

Obras de emergencia para la construcción del nuevo puente sobre el río Perales en el P.K. 48+700 de la carretera M-510 en Aldea del Fresno, tras la riada extraordinaria acaecida en septiembre de 2023

Emergency works for the construction of the new bridge over the Perales River at the km 48,700 of the M-510 road in Aldea del Fresno, after the extraordinary flood that occurred in September 2023

Ángel Carriazo Lara^a, Moisés Izquierdo Gómez^b, , Roberto Organista Organista^c,
Pedro Pablo Sánchez Martínez-Falero^d

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. TORROJA INGENIERÍA SLP. Director de Obra. acarriazo@torroja.es

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. TORROJA INGENIERÍA SLP. Codirector de Obra. mizquierdo@torroja.es

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. TORROJA INGENIERÍA SLP. Asistencia Técnica y proyecto. rorganista@torroja.es

^d Ingeniero Civil. TORROJA INGENIERÍA SLP. Asistencia Técnica y Proyecto. pps@torroja.es

RESUMEN

Debido a las lluvias torrenciales ocurridas entre el 3 y 4 de septiembre de 2023, el puente de la carretera M-510 sobre el río Perales, en Aldea del Fresno, diseñado y construido por el ilustre ingeniero Eugenio Ribera hace 100 años se derrumbó, prácticamente en su totalidad.

Para recuperar el tránsito entre ambas riberas la Consejería de Vivienda, Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid emitió una Orden de Contratación mediante Tramitación de Emergencias. Se construyó en tan solo 2 meses un paso temporal y en tan solo 7 meses se consiguió redactar el proyecto, construir el nuevo puente, retirar el paso temporal y restaurar el cauce del río Perales a su estado original.

ABSTRACT

Due to the torrential rains that occurred between September 3 and 4, 2023, the bridge on the M-510 road over the Perales River in Aldea del Fresno, designed and built 100 years ago by the renowned engineer Eugenio Ribera, collapsed almost entirely.

To restore traffic between both banks, the Community of Madrid's Department of Housing, Transport, and Infrastructure issued an Emergency Contract Order. A temporary crossing was built in just 2 months, and within 7 months, the new bridge was designed and constructed, the temporary crossing removed, and the Perales Riverbed restored to its original status.

PALABRAS CLAVE: Riada, Emergencia, Puente, Ruinas, Paso temporal, Musealización, E.Ribera.

KEYWORDS: Flood, Emergency, Bridge, Ruins, Temporary passage, Musealization, E.Ribera

1. Hecho causante

El paso de la DANA por el centro peninsular durante los días 3 y 4 de septiembre de 2023 dejó innumerables incidencias y emergencias cebándose especialmente en las provincias de Madrid y Toledo, donde seis personas fallecieron.



Figura 1. Vista aérea del río Perales a su paso por Aldea del Fresno.

La tormenta castigó duramente a los municipios del suroeste de la región. En Aldea del Fresno las imágenes de la crecida del río Alberche eran devastadoras y varios puentes sucumbieron a la riada, dejando al suroeste madrileño en una situación muy complicada. Este municipio llegó a denominarse como “la zona cero de la DANA”.



Figura 2. Vista de la ruina del histórico puente de E. Ribera

2. El puente de Ribera

El puente servía al paso de la carretera M-510 sobre el cauce del río Perales, permitiendo su acceso al casco urbano de la localidad de Aldea del Fresno.

El puente sobre el río Perales era sumamente representativo de una tipología de puente y, sobre todo, de un tipo de pilas muy característicos de su autor y de los primeros años del hormigón armado. El autor del puente fue Eugenio Ribera (1864-1936) cumbre de la ingeniería civil española del primer tercio del siglo XX. El propio Ribera lo consideraba ejemplar, ya que en su obra “Puentes de fábrica y hormigón armado”, es la estructura que elige para representar la tipología de puentes de tramos rectos en España. La primera referencia conocida de este puente es de 1925, por lo que se puede fechar su construcción entre 1905 y 1925.

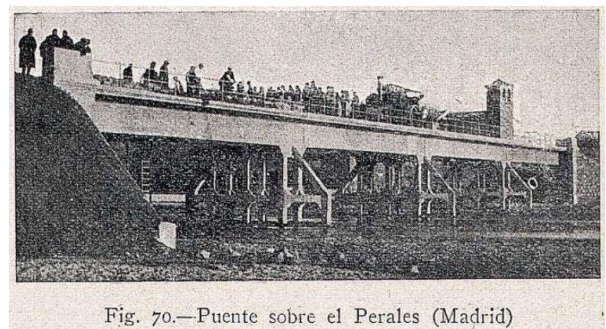


Figura 3. Extracto del Tomo I Puentes de Fábrica y Hormigón armado. E. Ribera

Se trataba de un puente de cinco vanos isostáticos de 16.50 m de luz entre ejes de pilas, configurado mediante un tablero de hormigón armado de 1.50 m de canto total cuya sección corresponde a una losa nervada de 0.30 m de canto y 6.20 m de anchura sobre 3 nervios inferiores de 35 cm de espesor separados 2.10 m entre sí. La luz de los nervios es de 15,00 metros entre apoyos y los vanos no tienen continuidad,

son isostáticos y sin aparatos de apoyo interpuestos.

Lo más significativo del puente eran sus pilas en palizada, formadas por soportes de hormigón armado de sección pequeña (35×35 cm) unidos por travesaños horizontales de la misma sección. Todos ellos conformaban un entramado reticular, con los nudos reforzados mediante cartelas.

El conjunto dibuja una silueta propia de una pila maciza con tajamares. La cimentación de cada pila se resolvía mediante pilotes hincados, sin encepado, de 8,50 m de longitud, que resultaban parcialmente visibles dado el descenso que ha sufrido del lecho del río a lo largo del tiempo, debido en gran parte a la presencia de graveras para extracción de áridos.

La plataforma se distribuía en una calzada central de 4.50 m de anchura, insuficiente para el tránsito simultáneo de dos carriles de circulación, motivo de la necesidad de regulación de tráfico alternativo mediante semáforos dispuestos en ambos accesos a la estructura, y sendas aceras peatonales elevadas, de 85 cm de anchura total cada una.

Este puente estaba sujeto al régimen de protección de Bien Patrimonial Industrial de la CAM desde abril de 2016, siendo necesaria no sólo su conservación sino también su restauración y mantenimiento futuro, quedando prohibida su demolición.

A tal efecto se realizó en 2021 una rehabilitación integral, tanto estructural como funcional, y simultáneamente TORROJA INGENIERÍA redactó el proyecto de un nuevo puente, paralelo a aquel, que aumentaba la capacidad vehicular, para dejar, a la postre el puente histórico para uso peatonal.



Figura 4. Vista del puente tras la rehabilitación de 2021.

3. Las ruinas



Figura 5. Vista de las ruinas desde el estribo norte.

De todo el puente histórico sólo quedó en pie el 5º vano, el más próximo al municipio que, por cierto, se construyó con posterioridad al puente original (4 vanos), sin que se haya podido determinar la fecha de su construcción.



Figura 6. Vista del 5º vano tras la dana.

El resto del puente se vino abajo y la fuerza del agua arrastró varias decenas de metros tramos de tablero como si de unas barcasas se tratara. En la otra margen sólo quedó de pie, medio volcado, parte del estribo norte.



Figura 7. Vista parcial de la ruina del estribo norte.

Dada la protección patrimonial del puente, la Dirección General de Patrimonio de la CAM, dictó una resolución relativa a la “*Propuesta de Extracción y Musealización de restos del Puente de Eugenio Ribera*”, en cumplimiento del artículo 61 de la Ley 8/2023 de Patrimonio Cultural de la CAM.

En ella se instaba a incluir en las actuaciones de emergencia, la consolidación de todas las estructuras que hubiesen quedado en pie y que los estudios técnicos certificasen que se pueden mantener.

En primer lugar, se realizó el apeo provisional del tablero mediante torres metálicas, apoyadas en sendos encepados de hormigón armado de con 8 micropilotes. Sobre las torres se dispuso una viga armada de acero estructural en la que se colocaron gatos hidráulicos de elevación, sincronizados con una central, con el fin de apoyar ligeramente el tablero y evitar su caída en caso de que la pila

dañada pudiera ceder antes de proceder a su cimbrado y posterior reparación.



Figura 8. Vista del apeo de la ruina del tablero.

Demolición parcial de elementos inestables de la pila y reconstrucción volumétrica de los elementos afectados con hormigón armado, conectando los hormigones con armaduras ancladas con tacos químicos. Dado que la pila se encuentra en el límite del DPH, se protegió además la margen restituída con un manto de escollera.



Figura 9. Vista de la ruina rehabilitada.

En cuanto a la ruina del estribo norte, se creó un recinto perimetral de escollera que impida potenciales riesgos de socavación del terreno en que se apoyan las ruinas y que puedan provocar su futuro derrumbe.

Estructuralmente, se consolidó la ruina del muro frontal, mediante aplicación de mortero pétreo de cal y cemento, en aquellas piezas con

riesgo de inestabilidad y cosido posterior de los elementos fracturados mediante varillas de fibra de vidrio. Antes de realizar el cosido y una vez estabilizada la ruina se sellarán e inyectarán las discontinuidades de las fracturas con resina epoxídica.



Figura 10. Vista de la ruina rehabilitada.

El trasdós se consolidó con una dispersión acuosa coloidal de nano sílice para evitar la desagregación del relleno.

Se completó la musealización con la instalación de 2 *totems* informativos que muestran la historia del puente.



Figura 11. Vista uno de los carteles informativos.

4. El paso temporal

En la propia Orden de Contratación se cita que *“se ha de ejecutar un desvío provisional para el paso del tráfico rodado consistente en un terraplén ejecutado de margen a margen del río. Bajo dicho terraplén se concentrarán una serie de marcos prefabricados que permitan el paso del caudal del río. Este desvío debe estar operativo mientras se ejecuten las obras del nuevo puente. Una vez este se encuentre en servicio, el desvío provisional debe ser eliminado”*.

El objetivo primordial era restituir el tránsito vehicular y peatonal entre ambas márgenes del río en el menor tiempo posible.



Figura 12. Vista del paso provisional sobre el río.

Así pues, el desvío provisional se definió con paso alternativo, para reducir la sección. El cambio de sentido se reguló semafóricamente. Además, acogía un itinerario peatonal para permitir el acceso desde el municipio a las instalaciones deportivas y la Ermita de Santa María del Fresno.

La permanencia de la instalación temporal se preveía en torno a 1 año, tiempo necesario para poder reconstruir el puente definitivo; el periodo de retorno elegido para el diseño de la situación temporal fue de 10 años.

Se dispuso una batería de 40 marcos prefabricados de hormigón de dimensiones

libres interiores de 4x2.5m, de 1.5 m de longitud, dispuestos en 4 alineaciones para permitir el flujo del río. Este cruce se construyó unos 100 m aguas abajo de la ubicación del puente colapsado, para permitir la construcción del nuevo sin interferencias, y acortar los plazos de ejecución.

En dos meses estaba operativo el paso temporal, que durante el corto periodo de obras soportó 3 crecidas del río sin incidencias que reseñar.



Figura 13. Vista de los marcos.

5. El nuevo puente

5.1. Juicio de valor

El colapso de las vías de acceso al municipio, con la consiguiente repercusión tanto en el abastecimiento, flujo vehicular y peatonal y del parque de bomberos, produjo una grave perturbación en las condiciones de vida de la población afectada, desde las actividades generadoras de la economía hasta la afección a los desplazamientos de primera necesidad como son los de salud o educación. Esta situación de grave peligro para las personas y bienes junto con la extrema urgencia en la reparación de los daños requirieron una inminente actuación que respondiese a criterios eficientes de funcionalidad. Desistiendo de plantear soluciones con mayor reconocimiento, el claro

objetivo era responder a una situación de emergencia en el menor tiempo posible y sin sobrecostes innecesarios. Construir, en definitiva, una solución fiable y rápida que devolviese el acceso a la población lo antes posible en lo que ha sido una muestra excelente de la función social de la profesión.

Se descartaron soluciones sin apoyos en el cauce por su mayor coste y dificultad constructiva.

Se pensó en soluciones mixtas de luces medias, pero ¿qué ventaja ofrecían respecto a soluciones prefabricadas de hormigón? Quizás la mayor valoración estética, aunque este es un criterio subjetivo que no debe ser predominante en una actuación de emergencia. En contra, sin embargo, presenta mayores costes de conservación.

Con la premisa primordial de la reducción de plazos por las circunstancias de emergencia, se decidió acometer la obra con una solución de tablero de vigas prefabricadas, sustentada en los siguientes criterios:

- Menor costo.
- Facilidad constructiva con medios disponibles a corto plazo.
- Mayor rapidez de construcción.

La solución adoptada para el diseño del nuevo puente estuvo condicionada por:

- La necesidad de ampliar la calzada definitiva de 4 a 7 m para albergar en condiciones de seguridad tráfico simultáneo en los dos sentidos de la circulación, compatible con la propia carretera M-510.
- La necesidad de disponer acera de ancho suficiente para un tráfico peatonal importante, para acceso a las instalaciones deportivas al otro lado del río.
- La necesidad de disponer de un carril bici bidireccional.
- Minimizar los plazos de ejecución para reestablecer el tránsito vehicular y peatonal lo antes posible.

- La condición de definir la altura de rasante por encima de las ruinas del puente histórico, lo que garantiza mayor capacidad hidráulica del nuevo puente.
- Minimizar la afección al cauce resultante tras la obra.
- Diseñar cimentaciones que resistan una avenida extraordinaria como la acaecida en septiembre de 2023.

5.2. Hidrología e hidráulica

En la subcuenca Alberche, las principales crecidas afectaron al río Cofio, arroyo Grande, río Perales y río Alberche (aguas abajo de la presa de Picadas).

En el caso del arroyo Grande se estima que el caudal punta alcanzó 240 m³/s, valor que supera el correspondiente a una avenida con periodo de retorno de 500 años, o lo que es lo mismo, al caudal de una avenida que, estadísticamente, se producirá al menos una vez en un lapso de 500 años.

En el Perales, antes de la desembocadura del arroyo Grande, el nivel del agua alcanzó 2,56 metros, con un caudal punta estimado de 177 m³/s, que corresponde a una avenida con periodo de retorno de 100 años (superior al máximo registrado en toda la serie histórica disponible: 79,7 m³/s en 1979). Durante el año que duraron las actuaciones se produjeron 3 avenidas extraordinarias.

Después de lo sucedido en Valencia y Castilla-La Mancha este año, quizás deberíamos reflexionar sobre la conveniencia de actualizar los datos históricos con los que se diseñan los modelos hidráulicos.

Para el estudio hidrológico se realizó un modelo bidimensional que comprendía desde la convergencia del río Perales con el río Alberche, unos 850 m aguas abajo de la estructura proyectada hasta unos 200 m aguas arriba.



Figura 14. Ámbito de estudio.

Por otra parte, el modelo de HEC-RAS realizado es un modelo de lecho fijo en que se aplican una serie de expresiones para determinar las erosiones. Pero el mismo no puede dar cuenta de otros fenómenos como el transporte de sedimentos entre distintas partes del río y consiguiente modificación morfológica, que podrían completar los cálculos del modelo bidimensional. Por esto se consideró conveniente realizar un modelo complementario de erosión-sedimentación con carácter consultivo, realizado con IBER.

En el modelo bidimensional se obtiene el calado y velocidad en cada una de las celdas de cálculo. Esto permite obtener el perfil de erosiones generales en la alineación del puente y después el valor concreto en pilas y estribos.

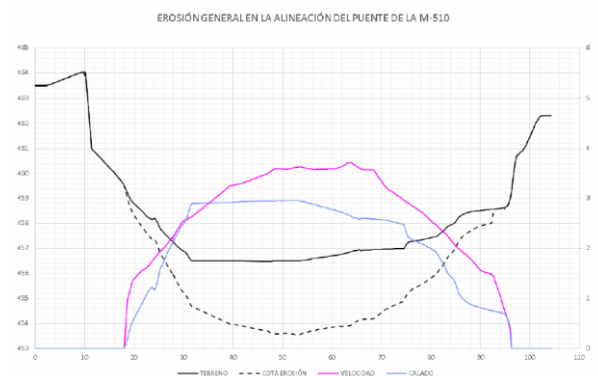


Figura 15. Perfil de erosiones.

Como conclusión se obtuvieron profundidades de socavación local superiores a 6,0 m en las nuevas pilas. Estos valores

condicionaron claramente el diseño de las cimentaciones descartando soluciones de pila-pilote y abogando por cimentaciones con doble batería de pilotes, aunque requiriese mayor afección al cauce.

En el modelo de erosión lo más relevante es la zona de fuerte erosión que el modelo refleja en la zona del estribo norte. Si bien el estudio de erosión previo ya incluía la necesidad de proteger este estribo, este resultado incide en este aspecto particular. En la siguiente imagen se observa la erosión que se produjo por detrás del estribo norte, que estaba prácticamente en el límite del DPH.



Figura 16. Vista de la erosión de la margen tras el estribo.

La causa de esta erosión en el estribo norte puede deberse a la existencia de una confluencia de cauces con efecto dinámico de desvío de las líneas de corriente en dirección del flujo incidente (arroyo Grande).

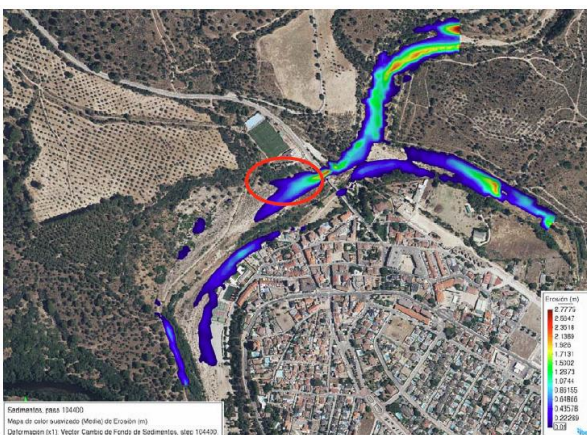


Figura 17. Flujos.

5.3. Descripción de la solución

Se trata de un puente convencional con tablero de vigas prefabricadas de hormigón pretensado.

Se establecen 3 vanos, de 35 m de luz aproximada, ejecutándose 2 pilas sobre el cauce del río Perales y sendos estribos situados fuera del Dominio Público Hidráulico.

Las pilas se definen mediante un cargadero transversal sobre 3 fustes de sección circular por pila, con cimentación profunda mediante pilotes de Ø1180 mm, situados en 2 filas centradas con el eje de los fustes, bajo un encepado rectangular.

La solución adoptada se diseña con estribos abiertos formados por un cargadero o durmiente sobre una fila de tres pilotes de Ø1180 mm ejecutados desde la cota superior del terraplén.



Figura 18. Vista del nuevo puente. En primer plano ruina del puente histórico.

También se proyectan nuevos muros en vuelta, de tierra armada, para la contención lateral de las tierras en el acceso sur. En el acceso norte se disponen aletas en voladizo y terraplenes a ambos lados.



Figura 19. Muros de tierra armada texturizados.

El tablero se definió mediante vigas prefabricadas de hormigón pretensado de sección doble T y 1.86 m de canto, sobre las que se disponen prelosas de 6.5 cm que sirven como encofrado perdido para el hormigonado de la losa de forjado, de 28 cm de espesor mínimo.

La plataforma tiene capacidad para albergar dos carriles de 3.50 m, sendos arcenes de 0.50 m, carril bici bidireccional de 2.50 m, acera peatonal también de 2.50 m y zócalo de 1.0 m para la instalación del pretil de contención.



Figura 20. Vista de la nueva plataforma.

La rasante, que se eleva por encima de las ruinas del puente histórico, se define mediante rectas y acuerdos parabólicos hasta el entronque con la carretera actual en ambas márgenes.



Figura 21. Alzado. Véase el nuevo tablero por encima de las ruinas.

5.4. El drenaje

En los dos accesos, en los que la escorrentía de pluviales vertía directamente al río al alcanzar el punto bajo, situado en el puente colapsado, ahora al tener la nueva rasante en contrapendiente, formando un “lomo de asno” para salvar las ruinas del puente histórico, se hizo necesario recoger y canalizar la escorrentía de la calle de entrada al municipio y de la propia carretera en la margen opuesta, además de la proveniente de la nueva plataforma del puente. Para ello se diseñó una red de drenaje con colectores enterrados y pozos absorbedores interconectados hasta evacuar las aguas en el río. La escorrentía del puente se evacúa por imbornales conectados a sendos colectores colgados del tablero y conectados tras los estribos a la red de drenaje.



Figura 22. Vista del lomo de asno de la nueva plataforma.

5.5. Integración en el medio urbano

Al tratarse de un puente periurbano se cuidaron los detalles de urbanización para la integración en el medio. A continuación se presentan algunas imágenes de los acabados.



Figura 23. Conexión con la Ermita de Santa María del Fresno.



Figura 24. Entrada al municipio.



Figura 25. Parque de la noria.

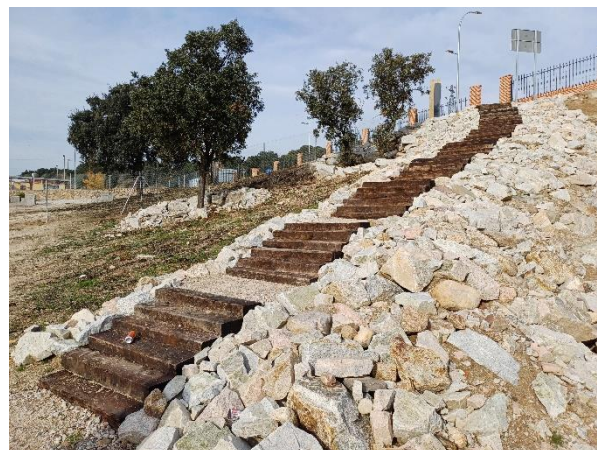


Figura 26. Escalera de acceso al cauce.



Figura 27. Placa conmemorativa.

Agradecimientos

- Al equipo de FERROVIAL CONSTRUCCIÓN S.A. por ejecutar la construcción en el tiempo previsto y conforme al proyecto redactado simultáneamente.
- Al Ayuntamiento de Aldea del Fresno por su colaboración activa en todo el proceso de las obras.
- Al personal de la DGC de la Comunidad de Madrid responsable del proyecto, por su inestimable soporte para el correcto desarrollo de los trabajos.