los puentes, comenzando con la elaboración de adecuados detalles en la fase de proyecto, siguiendo con la correcta ejecución y puesta en obra de los mismos y finalizando con su adecuada conservación y respeto durante las operaciones de sustitución.



Figura 21. En la derecha desarrollo de ataque por sulfatos en el hormigón, acentuado por el agua que circula por el estribo a través de la junta de dilatación.



Figura 22. Degradación del hormigón con armaduras vistas en culatas de vigas por circulación de agua a través de junta de dilatación.

3.5. Drenaje e impermeabilización

En cuanto a los sistemas de drenaje e impermeabilización de los puentes, su buen diseño y ejecución están directamente relacionados con las patologías futuras y, por consiguiente, con las necesidades de conservación y actuación. En función de la tipología estructural, el fallo de los sistemas de drenaje y desagüe de la estructura y de la impermeabilización del tablero, pueden producir una serie de daños u otros. Así, por ejemplo, que falle la impermeabilización en un tablero de vigas de hormigón implica, en principio, menos daños que en el caso de un cajón de hormigón y muchos menos que en un cajón de un puente metálico. Igualmente, el fallo en un imbornal

situado en un voladizo, suele provocar daños locales, independientemente de la tipología del puente, mientras que en el caso de un tablero de vigas, donde los sumideros, a menudo, se encuentran en la misma vertical que las propias vigas, los daños pasan a localizarse en elementos principales de la estructura, causando daños de mucha mayor envergadura y alcance.



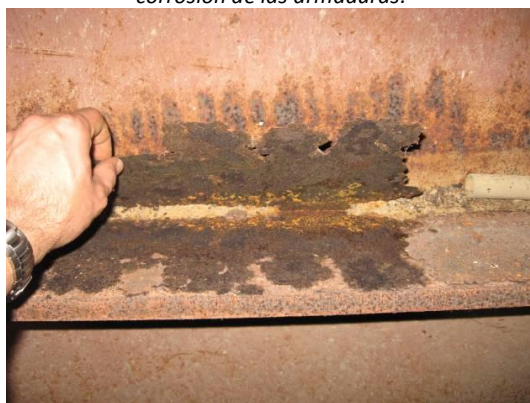
Figura 23. Degradación del hormigón por la presencia de un imbornal carente de bajante y/o elementos de desagüe adecuados.



Figura 24. Daños en viga de borde por falta de bajante en sumidero, escurriendo el agua por el alma de la viga, produciendo la degradación y del hormigón y la corrosión de las armaduras.



Figuras 25 y 26. Daños en cajón metálico debido a la entrada y acumulación de agua, produciendo la corrosión generalizada del interior de la estructura.



Resulta conveniente incidir en la necesidad de la conservación de los sistemas de impermeabilización de los tableros durante su puesta en obra, prohibiendo el paso de maquinaria pesada por encima de los sistemas de impermeabilización, así como proceder a su reposición dentro de las actuaciones generales de refuerzo de firmes donde, frecuentemente, se procede al fresado del firme de la plataforma, con el consiguiente daño casi seguro al sistema de impermeabilización, y posteriormente se procede al reaglomerado, sin realizar ningún tratamiento de impermeabilización previo, reduciendo drásticamente las condiciones de protección de la estructura.

3.6. Problemas de gálibo

Las estructuras con problema de gálibo suelen presentar, frecuentemente, golpes por impactos de vehículos que circulan con un gálibo excesivo por las carreteras del nivel inferior, si bien hay veces que las estructuras presentan un menor gálibo que el necesario.

Los golpes por impactos los sufren todas las tipologías estructurales, siempre que por debajo exista una vía de circulación con gálibo estricto o próximo a la calzada inferior, si bien los puentes de vigas y los puentes metálicos son los más sensibles a este tipo de daño. El resto de tipologías, losas, cajones, etc, suelen ser elementos muchos más masivos que los puentes metálicos y los puentes de vigas, produciéndose, generalmente, daños poco relevantes en dichas tipologías. En cambio, en los puentes metálicos y de vigas, los daños suelen resultar importantes. En los primeros los pequeños espesores de las chapas de fondo y almas, implican una importante debilidad de estas estructuras fuera de la zona de diafragmas intermedios, resultando bastante vulnerables frente a los impactos de vehículos.

En el caso de los puentes de vigas doble “T”, la nula capacidad a flexión transversal de los almas de las vigas, de menos de 20 cm en la mayoría de los casos, así como la nula, también, rigidez a torsión de las vigas, hace que en caso de impacto las vigas sufran daños importantes, incluso la completa rotura de las vigas.



Figura 27. Daños en cajón metálico por impacto de vehículos con exceso de gálibo. Se puede observar en la zona de losa, diferentes golpes sin apenas repercusión estructural.



Figura 28. Rotura completa de viga por vehículo circulando con exceso de gálibo.

3.7. Muros de suelo reforzado

Los muros de suelo reforzado se han utilizado frecuentemente en la construcción de carreteras, tanto como sustitutos de muros de hormigón armado en sostenimientos de tierras, como para la realización de la función de estribos.

La principal problemática que suelen presentar estos elementos, es la circulación de agua por su interior, produciéndose asientos y movimientos de las placas que pueden llegar a producir el colapso total o parcial de los muros.



Figuras 29 y 30. Movimientos en muros de suelo reforzado por circulación de agua por su interior, produciendo el lavado de finos y los consiguientes asientos y acompañamientos de las placas.

El otro daño principal que suelen presentar estos elementos son los asientos del terreno. Esta solución estructural para los estribos de los puentes, en numerosas ocasiones se utiliza en zonas con poca capacidad portante del terreno y con posibilidades de producirse asientos en la estructura. En estos casos es frecuente independizar el comportamiento estructural del tablero del terraplén, acudiendo a cimentaciones indirectas. El propio peso del terraplén acaba produciendo la consolidación y asiento del terreno, produciéndose asientos importantes en muchas ocasiones, lo que se traduce en daños en la plataforma y en el propio muro de suelo reforzado, al presentar una cierta rigidez en su plano, produciéndose el giro y desacoplamiento de las escamas, llegando incluso a producirse la rotura de las mismas.



Figuras 31 y 32. Problemas en muros de suelo reforzado por asiento del terraplén, produciendo la rotura parcial de placas, así como hundimientos locales de la plataforma.

3.8. Sistemas de contención

Los sistemas de contención de los puentes, independientemente de la efectividad de los mismos y de su ordenación normativa, suelen ser elementos que presentan daños por golpes e impactos, atendiendo a su propia funcionalidad.

Pero no son estos los daños más frecuentes que suelen presentar, sino aquellos asociados a la conservación y mantenimiento de los mismos. Estos daños se detectan en especial en los elementos de contención metálicos, tanto en pretilas como en pasamanos, si bien en los sistemas de contención de hormigón en las zonas de utilización de sales fundentes, también se suelen detectar daños por corrosión de las armaduras y por la degradación del hormigón.



Figuras 33 y 34. Deterioro de barandillas y pretilas de hormigón armado.



Figuras 35 y 36. Deterioro de sistemas de contención metálicos.

4. La importancia de los sistemas de gestión

El ingeniero de caminos, y profesor-humanista, José Antonio Fernández Ordóñez (1933-2000), uno de los precursores de los trabajos de catalogación de obras públicas: Puentes, presas, etc., diferenciaba los conceptos de **inventario** y de **catálogo**. La diferencia fundamental entre ambos conceptos es su alcance. Mientras que un inventario se limita a determinar el número de elementos, el catálogo introduce numerosas variables adicionales que permiten obtener información detallada acerca del patrimonio inventariado, en este caso concreto los puentes.

Cada sistema de gestión de puentes, en primer lugar, debe establecer sus necesidades y alcance en función de la envergadura de la red, permitiendo su escalabilidad en caso necesario. Las variables más habituales que suelen recoger los sistemas de gestión de puentes suelen ser: material con el que está construida la obra, época de construcción y actuaciones posteriores, tipología, forma y dimensiones, particularidades, etc.

Una vez establecida una base de datos con las estructuras que integran la red que se quiere gestionar, se debe establecer una sistemática de revisión e inspección de las estructuras. Se puede considerar que las inspecciones son un conjunto de operaciones de carácter técnico encaminadas a la obtención de los datos necesarios para la evaluación del estado en el que se encuentra una estructura. Generalmente, las inspecciones deben constar de una programación previa, siendo aconsejable que se realicen de forma sistemática, conforme a un catálogo de daños, para que las evaluaciones posteriores puedan servir para solucionar los posibles problemas con la antelación suficiente y para poder comprobar la evolución de posibles problemas de forma adecuada.

Si bien cada administración tiene diferentes niveles de inspección, suele ser bastante común aceptar tres niveles de inspección: inspecciones básicas o rutinarias, principales y especiales.

- Las **inspecciones básicas** son efectuadas por las personas encargadas de la conservación de la infraestructura al mismo tiempo que se realiza la vigilancia de la misma. Su objetivo es hacer un 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. La periodicidad de este tipo de inspecciones suele establecerse en el entorno de 1 año.

- Las **inspecciones principales** se basan en la observación minuciosa del estado de todos los elementos de la estructura a inspeccionar. Son realizadas por personal técnico especializado. La inspección aborda la totalidad de la estructura: cimentaciones y subestructura, superestructura, equipamientos y accesos. Con objeto de evitar la subjetividad de la inspección es habitual acudir o utilizar “Catálogos de deterioros”, con objeto de unificar los criterios de los diferentes inspectores y conocer con la suficiente precisión el nivel de deterioro de la estructura. En este caso, la periodicidad de las inspecciones varía mucho entre las diferentes Administraciones, desde el mínimo de los 5 años de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, a los 15 años máximos establecidos en la ITPF-05. Así mismo, este tipo de inspecciones suele ser recomendables tras sucesos excepcionales como sismos o avenidas.
- 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 nivel de deterioro exige un estudio y análisis de las patologías, así como la redacción del documento, normalmente proyecto, de reparación. Son inspecciones puntuales y deben realizarse por personal altamente cualificado en patología y reparación de puentes.

Una vez definido lo que es un sistema de gestión y establecidos los niveles de inspección habituales que suelen disponer, hay que realizar el seguimiento y control de las estructuras. Todo sistema de gestión ha de ser fácilmente manejable y ofrecer datos **objetivos sobre el estado de las obras de paso** de la red. A partir del estado de conservación de las estructuras, en función de su gravedad, coste de inversión, importancia de la vía, posibilidad de itinerarios alternativos, etc, ha de ayudar a establecer las **prioridades de inversión**. Así mismo, un sistema de gestión completo, deberá tener capacidad para realizar el **control y seguimiento de las labores de**

reparación acometidas, lo que servirá para evaluar la eficacia de las medidas adaptadas, así como calibrar y corregir las actuaciones futuras.

En la siguiente figura se reproduce el esquema de funcionamiento del sistema de gestión de puentes del Ministerio de Fomento.

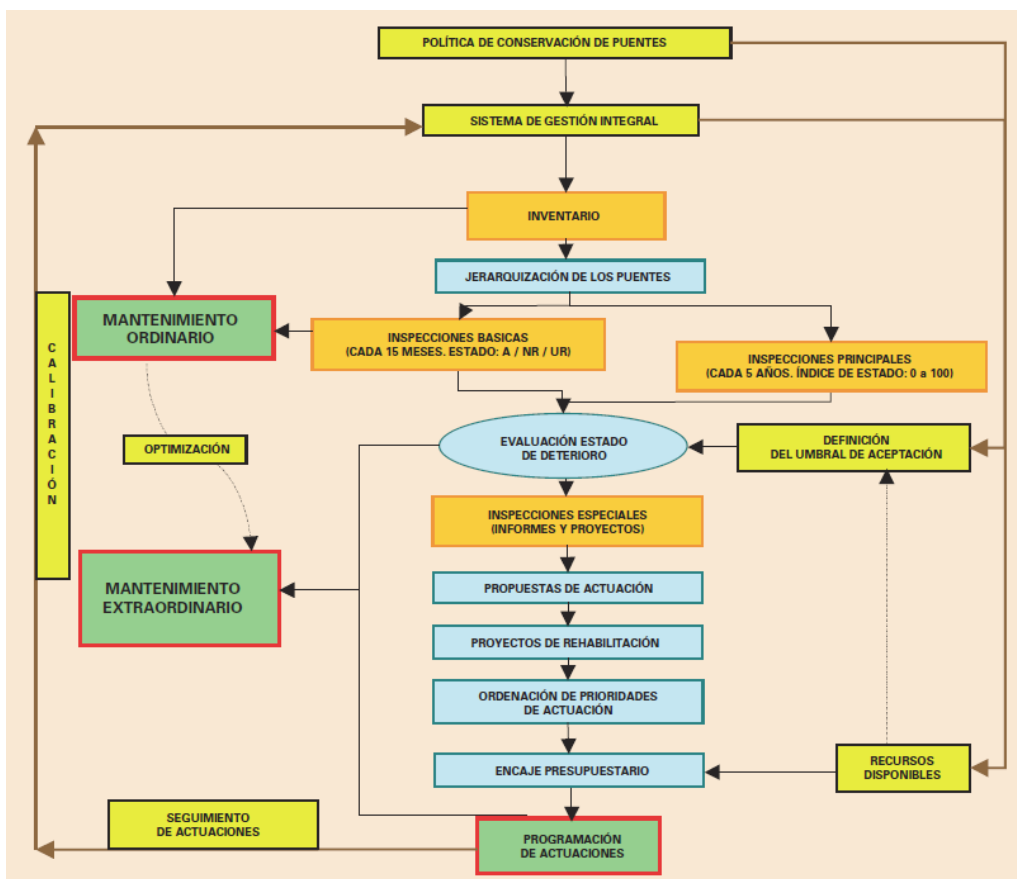


Figura 37. Esquema de funcionamiento del sistema de gestión de puentes del Ministerio de Fomento. Fuente: "Guía para la realización del inventario de obras de paso. Red de Carreteras del Estado". Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento.

5. Medidas preventivas de conservación

A lo largo del presente artículo se han expuesto los daños más frecuentes o sistemáticos que suelen presentar los puentes tanto de carretera como de ferrocarril. Así mismo se ha resaltado la importancia de tener un sistema de gestión de las infraestructuras que ayude a sistematizar los trabajos de inspección y mantenimiento. Los sistemas de gestión, si están bien diseñados y se introducen datos de forma sistemática y adecuada, son una herramienta indispensable para priorizar, sistematizar y economizar las actuaciones de conservación de las estructuras de la red en cuestión.

Así mismo, la importancia de la red de infraestructuras que tiene España en la actualidad, conlleva la necesidad de su conservación y mantenimiento, para asegurar el desarrollo y las comunicaciones del País.

Las medidas preventivas de conservación se puede considerar que comienzan en la fase de Planeamiento y Proyecto. Un buen diseño de una estructura pensando no sólo en los factores que condicionan su construcción sino posteriormente su conservación, supone el estudio y la definición de una serie de detalles constructivos, resistentes y de accesibilidad que mejoran la vida útil de la estructura, retrasan la edad de intervención y facilitan las propias tareas de conservación y mantenimiento. La siguiente fase es la construcción de la estructura en cuestión. Resulta de vital importancia durante la construcción de las estructuras cuidar y respetar todos aquellos detalles establecidos en Proyecto, desde los recubrimientos de las armaduras hasta la calidad del sistema de impermeabilización. Esta es la única forma de poder garantizar una buena durabilidad de la obra ejecutada, garantizando la ausencia de defectos o puntos débiles de la estructura.

Finalmente, una vez ejecutada la obra y puesta en servicio, comienza la fase de conservación y mantenimiento de la infraestructura. En esta fase, como se ha expuesto con anterioridad, resulta vital realizar un mantenimiento y seguimiento periódico de las estructuras con objeto de asegurar la conservación de la obra, así como anticiparse a daños o patologías de gran extensión por un deficiente funcionamiento de la obra o, simplemente, por el propio paso del tiempo.

5.1. Proyecto

El Proyecto es la primera fase de concepción de cualquier tipo de obra y, concretamente, estructura, siendo fundamental para la posterior conservación y mantenimiento de la estructura proyectada. Dentro de los estudios de tipologías se ponderan numerosos factores como las afecciones medioambientales, el proceso constructivo, el coste económico,... pero hasta el momento nunca se ha tenido en cuenta el coste de conservación o mantenimiento, factor que en muchísimos casos resultaría totalmente decisivo y determinante. Así una estructura que resulte muy ventajosa desde el punto de vista del proyecto y la construcción, puede resultar muy penalizada si se tienen en cuenta sus necesidades de conservación.

El sistema de gestión de puentes deberá proporcionar qué tipologías estructurales resultan mejor desde el punto de vista de la conservación y el mantenimiento en función de las características concretas de la red que se esté analizando. A partir de los datos proporcionados por el sistema de gestión se deberán ponderar los estudios de tipologías adoptando de forma prioritaria aquellas tipologías que presenten un mejor comportamiento.

En la base de proyecto es imprescindible no sólo realizar un cálculo y definición de la estructura a construir, sino estudiar y definir detalles constructivos adecuados desde el punto de vista de la conservación y el mantenimiento, adoptando las medidas necesarias para garantizar la mayor vida útil posible de la estructura. En la actualidad la EHE-08 establece una vida útil para los puentes de 100 años. Siguiendo las prescripciones e indicaciones de la norma, especialmente aquellas relativas a la durabilidad de la estructura, se debería asegurar la vida útil de la estructura. Las estructuras, al igual que otro producto industrial deberán tener su manual de mantenimiento, indicando las tareas de conservación y mantenimiento que se deben llevar a cabo durante su vida útil, las cuales deberán quedar reflejadas y detalladas en el correspondiente **plan de mantenimiento**, de obligatoria redacción para estructuras de nueva ejecución de acuerdo a la EHE-08 en su artículo 103.

Así mismo, en el Proyecto se deberán especificar claramente los materiales a utilizar y las prescripciones de durabilidad de las mismas. En el caso de un hormigón, deberá quedar suficientemente definido el ambiente y clase de exposición, el recubrimiento de las armaduras, así como cualquier otra especificación que el proyectista considere

necesaria para garantizar la correcta conservación de la obra. En el caso del acero estructural se deberá dejar bien claro y especificado el sistema de protección contra la corrosión, el tiempo estimado de repintado,...

Un buen proyecto deberá tener en cuenta las operaciones de conservación y mantenimiento que se deban llevar a cabo en la obra durante su vida útil, previendo las medidas transitorias que garanticen la viabilidad de la conservación. Así, en el caso de los aparatos de apoyo, en la actualidad no existe ninguna tipología que garantice una vida útil de 100 años, por lo que se ha de prever su posible sustitución, estudiando y diseñando las pilas y tablero para su sustitución o, en caso de resultar posible, se deberá estudiar eliminar los aparatos de apoyo empotrando las pilas en el tablero.

Aunque pueda resultar llamativo, el principal enemigo de los puentes es el agua, tanto a nivel de infraestructura, produciendo el colapso de las estructuras por socavación como a nivel de superestructura, produciendo humedades y posibilitando la degradación del hormigón y la corrosión de las armaduras. Por este motivo, en los proyectos se deberá realizar un buen estudio hidráulico, disponiendo las medidas de protección adecuadas en las cimentaciones de forma que se garantice la estabilidad y seguridad de las cimentaciones y con ellas de las estructuras. En cuanto al agua de la superestructura, resulta de vital importancia dentro del proyecto de los puentes, estudiar y definir los sistemas de drenaje y evacuación del agua de la plataforma, así como la impermeabilización de los tableros.

5.2. Construcción

La fase de construcción de los puentes resulta igual o más decisiva que la fase de proyecto. Realizar un buen control y seguimiento de la construcción de los puentes se puede considerar la actuación más importante de las que afectarán a la vida útil de la estructura.

Asegurar que una estructura se ejecute conforme al Proyecto y a las normativas técnicas, no sólo en las cuestiones formales y resistentes, que resulta evidente, sino que se respeten los detalles y condiciones de conservación y durabilidad previstas en el Proyecto resulta primordial para el futuro de esa estructura. Este hecho resulta de

mayor importancia cuanto peor y más agresivo resulta el ambiente en que se encuentre la estructura.

Durante la fase de construcción de los puentes se deben garantizar las condiciones de ejecución de los hormigones, las dosificaciones, los ambientes y las clases de exposición, los recubrimientos,... pudiendo garantizar de esta forma que la obra o elemento en cuestión tendrá unas labores de conservación mínimas.

Como se ha comentado anteriormente, los sistemas de evacuación y recogida del agua en la plataforma resultan fundamentales para garantizar la correcta durabilidad de la estructura. La elección del sistema de impermeabilización adecuado y que su puesta en obra resulte satisfactoria resulta fundamental para garantizar la vida útil de la estructura, evitando de esta forma la entrada de agentes agresivos al interior de la estructura, resultando una barrera efectiva de protección del hormigón.

5.3. Conservación general y específica

Si bien técnicamente se puede entender la conservación general como aquellas actuaciones de conservación generales que deben llevarse a cabo para asegurar el nivel de conservación y servicio de una infraestructura, en los puentes y estructuras cobra una vital importancia, puesto que el nivel de conservación y servicio, a su vez influyen en el nivel de seguridad. No obstante, dentro de la conservación general se engloban todas aquellas operaciones que puedan llevarse a cabo por personal poco cualificado y de forma sistemática, sin necesidad de proyecto, procedimiento o estudio y análisis previo.

La conservación específica trata de atender las necesidades de conservación derivadas de la utilización de elementos fungibles en los puentes como pudieran ser las juntas de dilatación, los aparatos de apoyo, la pintura de los elementos metálicos, los sistemas de contención tanto de vehículos como de peatones, la reposición de la impermeabilización del tablero, el repavimentado de la estructura,...

A efectos del presente artículo, se ha de incidir en las tareas de conservación específica, puesto que son éstas las que, de alguna forma, pueden suponer una mejora en el nivel de conservación y de durabilidad de las estructuras.

Desde el punto de vista de la conservación de las estructuras, a nivel general, revisten especial importancia dos actuaciones de conservación específica: la impermeabilización de los tableros y la estanqueidad de las juntas de dilatación.

Resulta fundamental que los tableros de los puentes dispongan de un elemento de protección entre la losa y el pavimento o balasto, especialmente en el caso de puentes de carretera situados en zonas de vialidad invernal. La impermeabilización de los puentes es una barrera efectiva contra la corrosión de los tableros y dinteles, reduciendo de forma importante los daños por durabilidad en el tablero, ayudando a conseguir la vida útil de la estructura. Si bien existen diferentes sistemas de impermeabilización en la actualidad, se puede decir que cada uno de ellos tiene su campo de aplicación. Así en función de la vulnerabilidad de la obra se podrán utilizar sistemas más o menos contundentes.



Figuras 38 y 39. Ejemplos de impermeabilización de tableros de puentes.

Una actuación tan simple como impermeabilizar los tableros de los puentes a la vez que se realiza el refuerzo del firme de una carretera, proporciona a la estructura un aumento de su vida útil importantísimo, o mejor dicho, no reduce su vida útil.

Existen numerosas patologías derivadas de una inexistente o deficiente impermeabilización de la plataforma, tal y como se puso de manifiesto en el apartado 3.5. *Drenaje e impermeabilización*. Si bien este hecho puede ser de vital importancia en algunas estructuras como los puentes metálicos o mixtos con sección cajón cerrada, en las zonas de vialidad invernal en donde se utilizan sales fundentes de forma sistemática, el hormigón de las losas sufre procesos degenerativos que acaban por producir daños irreparables en numerosas ocasiones, así como daños por corrosión de armaduras.



Por el mismo motivo, en el caso de las juntas de dilatación, resulta de vital importancia asegurar su estanqueidad o, en caso necesario, disponer los elementos de recogida de agua necesarios para evitar su escurrimiento y degradación de la subestructura.

6. Conclusiones

Como se ha puesto de manifiesto a lo largo del presente artículo el patrimonio de los puentes en España es muy importante por su condición y nivel de servicio, permitiendo la comunicación e interoperabilidad entre las diferentes partes del país. Tan solo contando con la red de ferrocarril de línea convencional de ADIF y con el patrimonio de estructuras de carretera del Ministerio de Fomento, suman 24.000 estructuras aproximadamente. La importancia y prioridad que se debe establecer de cara a conservar y poder utilizar este importante legado de estructuras resulta vital de cara a garantizar las condiciones de funcionalidad y servicio, así como poder amortizar económicamente las obras.

Para poder realizar una gestión eficiente y conforme a los recursos económicos disponibles, resulta fundamental realizar una gestión sistemática de las estructuras mediante lo que se conocen como sistemas de gestión de puentes. Este tipo de herramienta permite conocer y controlar el nivel de daño de los puentes de una red, pudiendo de esta forma priorizar y orientar la inversión hacia las necesidades más importantes.

Las principales patologías asociadas a los puentes suelen ser derivadas de una deficiente o mala definición en proyecto y/o ejecución en obra, así como a la acción del agua, tanto a nivel de socavación y erosión, como a nivel de vehículo de agentes agresivos produciendo daños y disminuciones de la vida útil de la estructura.

Así mismo se consideran una serie de medidas preventivas desde el punto de vista de la conservación del patrimonio tanto a nivel de Proyecto, Construcción y de la Conservación. A este respecto, resaltar la importancia de elaborar, junto con el proyecto de las estructuras, su Manual de Conservación. Este documento será vital para poder gestionar las estructuras, siendo el documento donde el proyectista establecerá los criterios de inspección y conservación.

Así mismo, resulta importante incluir dentro de las actividades de conservación ordinaria de carreteras una serie de actuaciones de conservación general encaminadas a mejorar y garantizar las condiciones de conservación de los puentes.