

“PUENTE DE LOS POETAS” SOBRE EL RÍO DUERO EN LA CIUDAD DE ZAMORA

Javier MANTEROLA ARMISÉN

Dr. Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado, S.L.
jmanterola@cfcsl.com

Javier MUÑOZ-ROJAS FERNÁNDEZ

Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado, S.L.
jmrojas@cfcsl.com

Sara FERNÁNDEZ ALONSO

Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado, S.L.
sfernandez@cfcsl.com

Juan Antonio NAVARRO G. VALERIO

Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado, S.L.
janavarro@cfcsl.com

Jesús MARTÍN ALMEIDA

Ingeniero de Caminos
Junta de Castilla y León.
maralmje@jcyl.es

Esther FELIPE AMIGO

Ingeniero de Caminos
Junta de Castilla y León.
rodbrada@jcyl.es

David RODRÍGUEZ BRAGADO

Ingeniero de Caminos
Junta de Castilla y León.
rodbrada@jcyl.es

Salvador HERNÁNDEZ

Ingeniero de Caminos
INZAMAC.
salvadorhernandez@inzamac.es

RESUMEN

Este nuevo cruce sobre el río Duero en la ciudad de Zamora se realiza para recoger el tráfico del puente medieval. Al ser necesario realizar nuevos viales para conectarlo con el tejido urbano se ha convertido también en un eje que marca la expansión de la ciudad hacia el Oeste. La longitud total del puente es de 424.5 m. Tiene 6 vanos, los tres sobre el cauce de 92 m. El tablero de hormigón pretensado, en hormigón blanco estructural, tiene sección cajón de 14.7 m de anchura de canto variable construida por avance en voladizo. En la margen izquierda se realiza una zona especial con una estructura en rotonda para conectar con los viales. La proximidad al centro histórico y al puente medieval ha sido un fuerte condicionante en su diseño, asemejando a una arcada múltiple con potentes huecos sobre pilas a modo de arquillos de aligeramiento.



PALABRAS CLAVE: Voladizos sucesivos, hormigón blanco estructural, rotonda elevada

1. Antecedentes

Los habitantes de la ciudad de Zamora llevaban demandado décadas un nuevo cruce sobre el río en la zona histórica de la ciudad para descargar el tráfico de coches que circulaba por el puente medieval, el puente de Piedra y para mejorar las condiciones que este aportaba al movimiento de los vehículos.

La iniciativa municipal fue apoyada por la Junta de Castilla y León, que convocó un concurso para realizar el estudio del nuevo cruce en el año 2004. La primera fase consistió del estudio se centró en fijar el emplazamiento más adecuado para el nuevo puente, desde el punto de vista del tráfico, urbanístico y de respeto del patrimonio histórico del entorno. Esta fase se mostró especialmente importante ante el fuerte debate ciudadano que existía alrededor del nuevo puente, un tema controvertido en la ciudad.

El emplazamiento que finalmente fue acordado tras estos estudios, consensuado entre todos los implicados en el proyecto, fijó la situación del nuevo puente aproximadamente 1 km aguas debajo del puente de Piedra circunvalando el Barrio de Olivares sin afectarlo, de manera que se alejaba lo suficiente de los elementos históricos de la zona para no entrar en conflicto con ellos. Los nuevos viales que eran necesario crear para conectar la obra con la red existente implicó a su vez un reajuste del PGOU de la ciudad, en el que se aprovecharon estos viales como elementos configurantes de la expansión de la ciudad hacia el Oeste.

Por ello las obras del nuevo proyecto han implicado además del puente en sí, la ejecución de varios km de nuevos viales y las obras de urbanización contiguas a los mismos.

CFC llevó a cabo el desarrollo del proyecto constructivo del puente y estuvo al frente de la dirección de las obras de construcción del conjunto que tuvieron lugar entre el año 2010 y el 2013 .

2. Planteamiento de la solución

En paralelo al estudio del emplazamiento de la nueva obra se realizaron estudios de alternativas de la solución constructiva y formal del puente en cada emplazamiento. Una vez elegido su situación, tres alternativas fueron las que finalmente se entraron a discutir para este emplazamiento: un puente atirantado desde un mástil único sobre la

isla y dos vanos, una puente en celosía con una configuración modernas con sección en Z con el cordón superior funcionando como cubrición de las zonas peatonales y finalmente soluciones en arco, en realidad vigas de canto variable, con apoyos deslizantes.

Sopesándose los pros y los contras de cada una de ellas, se terminó decidiendo que la solución más adecuada era la primera de las soluciones de arco, de tamaño y luz moderada que encaja perfectamente bien con la morfología y dimensiones del río

En la siguiente fase se profundizaron los estudios sobre la tipología constructiva y el encaje final de vanos del puente seleccionado. Para lo primero se compararon tableros formados por varias vigas, a modo de cuchillos de canto de variable y la de sección cajón. Con respecto a la distribución de luces, se tantearon vanos entre 70 y 120 m.

Finalmente se adoptó una solución con tablero en sección cajón rectangular con vuelos laterales con vanos sobre el río de 92 m, disminuidos progresivamente a 70 y 50 m fuera del cauce en la margen derecha al salvar un parque de ribera hasta enlazar con los viales de nueva creación.

La elaboración de esta solución ha dado lugar a una solución, que podíamos llamar clásico-moderna que satisface todas las exigencias de encaje visual en el río y en la ciudad, manteniendo, eso sí, las dimensiones propias de un puente contemporáneo. Un dintel continuo de canto muy variable que se asemeja a una arcada múltiple y disponiendo unos grandes huecos circulares, un guiño a los arquillos de descarga de los puentes de fábrica, constituye una realización en la que finalmente han desembocado todos los deseos y opiniones, y la inquietud que planteaba una nueva obra tan próxima al monumental centro histórico de la ciudad.

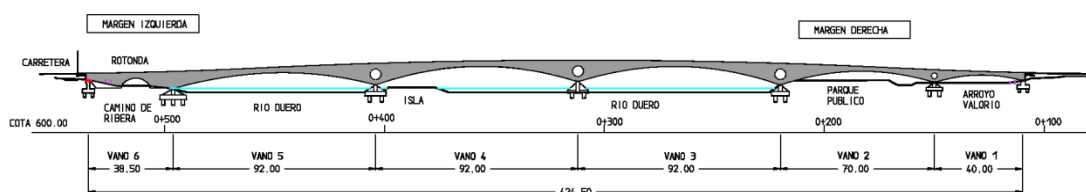


3. Descripción del puente

3.1. Trazado

El puente en planta es curvo, con un radio de curvatura constante de 650 m. En alzado presenta un acuerdo vertical con un vértice en el centro del cauce, con pendientes desde las márgenes del 4%.

Contando desde la margen derecha la distribución de vanos es 40,0+70,0+3x92+ 38,5 m. con un total de 424.50 m. de longitud. Los dos primeros vanos de la margen derecha discurren por encima de las márgenes del río donde sobre un parque público y el arroyo Valorio, un afluente del Duero. En la margen izquierda coincidiendo con el último vano se conforma una rotonda de enlace para lo cual aparecen dos nuevos vanos curvos unidos a la obra principal de 41.6 y 31.5 m de luz

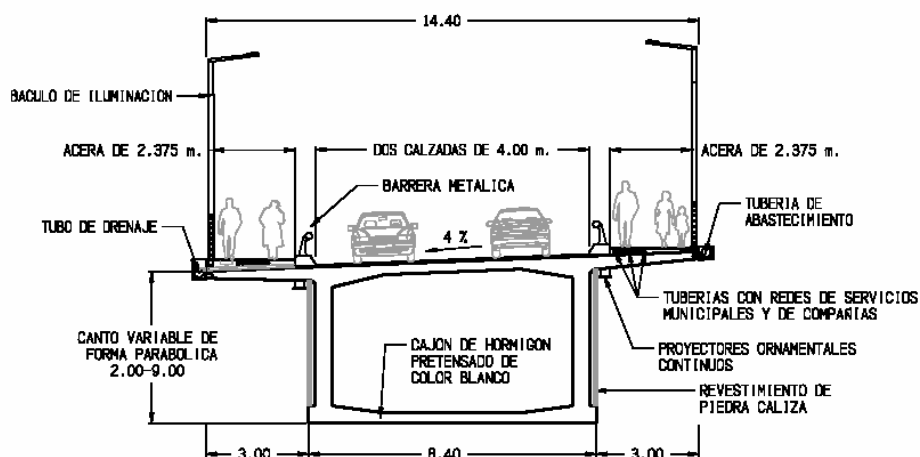


La sección transversal del cajón del tronco es de 14,7 m. donde se alojan dos aceras de 3,35 m con carril bici y dos calzadas bidireccionales de 4,00 m. El peralte transversal es el 4%. Los ramales tienen una anchura de 10.50, alojando dos carriles unidireccionales y una acera exteriores de 3.35 m

3.2. Tablero

El tablero se configura con una viga continua de canto variable con sección cajón de hormigón pretensado. El canto varía entre 9.00 m sobre apoyos y 2,4 m en centro de vano. La fuerte variación de canto en apoyo, alejada de los valores habituales para esta obra, surge de la intención que en el contacto con el río no aparezcan las pilas y refleje la imagen de una arcada múltiple.

Las almas están separadas 8,00 m. y son de 30 cm. de espesor. La losa inferior es constante a lo largo de la luz y de 30 cm. de espesor con amartelamientos en la unión con las almas. La losa superior presenta esta misma disposición, con vuelos laterales que varían de 30 a 20 cm de espesor. El borde inferior del cajón presenta un resalto de 0.50 m de altura. Este elemento estaba previsto inicialmente como elemento de remate del chapado de piedra caliza y cuando se eliminó este revestimiento se decidió mantener este recocado para marcar el intradós del arco.



En las secciones sobre apoyos se han creado unas grandes aperturas circulares en las almas del cajón, a modo de los arcos de aligeramiento de los puentes de fábrica. Estos grandes elementos proporcionan una gran transparencia a la obra y contribuyen, con la iluminación nocturna a crear una imagen potente y singular de la obra. Su comportamiento estructural fue verificado por modelos de elementos finitos que mostraron que el comportamiento de la viga continua se veía poco afectado por esta apertura. La losa inferior con su fuerte inclinación y el propio tambor introducen sin problema las reacciones verticales en los apoyos, sustituyendo el trabajo de cortante de las almas/diafragmas.



3.4. Infraestructura

Como se ha referido se han evitado pilas, apoyando directamente el tablero sobre los encepados de cimentación cuya parte superior, con caras laterales a modo de plinton sobresalen por encima del nivel de aguas medias y sirven para marcar el apoyo del tablero que se realiza por una alineación de apoyos de neopreno zunchado excepto en las pilas fuera del agua y próximas al E1 que son apoyos del tipo “pot”.



Dadas las características del subsuelo la transmisión de cargas al terreno al terreno de las reacciones de la estructura se han resuelto por medio de cimentaciones profundas con pilotes de extracción debidamente empotradas en las capas de areniscas que aparecen por debajo de los acarreos fluviales. La tensión fijado ha sido de 40 Kg/cm². La ejecución de los pilotes se ejecutó con camisa recuperable. La cimentación de proyecto, por medio de pilotes de 1,5 m de diámetro, fue optimizada durante la obra a propuesta de la constructora por pilotes de 1.80 m para reducir su nº y en consecuencia el tamaño de los encepados. El nº de pilotes por encepado oscila entre 8 (P-5), 6 (P3-P4) y 4 el resto.

El estribo de la margen derecha es tradicional con muros frontales de 2.0 m. sobre 8 pilotes de 1.2 m. En la otra margen se disponen tres estribos para el apoyo del tronco y los ramales, conectados por muros circulares para cerrar la geometría de la rotonda.

4. Proceso de construcción

Para ejecutar las cimentaciones sobre el río se realizaron accesos provisionales con relleno provisionales, con una batería de marcos para la circulación del agua. Una vez ejecutados los pilotes desde penínsulas, se realizaron recintos tablestacados para la ejecución de los encepados de las cuatro pilas situadas en el cauce.

Los tramos de tablero situados fuera del cauce se realizan con cimbra apoyada en el suelo. Las dovelas de arranque se realizaron con cimbra apoyada en la propia cimentación en tres fases. El tambor circular se ejecutó en dos fases.



El resto de vanos se realiza con la técnica de avance en voladizo, empleando carro de avance y hormigonando las dovelas “in situ”. Por necesidades de plazo se emplearon dos juegos de carro actuando simultáneamente. Los carros empleados, de 80 T, permitieron hacer las dovelas de 4.6 m previstas en proyecto con un ciclo de dovela por semana.





Para estabilizar los voladizos de estas pilas se han previsto dos filas de apoyos a 3.50 m del eje de la pila. Sobre ellos se realizan dentro del cajón sendos diafragmas auxiliares.

5. Equipamientos y Terminaciones

El drenaje de la plataforma se realiza mediante canaletas longitudinales colocadas en el borde de las calzadas a modo de bordillos. En los bordes de las aceras se disponen barandillas metálicas. El tráfico se separa de las zonas peatonales por medio de defensas de reducida altura.

La iluminación funcional del puente se realiza desde báculos situados en la acera. La iluminación ornamental se realiza por vía doble:

- Los huecos sobre pilas se iluminan interiormente con proyectores situados en el interior de los mismos
- Los laterales de la obra por medio de proyectores lineales led colocados en el borde de los vuelos que crean una cortina de luz uniforme sobre sus paramentos blancos

Los paramentos del puente y estribos estaba previsto que fueran revestidos por paneles de piedra caliza para conseguir un acabado de gran calidad. Sin embargo la comisión de Patrimonio de la ciudad decidió que no se colocaran. Para conseguir un aspecto limpio y de calidad se empleó hormigón blanco en todo el tablero y un encofrado de madera de cuidada ejecución.



Finalmente en la margen izquierda se ha acondicionado un paseo peatonal bajo el arco y la rotonda en estructura, ajardinando las zonas interiores, y en la margen derecha se ha creado un itinerario peatonal desde el final del puente hasta el borde del río por medio de una pasarela peatonal de madera

Cuadro resumen

- Longitud total: 424.50 m (40,0-70,0-3x92-38,5). Anchura: 14.4 m. Canto: 9.0-2.4 m
- Tablero: Hormigón blanco H-50: 6395 m³ / Pretensado Y1860: 212 T / Armadura AP 500 S: 1694 T

Ficha técnica.

1. Proyecto:

Propiedad: Junta de Castilla y Leon: Jesús Martín Almeida. / Ayuntamiento de Zamora: Roberto García.

Redacción: CARLOS FERNANDEZ CASADO S.L.: Javier Manterola, Javier Muñoz-Rojas, Juan Antonio Navarro, Hector Faúndez.

2. Construcción:

Propiedad: Junta de Castilla y Leon/PROVILSA: Jesús Martín Almeida, Esther Felipe, David Rodriguez.

Dirección de Obra:

- CARLOS FERNANDEZ CASADO S.L: Javier Manterola, Javier Muñoz-Rojas, Sara Fernández.
- INZAMAC: Salvador Hernández.

Construcción: UTE Zamora (FCC-Arcebansa): Luis Mayo, Rogelio Bernaldez.