

Rehabilitación del “Puente sobre la A-5 en el pk 126+250” en Talavera de la Reina (Toledo)



Francisco José Tobarra Lozano

ICCP

Demarcación de Carreteras de Castilla La Mancha

Jefe Área Conservación y Explotación

Gonzalo Arias Hofman

ICCP

INES Ingenieros

Responsable de Asistencia Técnica a la Obra

Alberto De La Torre Palencia

ICCP

Audeca

Responsable de Ejecución de Obra

El puente objeto de la rehabilitación es una obra construida en la variante de Talavera de la Reina de la autovía A-5 en 1990, para solucionar un enlace de conexión con un Polígono Industrial próximo. Presenta una configuración estructural singular, puesto que los vanos extremos se ejecutaron in situ como losas postesadas, mientras que el tramo central fue una solución prefabricada con apoyos a media madera. Los deterioros observados tanto en los apoyos a media madera como en las losas construidas in situ condujeron a la ejecución de una obra de rehabilitación por el procedimiento de emergencia, que se describe en el presente artículo.

1. Introducción

El impulso constructivo de nuevas carreteras y autovías entre finales de la década de 1980 y la crisis de 2008 incorporó a la Red de Carreteras del Estado (RCE) un inmenso patrimonio de nuevos puentes, muchos de ellos con soluciones estandarizadas, pero también una serie de puentes que podrían clasificarse como singulares en su conjunto o en sus detalles. Algunas de estas soluciones, pasado el tiempo (más de 20 años de vida útil), se han demostrado como poco longevas y propicias a desarrollar patologías cuyo arreglo y el propio mantenimiento de estas obras supone un reto y un coste elevado. Sin pretender describir todo el elenco

posible, vamos a citar algunos de estos detalles constructivos que están presentes en el puente objeto del artículo y que nos deberían hacer reflexionar para el futuro diseño de nuevos puentes:

- Apoyos a media madera
- Ausencia de impermeabilización en el tablero y en las juntas de dilatación
- Uso de áridos potencialmente reactivos en el hormigón

La descripción del puente, sus patologías y las soluciones implementadas en las obras de rehabilitación permiten ofrecer una solución para otras intervenciones que puedan presentar coincidencias con lo expuesto.



Figura 1. Imagen del alzado este de la estructura antes de la intervención

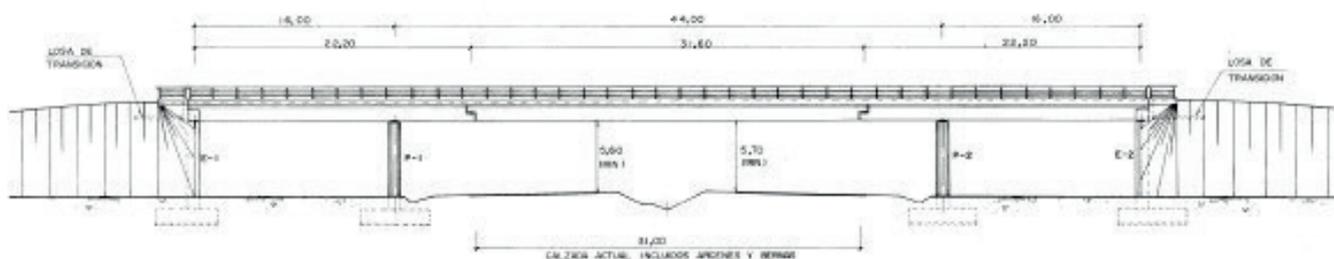


Figura 2. Plano original del alzado de la estructura

2. Descripción de la estructura

El puente sobre la autovía A-5 en el P.K. 126+250 en Talavera de la Reina (Toledo) fue construido en 1990 como parte de los viales del P.I. Torrehierro, promovido por SEPES, con proyecto del insigne Ingeniero de Caminos (J.A. Llombart). (Figura 1)

La estructura es un puente de tres vanos, de luces de 16,00 m en los vanos extremos y de 44,00 m en el vano central (longitudes entre ejes de apoyo en pilas o estribos, sin considerar los apoyos a media madera). El ancho del puente es de 11,50 m. (Figura 2)

Los vanos extremos están formados por una losa postesada de 1,50 m de canto, con 5 aligeramientos circulares de 1,00 m de diámetro y hormigón HP-35. Estos vanos son de hormigón postesado in situ presentando unas luces de 16,00 m y un voladizo de 6,20 m. Sobre este voladizo se apoyan las vigas del vano central mediante unos apoyos a media madera. (Figura 3)

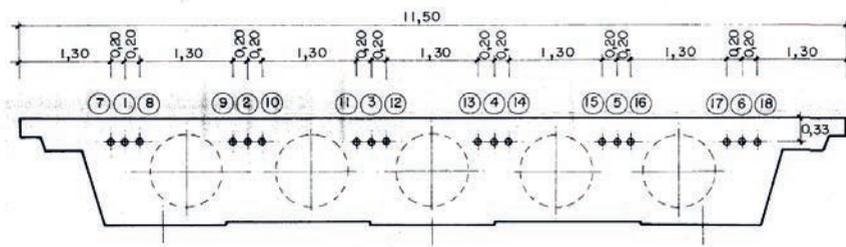


Figura 3. Sección transversal de la losa pretensada (apoyos pilas)

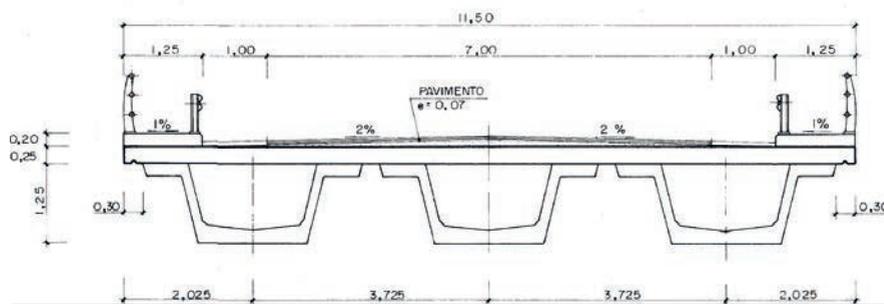


Figura 4. Sección transversal del vano central



Figura 5 Vista superior desde el estribo 1 antes de la intervención

El apoyo de las pilas está formado por 3 fustes de 1,00 m de diámetro que soportan un neopreno circular. El apoyo sobre los estribos se resuelve mediante 3 neoprenos rectangulares.

El vano central se trata de un tramo isostático de 31,60 m de longitud, formado por tres vigas artesas de hormigón pretensado prefabricado. Sobre las vigas se dispone una losa de 0,25 m de espesor. Estas vigas apoyan mediante tres neoprenos rectangulares en el apoyo a media madera.

Los estribos son de tipo cerrado con cimentación directa en ambos estribos con muros laterales en continuación. Ambos estribos presentan unas aletas de 1,85 m. El hormigón empleado en los estribos es de HA-20 en las zapatas y HA-25 en los alzados.

La plataforma presenta una calzada de circulación de dos carriles, con pavimento bituminoso, arceles y aceras a ambos lados, y un bombeo del 2%. El espesor del aglomerado en el proyecto es de 7 cm, mientras que las medidas que se tomaron en campo muestran un espesor de pavimento de 5 cm. La calzada sobre la estructura consta de dos carriles de 3,50 m de ancho. Existen dos arceles situados a cada lado de la calzada, creando un ancho total entre ambos de 4,50 m. Las aceras están formadas por un zócalo de 1,25 x 0,20 m. Sobre este zócalo se dispone de una bionda y de un perfil metálico. (Figura 5)

El sistema actual de drenaje de la estructura consta de 4 sumideros, localizados en las zonas de los apoyos sobre las pilas. Estos sumideros carecían de gárgolas (pese a que en los planos del proyecto se definen) y el agua terminaba escurriendo por la cara inferior de la losa.

La estructura contaba con dos juntas de dilatación en los apoyos de



Figura 6. Detalle de las fisuras en el apoyo a media madera del voladizo en el vano 2 alzado oeste



Figura 7. Medida del diámetro de una armadura vista Ø12 en el apoyo a media madera del vano 2, lado P.I. Torrehierro

media madera, y dos juntas ocultas en los apoyos extremos de las losas en los estribos.

3. Principales patologías observadas

El análisis realizado por INES Ingenieros a solicitud de la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla La Mancha, en febrero de 2022, identificó los problemas fundamentales:

- Las patologías más llamativas eran las humedades, los desconchones y las armaduras vistas en los apoyos a media madera (sobre todo en el apoyo norte). (Figura 6)

Las armaduras expuestas en la zona del apoyo a media madera del vano 2 (lado P.I. Torrehierro) presentaban solo una oxidación superficial, sin pérdidas aparentes de sección en armaduras medidas con calibre digital y compa-

radas con la armadura indicada en los planos del Proyecto original. (Figura 7)

- En un análisis más detallado, se pudo identificar como principal patología las fisuras, que aparecen muy marcadas en la cara inferior de las losas postesadas in situ (más relevantes que las de los apoyos a media madera). El patrón de fisuración, la ubicación geográfica del puente y las visibles filtraciones de agua indicaban que podría existir un problema de reacción árido-álcali (AAR) en el hormigón empleado en la ejecución de la losa postesada in situ, que fuera la causa subyacente de los daños observados. (Figura 8)



Figura 8. Detalle de las fisuras longitudinales en cara inferior del voladizo en el vano 2

- Además de las fisuras observadas en los paramentos de la cara inferior de las losas y las almas, se abrieron una serie de catas sobre el tablero (retirando el pavimento y picando el hormigón hasta descubrir las armaduras) para verificar la existencia de fisuras y el estado de las armaduras. Es frecuente que, en este tipo de losas, en la cara inferior la fisuración sea masiva y de pequeña abertura, mientras que en la cara superior haya menos fisuras, pero de una gran abertura. El riesgo de estas fisuras sobre el tablero es la introducción del agua (con sales fundentes) en el interior del hormigón con posible rotura de las armaduras pasivas y, sobre todo, la afección a las vainas de postesado que también pueden presentar problemas de inyección. Varios ejemplos de puentes demolidos han sufrido estas patologías en un grado extremo.



Figura 9. Detalle de las grietas longitudinales en cara superior del vano 1 y armaduras pasivas rotas

Las catas realizadas en este caso sobre el tablero mostraron las grietas y rotura de armaduras pasivas transversales en la cara superior, lo cual condicionó las



Figura 10. Salida de agua del interior de un aligeramiento tras perforar la clave inferior de la losa de hormigón

actuaciones inicialmente planteadas. (Figura 9)

- En una de las auscultaciones realizadas, se ‘pinchó’ el hormigón situado bajo la clave inferior de uno de los aligeramientos, en el paramento que mostraba una mayor concentración de humedades y eflorescencias, provocando el vaciado inmediato del agua acumulada dentro del aligeramiento

Esta es una situación más frecuente de lo que podamos imaginar en este tipo de losas aligeradas y siempre conviene realizar esta comprobación, con las medidas de seguridad adecuadas para evitar dañar las armaduras activas de la losa; la experiencia del equipo que realice esta práctica es fundamental. (Figura 10)

- Se realizó una evaluación estructural del armado de los apoyos a media madera, que pudo explicar el correcto dimensionamiento general de estos apoyos, descartando que las patologías fueran consecuencia de un deficiente funcionamiento resistente de los mismos.

Una vez realizado este primer análisis, se decidió confirmar la afección por AAR y conocer su estado de avance en el hormigón de las dos losas extremas se solicitó la extracción de una serie de testigos y la realización de ensayos de rotura a compresión y módulo de elasticidad. Los resultados de las roturas a compresión de los testigos extraídos dan valores de resistencia algo inferiores a los teóricos, en línea con lo esperado para hormigones afectados por este tipo de procesos reactivos.

Existen otros deterioros en diferentes elementos del puente (pavimento, juntas de dilatación, sistemas de contención) pero no se describen en este artículo para centrar el foco en los daños ya descritos.

4. Actuaciones

Las actuaciones, desarrolladas por el procedimiento de emergencia, ante la gravedad de los daños observados, han tenido dos objetivos fundamentales:

- Reparar los daños identificados: fisuras y grietas, desconchones, reposición de armaduras rotas...
- Proteger las losas postesadas de futuras entradas de agua, envolviéndolas con los revestimientos adecuados

Todas las actuaciones han sido ejecutadas manteniendo en todo momento el tráfico en servicio en la

autovía, disponiendo de los cortes de tráfico parciales necesarios para trabajar con seguridad de los trabajadores y de los usuarios de la autovía. Afortunadamente, la calzada sobre el puente pudo disponer de corte total durante toda la duración de las obras, gracias a la existencia de desvíos alternativos de comunicación entre el Polígono Industrial, la autovía y el municipio. Este corte de la plataforma suele ser lo más crítico en este tipo de actuaciones, puesto que el fresado del pavimento existente, la reposición de armaduras, el recrecido de la losa, la impermeabilización y demás operaciones no siempre se puede o es aconsejable realizarlas con tráfico alternativo.



Figura 11. Preparación de fisuras en alma de losa, antes de su sellado o inyección



Figura 12. Reparación del paramento de un estribo

La limpieza de todos los paramentos se ejecutó con agua a presión (900 bares), tratamiento suficiente para eliminar suciedad y restos de los paramentos de hormigón. Tras la limpieza, se pudieron observar con claridad todas las zonas afectadas, bien por fisuras o por lajación y desconchones en el hormigón. Es en este punto en el que se deben ajustar los criterios de sellado e inyección de fisuras, que en este caso fueron los siguientes: sellado de fisuras de abertura entre 0,4 y 1,0 mm, inyección con resina epoxi de las fisuras de abertura entre 1,0 mm y 4 mm e inyección con lechada de cemento de fisuras de abertura superior a 4 mm.

Estos criterios pueden adaptarse ligeramente, en función de la masividad de la fisuración, y considerando si posteriormente se va a aplicar algún revestimiento protector o inhibidores de corrosión. (Figura 11)

Los desconchones y lajaciones fueron reparados con procedimientos convencionales (saneado del hormigón dañado, limpieza y pasivado de las armaduras, reposición de la geometría original con mortero de reparación de clase R4) incluso en los apoyos a media madera. Como singularidad, y para reforzar la protección de las armaduras con carácter general, se aplicó una Imprimación a base de inhibidores de la corrosión de alta penetración para la protección y pasivación de armaduras en toda la superficie de los estribos. (Figura 12)

El problema con los apoyos a media madera es su inaccesibilidad, en general. En el caso de este puente, dado que el apoyo del tablero central se produce a través de las tres vigas artesas, todavía queda algo de superficie de



Figura 13. Reparación del apoyo a media madera

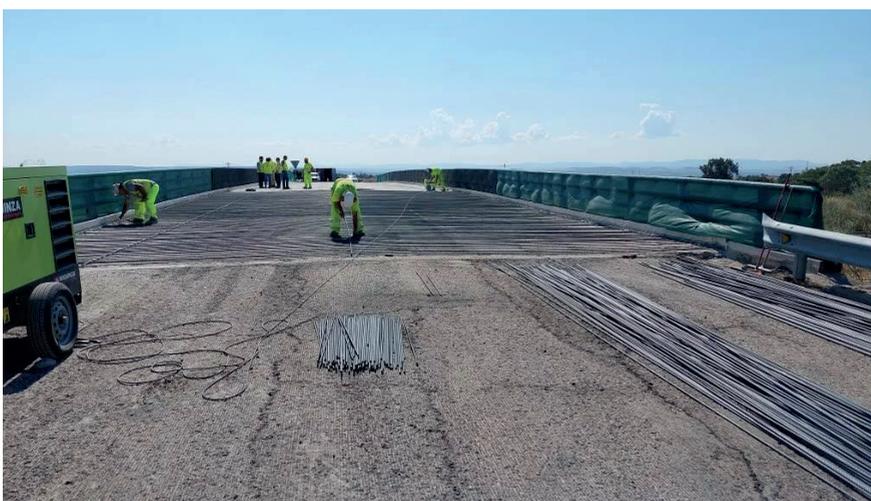


Figura 14. Armado del vano 1 en su cara superior



Figura 15. Aplicación de poliureas (capa de acabado, con extendido de pellets)

hormigón vista (las zonas entre vigas) y se podrían llegar a reparar esas zonas, pero lo habitual es que el apoyo se produzca de una losa sobre otra y entonces solo queda accesible la cara lateral del apoyo a media madera. En el caso que describimos, se pudieron evaluar los aparatos de apoyo con el uso de una cámara endoscópica facilitada por el Contratista (Audeca), no observándose daños relevantes en las partes más inaccesibles. (Figura 13)

En la cara superior, en el vano 1, que era el más afectado por las grietas y rotura de armaduras, se procedió a la reposición del armado superior y recrecido de dicho

vano, en toda su superficie. En el resto de la plataforma se hicieron reparaciones puntuales.

La disposición de este tipo de armados de refuerzo se utiliza, en muchas ocasiones, para disponer del armado necesario para el anclaje del nuevo sistema de contención. No fue el caso, puesto que gracias a la gran anchura de tablero disponible se optó por un sistema de contención no anclado cuya pérdida de energía en caso de impacto se realiza por el desplazamiento del sistema. (Figura 14)

Sobre la superficie de todo el tablero se aplicó como sistema

de impermeabilización, dadas las adecuadas condiciones climatológicas y la baja rugosidad obtenida tras el microfresado (acción casi siempre necesaria tras el fresado del pavimento, para lograr una buena regularidad superficial), un sistema polimérico a base de poliureas en caliente, hasta los zócalos de las barandillas originales. Estos zócalos y los voladizos y almas de las losas se impermeabilizaron

con un poliuretano en frío, y la cara inferior de las losas con una impregnación hidrófoba, que permite la salida del agua interior evitando la condensación de agua proveniente del exterior. (Figura 15)

Es importante resaltar el esfuerzo que se ha hecho en mejorar el sistema de drenaje del puente, en varios frentes:

- Colocando bandas estancas bajo las juntas de dilatación, con salida lateral del tablero (cortando el zócalo de las barandillas) (Figura 16)
- Dando salida al agua, mediante tubos de desagüe desde los sumideros.
- Colocando vierteaguas en los bordes del tablero (Figura 17)



Figura 16. Salida lateral de la banda estanca bajo juntas de dilatación



Figura 17. Salida del agua desde los sumideros

5. Conclusiones

El diseño de los puentes, o mejor, dicho, determinados detalles en los puentes, resulta fundamental para garantizar la vida útil que les otorgamos. Se trata de cuestiones que casi nada tienen que ver con criterios económicos, pero que a la postre condicionan la seguridad del puente. Entre otros, se pueden resaltar algunos de los detalles constructivos y de diseño que han motivado la intervención en el puente sobre la autovía A-5 en el P.K. 126+250 en Talavera de la Rei-

na (Toledo), de apenas 32 años de vida cuándo se han ejecutado las obras de rehabilitación en él.

La atención sobre estos detalles puede aplicarse con carácter general a los futuros puentes, pero también se han extraído lecciones de interés para las intervenciones sobre otros puentes similares. Entre estos detalles podemos resaltar las siguientes cuestiones y aseveraciones:

- Evitar soluciones con apoyos a media madera. No solo por la falta de visibilidad de todos los elementos que constituyen este tipo de apoyos, sino sobre todo por lo complicado que resulta actuar sobre ellos.
- Apostar por un sistema de impermeabilización eficiente. La mayoría de nuestros puentes sigue careciendo de un sistema de impermeabilización que,

sobre todo en zonas de vialidad invernal, pero no solo en ellas, exige la disposición del mejor sistema posible, atendiendo a las condiciones de ejecución (condiciones climáticas, afectación al tráfico, superficie sobre la que se aplica, etc.).

- Introducir como un detalle sistemático la banda estanca bajo juntas de dilatación. Tan importante es su colocación en cualquier operación de sustitución de juntas, como la resolución de su salida transversal (aunque ello implique el corte de un zócalo, acera o imposta existente).
- Identificar correctamente patologías como la fisuración masiva longitudinal de losas postesadas ejecutadas in situ, en regiones propensas a suministrar áridos reactivos autóctonos de la zona (Madrid, Toledo, Valladolid), como fisuración por reacciones expansivas en el hormigón de tipo reacción árido-álcali (AAR). La tradicional confusión con fisuración por corrosión de armaduras o falta de recubrimiento de estas ha generado diagnósticos erróneos con soluciones equivocadas.

Todo lo dicho en estos párrafos no implica renunciar a la intervención en puentes que compartan detalles similares, todo lo contrario, las reparaciones y decisiones adoptadas son de aplicación en otros casos. Como resumen de todo ello, se ilustran a continuación dos imágenes que explican cómo recuperar la vida útil de un puente que adolecía de graves problemas y se ha rehabilitado exitosamente. (Figura 18 y 19) ❖

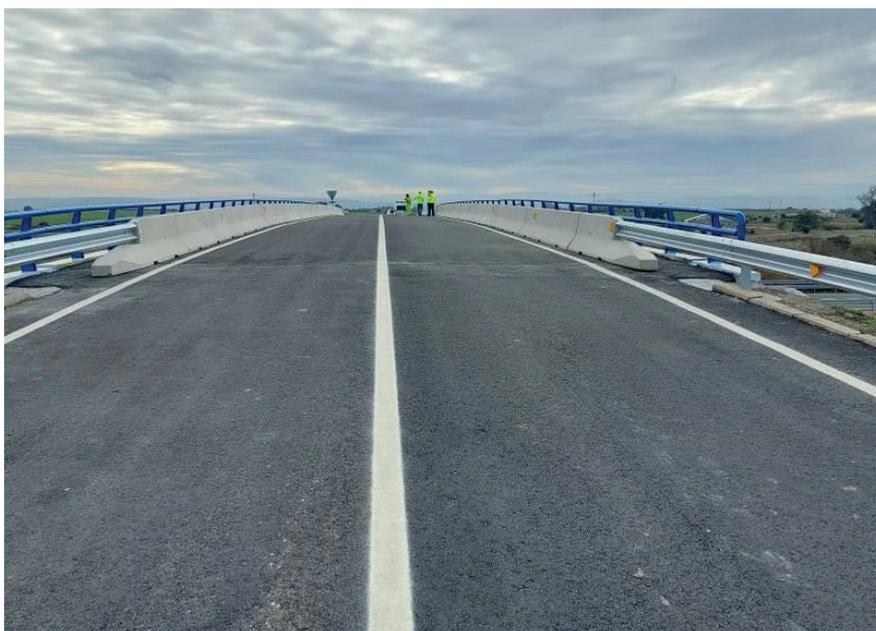


Figura 18. Vista superior del puente tras las actuaciones



Figura 19. Alzado oeste del puente tras las actuaciones