

Puente sobre el río Duero en Zamora

José María de Villar
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
José A. Torroja, Oficina Técnica, S.A.

La nueva autovía del acceso Sur de Zamora, que conecta la carretera de Salamanca con la red viaria de la ciudad a través de la Avda. del Cardenal Cisneros, cruza el río Duero aguas arriba del Puente de Piedra, en las proximidades del Club Náutico de la ciudad.

En los estudios iniciales del proyecto, se preveía la implantación de un puente de una longitud total de 250 m, necesaria para salvar la anchura del cauce del río y permitir el paso del caudal previsible de máximas avenidas, estableciéndose en la margen derecha un estribo, a partir del cual se continuaba en terraplén hasta alcanzar la Avenida del Cardenal Cisneros.

Sin embargo, esta idea inicial se ha modificado en el proyecto constructivo desarrollado. La razón de este cambio estriba en el valor paisajístico de la zona que habría de atravesar el terraplén anteriormente citado entre la orilla del río y la Avenida del Cardenal Cisneros. Esta zona está ocupada por un parque, llamado de los Tres Arboles, que a nuestro juicio resulta ser de lo más característico de Zamora en su contacto con el río. El Duero no pasa por Zamora, como ocurre en otras ciudades, encauzado entre dos muros, con calles y edificios adyacentes a los mismos; Zamora se asoma al Duero a través de una extensa zona boscosa, que discurre a lo largo de su margen derecha, y que la propia ciudad, siempre escasa de parques interiores, ha utilizado como elemento de esparcimiento. La solución inicial hubiera representado el establecimiento de una verdadera barrera en la zona de los Tres Arboles, rompiendo el carácter de esta zona y perdiendo para la ciudad, aunque fuese solamente en una cierta franja, un parque natural que se juzga necesario mantener. En consecuencia, el puente sobre el Duero se ha prolongado por la

margen derecha hasta entroncar con la actual Avenida del Cardenal Cisneros, dando origen a la aparición, dentro de la unidad de la obra, de dos tramos de carácter fuertemente diferenciado.

—El tramo sobre el río Duero, conexión del medio rural de la margen izquierda con el borde del parque urbano, en el que la estructura debe responder: a exigencias técnicas, derivadas de la construcción de sus diferentes partes, cimentaciones, pilas y tablero en presencia de un importante curso de agua de aproximadamente 100 m de anchura; a exigencias estéticas, pues aunque no integrado en el medio urbano, sí va a constituir un elemento de importante peso en cualquier perspectiva de la ciudad, desde la margen izquierda; y, finalmente, a exigencias económicas, propias de cualquier realización.

—El tramo sobre el Parque de los Tres Arboles, que atraviesa una zona eminentemente urbana que, tratada correctamente, debe convertirse en área de recreo y expansión ciudadana, con una gran riqueza forestal que no sólo hay que conservar sino potenciar. En este caso, la respuesta de la estructura debe centrarse en satisfacer las exigencias estéticas, debiendo primar en su diseño los criterios tendentes a conseguir su integración en el entorno como elemento urbanístico positivo de la zona.

Se trata, por tanto, de dos puentes diferentes, uno a continuación de otro, con tipologías muy distintas, radicando el mayor problema del diseño en su ligazón e integración, procurando, paradójicamente, la separación clara de ambas estructuras. Este problema se ha resuelto situando entre los dos puentes un elemento, de importante volumen formal, que se denomina pila-estribo y al que nos referiremos más adelante.

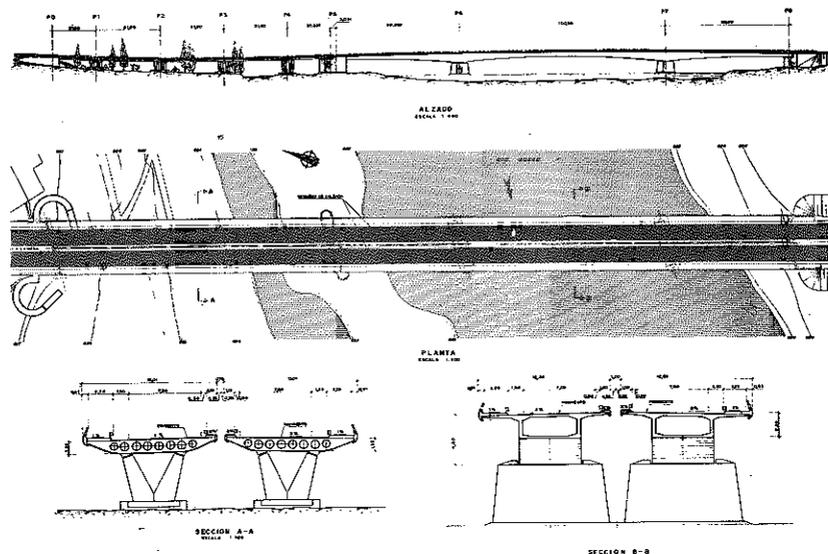


Fig. 1. Plano general del puente completo.

El puente sobre el cauce del río se ha resuelto con una tipología correspondiente a tablero continuo de tres vanos, de canto variable y luces de 60-100-60 m, construido por dovelas sucesivas hormigonadas "in situ", apoyado en pilas, estribo y pila-estribo.

El tablero es doble, uno para cada calzada de la Autovía, siendo su sección un cajón monocelular de 6,00 m de anchura que se prolonga lateralmente, en la parte superior, con dos voladizos de 3,55 m —el exterior— y 2,65 m —el interior—, para conseguir una anchura total de 12,20 m capaz de albergar una plataforma compuesta por calzada de 7,00 m, arcén exterior de 1,5 m, andén exterior de 2,25 m, arcén interior de 0,5 m y andén interior de 1,0 m. El canto del cajón varía desde 4,80 m sobre pilas hasta 2,30 m en el centro y sobre estribos, siendo sus almas de espesor constante de 0,35 m.

Las pilas se han establecido siguiendo la dirección media del río en esta zona. Ello obliga a un cierto esviaje, que se ha adoptado para toda la obra, al coincidir prácticamente con la orientación de los paseos en el propio Parque de los Tres Arboles. De esta forma se reduce al mínimo la distorsión de la corriente de agua y la posibilidad de socavación consiguiente. Su altura se ha definido de forma que todo el tablero quede por encima de la cota de máximas avenidas medidas en la zona. Las dos pilas son formalmente iguales, constituidas por dos fustes huecos, en tronco de pirámide, terminados lateralmente por troncos de cono. La situada en la margen derecha lleva un macizado superior en el que se dispone la articulación con el tablero, a través de una rótula de hormigón con armadura pasante colocada normalmente al eje del puente, constituyendo el punto fijo de la estructura. La pila de la margen izquierda lleva en su interior un péndolo, formado por una pantalla de hormigón armado de 0,50 m de espesor, orto-

gonal al tablero, con rótulas tipo Freyssinet en las conexiones con el tablero y el encepado, para permitir los movimientos de aquél debidos a retracción, fluencia y temperatura. El encepado, común para la pareja de pilas correspondientes a los dos tableros, es de 2,00 m de espesor por 6,50 m de anchura, y apoya sobre un conjunto de pilotes de 1,20 m de diámetro, perforados y hormigonados "in situ", hasta una profundidad de 16,0 m.

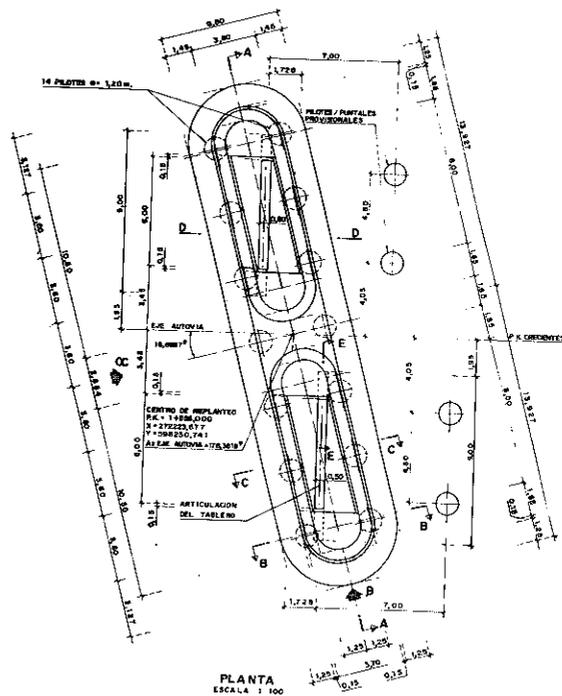


Fig. 2. Plano detalle de la Pila - Péndolo - (Planta).

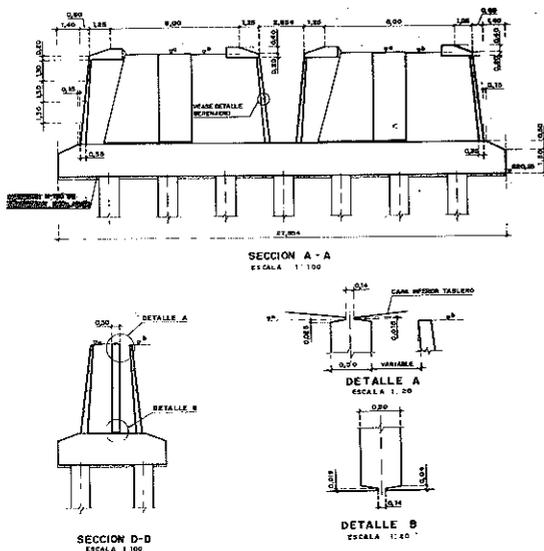


Fig. 3. Plano detalle de la Pila - Péndolo - (Secciones).

El estribo de la margen izquierda se ha establecido siguiendo el esviaje general de la obra, y va cimentado, asimismo, sobre pilotes, de 0,80 m de diámetro en este caso.

La pila estribo sigue el esviaje del resto de los apoyos. Con sus dimensiones de 35 m de longitud por 4,45 m de anchura en su alzado, sirve de pausa entre las dos tipologías diferenciadas. Está constituida en esencia por dos muros frontales, completados lateralmente por semicilindros y cerrados superiormente por una losa, bajo los niveles de apoyo de los dos tableros. Su cimentación se ha resuelto sobre pilotes de 0,80 m de diámetro.

El pretensado, realizado por C.T.T. (Centro de Trabajos Técnicos, S.A.), consta, para cada tablero, de 48 tendones superiores por pila, 11 tendones de continuidad en los vanos laterales y 19 tendones de continuidad en el vano central. Cada tendón está formado por 11 cordones de 15 mm de diámetro (11 ϕ 0,6").

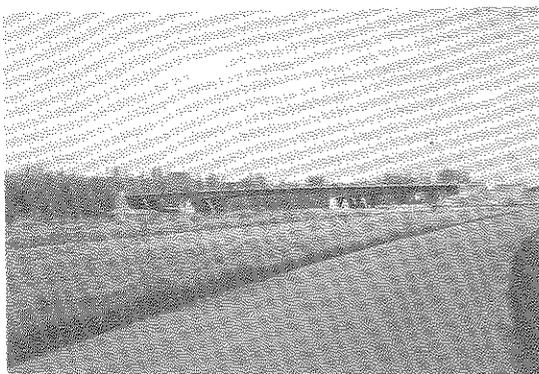


Fig. 4. Vista general: tramo sobre el cauce.

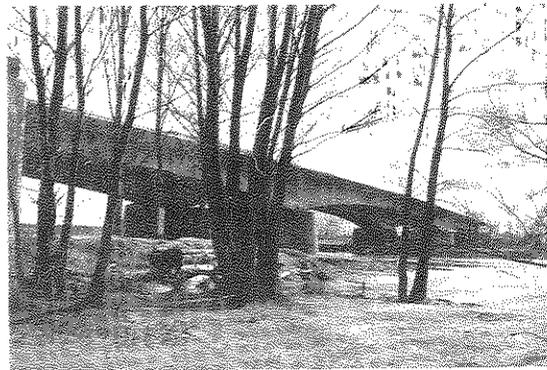


Fig. 5. Vista del puente de voladizos.

El puente sobre el parque de los Tres Arboles, responde a una tipología de losa continua de canto constante de 21,0 + 3 x 31,0 + 21,0 m de luces, construida mediante cimbrado convencional, sustentada en la pila-estribo, pilas y estribo derecho, mediante apoyos de neopreno-teflón.

Las dos losas son de sección aligerada mediante tubos de 0,80 y 0,70 m de diámetro que definen nueve nervios en los que va dispuesto el pretensado longitudinal, continuo de extremo a extremo del tablero. La anchura total de cada losa es de 12,20 m, con distribución de la plataforma igual que la descrita anteriormente. El canto es de 1,25 m, decreciendo suavemente hacia los bordes, de acuerdo con la forma en góndola de la sección.

Por motivos estéticos, se ha pretendido dar un tratamiento especial de textura y color a las superficies vistas del hormigón de los tableros y de los muros del estribo situado en esta margen derecha, por lo que se ha ideado sustituir los correspondientes encofrados por unas placas de hormigón, prefabricadas, de textura muy rugosa y color ocre-rojizo, similar al de las calizas existentes en la zona, con las que está construida la pequeña ermita situada a pocos metros del estribo. Las placas, de 8 cm de espesor, reproducen fielmente las zonas curvas del tablero y llevan en su parte interior unos conectores para asegurar su unión al hormigón estructural vertido sobre ellas.

Las impostas se han diseñado con formas exteriores curvas, adaptadas al aspecto general del tablero. Son de hormigón blanco, para realzar el contraste con el color de las placas. La misma imposta se utiliza a lo largo de todo el puente, tanto sobre el Parque como en el tramo sobre el cauce del Duero, bordeando incluso la pila-estribo, sirviendo de elemento de continuidad entre las dos estructuras, remarcando la unidad del conjunto.

Las pilas, formadas por dos brazos que se abren en forma de V, están establecidas siguiendo el esviaje general de la obra. Los encepados de las mismas apoyan sobre un conjunto de seis pilotes de 0,80 m de diámetro, y se utilizan para disponer

unos bancos, formados por piezas prefabricadas de hormigón blanco, de modo que se consiga al mismo tiempo integrar estas pilas en el parque, con una clara utilidad para los usuarios del mismo.

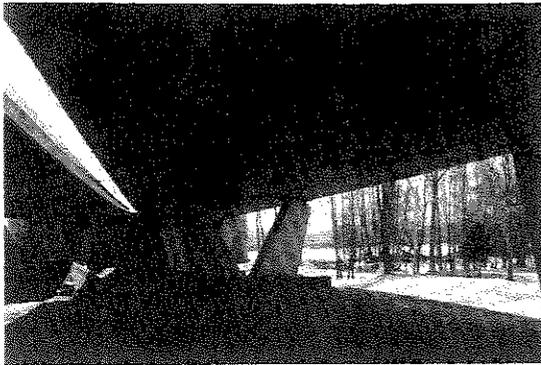


Fig. 6. Vista inferior del tablero en la zona del parque.

El pretensado de este tramo es continuo de extremo a extremo del tablero y discurre por los nueve nervios existentes en cada losa. Está formado por cuatro tendones de 10 cordones de 15 mm de diámetro ($10 \phi 0,6''$), situados en los siete nervios centrales, y por dos tendones de las mismas características en los dos nervios exteriores.

Siguiendo con el objetivo de integrar la obra en el entorno del parque, se han proyectado unos accesos peatonales desde el puente al parque, mediante dos pasarelas que partiendo del estribo de la margen derecha bajan helicoidalmente, con pendiente inferior al 10 por 100 y planta circular, de 8,0 m de radio. Estructuralmente son losas de hormigón armado, de 0,8 m de canto y 2,25 m de anchura, de 26,0 m de longitud desarrollada, apoyadas en el centro sobre un pilar cilíndrico. Lateralmente, las losas se rematan con las mismas piezas de imposta de hormigón blanco utilizadas en el resto de la obra.

La obra fue construida por la empresa Sala Amat, siendo el Jefe de Obra D. José Ramón Jiménez. Los Ingenieros Directores de la obra fueron, sucesivamente, D. Angel Gutiérrez y D. Luis Atance.

RESUMEN

El puente soluciona el cruce de la Autovía del Acceso Sur de Zamora sobre el río Duero y el parque de los Tres Arboles situado en la margen derecha del río.

En el proyecto se ha prestado especial atención

a la integración de la obra en el entorno, distinguiéndose dos zonas de diferente carácter: el cruce sobre el propio cauce del río y el cruce sobre el parque urbano, que han recibido un tratamiento diferenciado en cuanto a la tipología, formas, texturas y colores de las estructuras proyectadas.

El cruce del propio cauce se realiza mediante un puente continuo de tres vanos, de luces $60 + 100 + 60$ m, construido por avances sucesivos, con dovelas hormigonadas "in situ". Los tableros, uno para cada calzada de la autovía, son vigas de canto variable con sección en cajón monocelular, articulados en una de las pilas y doblemente articulados en la otra, a través de un péndulo de hormigón armado que permite absorber los movimientos de la estructura.

El cruce sobre el parque de los Tres Arboles, se realiza mediante una losa aligerada, de hormigón pretensado y canto constante, con luces de $21 + 3 \times 31,0 + 21,0$ m, construida sobre cimbra convencional, sustituyendo el encofrado por unas placas prefabricadas de hormigón, con tratamiento de color y textura.

SUMMARY

The bridge solves the crossing of Zamora's South Access over Duero river and the "Tres Arboles" park which is placed on the right side of the river.

The integration of the work in its surroundings has been specially studied in the project. Two zones of a different nature can be differentiated: the crossing over the river itself and the crossing over the urban park. The structures have received a different treatment in their typology, forms, textures and colours.

The river-course has been saved by a three span continuous bridge with a centre span of 100 m and side spans of 60 m. It is a cantilever bridge with cast-in place segments. The decks, one in each roadway, are beams with varying depth and single-cell box section. They are articulated in both piers and one of the piers is also articulated in its foundations in order to absorb the structure's movements.

The crossing with "Tres Arboles" park is solved by a prestressed hollow core concrete slab with constant depth. It has three centre spans of 31 m each and side spans of 21 m. It was constructed with a conventional centering, replacing the formwork elements by precast concrete plates with an adequate treatment to their colour and texture.