

PUENTE SOBRE EL DANUBIO EN VIDIN (BULGARIA)

Javier MANTEROLA ARMISÉN

Dr. Ingeniero de Caminos

Carlos Fernández Casado, S.L.

jmanterola@cfcsl.com

Juan A. NAVARRO

Ingeniero de Caminos

Carlos Fernández Casado, S.L.

janavarro@cfcsl.com

Antonio MARTÍNEZ CUTILLAS

Dr. Ingeniero de Caminos

Carlos Fernández Casado, S.L.

amartinez@cfcsl.com

José L. ÁLVAREZ POYATOS

Ingeniero de Caminos

FCC.

jjalvarez@fcc.es

Resumen:

El puente sobre el Danubio presenta tres zonas suficientemente independientes: 1ª Zona. Cruce del brazo principal del río, con una libre de 180 m, establecemos 3 vanos principales, con sus compensaciones correspondientes en el brazo principal. 2ª Zona. Cruce sobre el ramal secundario del río; la luz elegida es de 80 m. 3ª Zona. Puente de ferrocarril. Es una estructura de 8,6 m de anchura formada por dos vigas longitudinales de 1,9 m de canto y 1,0 m de ancho, relacionadas entre sí por una losa de 30 cm de espesor y unas vigas transversales de 80 cm de canto.

Palabras Clave: .

Puente continuo extradosado. Tablero de hormigón pretensado. Construcción por dovelas prefabricadas en voladizos sucesivos.

1. Planteamiento general

Nuestra propuesta se apoya en dos ideas básicas:

1.1 1ª Idea – Concepción viaria del puente

El concepto básico que soporta toda nuestra propuesta para el puente mixto, carretera y ferrocarril sobre el río Danubio se basa en instalar el ferrocarril, entre las dos calzadas de carretera, en el eje del puente.

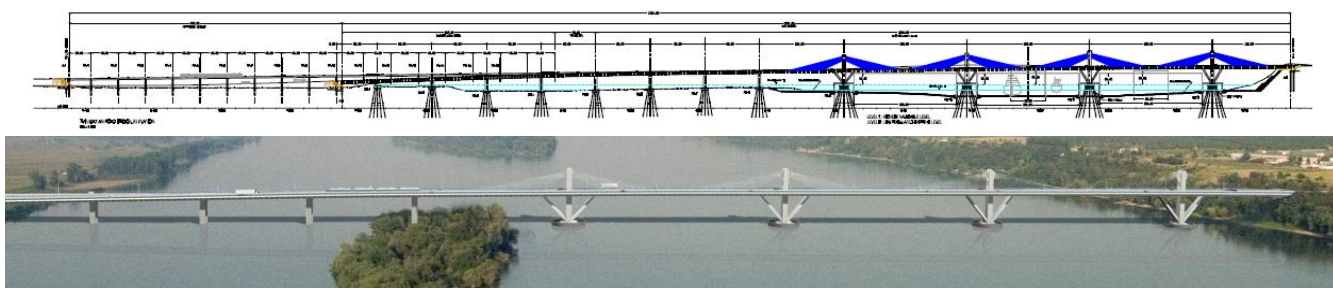


Fig. 1

Este planteamiento tiene en nuestra opinión muchas ventajas. Se realiza un solo puente en lugar de dos, la carga del ferrocarril actúa en el eje del puente, con lo que no existe desequilibrio transversal de cargas y la instalación del puente en el río es mucho más hermosa.



Fig. 2

ferrocarril, mucho más larga que la de la carretera, por su mucha menor pendiente, se monta sobre el viaducto de carretera con elegancia y simplicidad, utilizando siempre la misma estructura resistente.

Esta idea crucial se armoniza perfectamente con la concepción general de la ordenación de los vanos sobre el río.

1.2 2ª idea – Concepción estructural del puente

El puente sobre el Danubio que se presenta resultó ganador en un Concurso Internacional de Proyecto y Construcción conjuntamente por FCC y Carlos Fernández Casado SL. Morfológicamente el diseño del puente presenta tres zonas suficientemente independientes:

1.2.1 1ª Zona. Cruce del brazo principal del río



Fig. 3

suficientemente con un paisaje plano y coste excesivo.

Saltar el río en dos saltos, disponiendo una pila en medio, produce una subdivisión inadecuada del cauce. Por razones de armonía y estética, siempre los ríos se dividen en número impar de vanos, nunca pares, desde el Renacimiento hasta la actualidad. Esta subdivisión resultaría únicamente adecuada si el tráfico marítimo fuese tan enorme que, como en una autopista terrestre, se necesitan las direcciones perfectamente separadas y esto no solo debería ocurrir en el paso bajo el puente sino en una gran parte de su recorrido, lo cual normalmente no se puede obligar a la navegación,

Durante el cruce del brazo principal del río, la rasante del puente de carretera coincide con el de ferrocarril. A partir de la isla, la mucha menor pendiente del puente de ferrocarril que el de carretera, obliga a que ambas vías se separen, el de ferrocarril utiliza una estructura formada por dos vigas longitudinales y una losa transversal, soportada sobre dos pilares cilíndricos que se apoyan en el puente principal de carretera. En esta estructura sigue el ferrocarril hasta su terminación en el terraplén de acceso propio. A esta estructura le es muy fácil puentear la autopista cuando los trazados en planta deben cruzarse. No hay sino que poner pórticos transversales.

Mirado desde Bulgaria, ferrocarril y carretera tienen su trazado independiente. La estructura del

Esta es la zona navegable del río, donde es de obligado cumplimiento, dejar tres canales de 150 m de anchura para el paso de navegación. Y este es el primer condicionante cumplido. Si elegimos una luz libre de 180 m, además de cumplir las exigencias de paso, establecemos 3 vanos principales, con sus compensaciones correspondientes en el brazo principal.

El número de divisiones del tramo principal es fundamental. Podrían ser una, dos, tres y más. Saltar el río de una sola vez es perfectamente posible, pero a nuestro entender resulta una estructura excesiva, pilas demasiado grandes, tirantes significativos que no armonizan

pues la profundidades del río no suelen ser iguales en todos los lados. Razón esta por la cual esta división puede llegar a ser confusa en lugar de clara.



Fig. 4

formado por una viga cajón de hormigón de 7,2 m de anchura, sobre la que va a circular el ferrocarril y dos calzadas laterales, referidas a la viga cajón con puntales inclinados, sobre los que pasa la carretera.

El mismo dintel se desarrolla a lo largo del cauce principal del río y del secundario. Para este último, en el que el vano elegido es de 80 m, como luego justificaremos, su dimensionamiento es perfecto.

En cambio, en el cruce sobre el brazo principal del río, es evidente, que con 4,00 m de canto es imposible saltar 180 m. Y aquí aparece otra de las características fundamentales de nuestro diseño y que lo llenan de sentido estético y estructural. Disponemos un atirantamiento extradorsal instalado en la separación entre la carretera y el ferrocarril, que permite mantener el dintel común para todo el río. Los tirantes se separan entre sí 8,5 m, con lo que colaboran en la rigidez a torsión cuando el tráfico de carretera así lo requieran.

Este atirantamiento es de poca altura y se apoya sobre una pila que soporta el dintel en su parte inferior y que lo sobrepasa por los lados hasta alcanzar una altura de 19,4 m desde donde se lanzan los tirantes.

Como hemos dicho, tres vanos principales es lo que produce gran armonía en la subdivisión del cauce y crea, según la normativa establecida para este proyecto, la capacidad de navegación necesaria bajo el puente ideal.

Debido a esta doble adecuación, elegimos esta subdivisión.

Con respecto al diseño del puente, conviene establecer un concepto complementario que unifica todo el puente sobre el río. Elegimos un dintel de canto constante de 4,00 m,

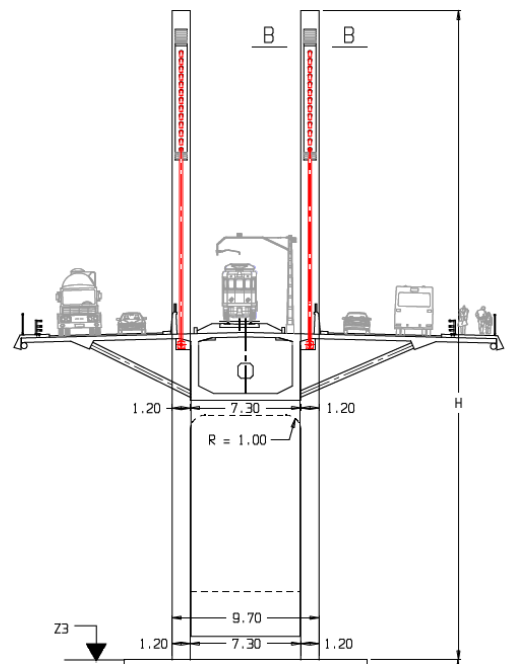


Fig. 5

Pero el atirantamiento extradorsal puede producir problemas de fatiga en los tirantes, cuando se trata de puentes de ferrocarril. Para poder mantener el cruce sobre la pila con "silla" y controlar la oscilación de la variación de carga en los tirantes bajo carga viva, la solución que ya encontramos en otros puentes construidos por nosotros (Puente de Córdoba sobre el río Guadalquivir), es disponer dos puntales inclinados, que dispuestos para que no invadan el gálibo de paso, reducen considerablemente la oscilación de cargas.

Lo que quiere decir que el soporte del dintel queda constituido por un sistema de atirantamiento superior extradorsal controlado por dos puntales en la parte inferior.

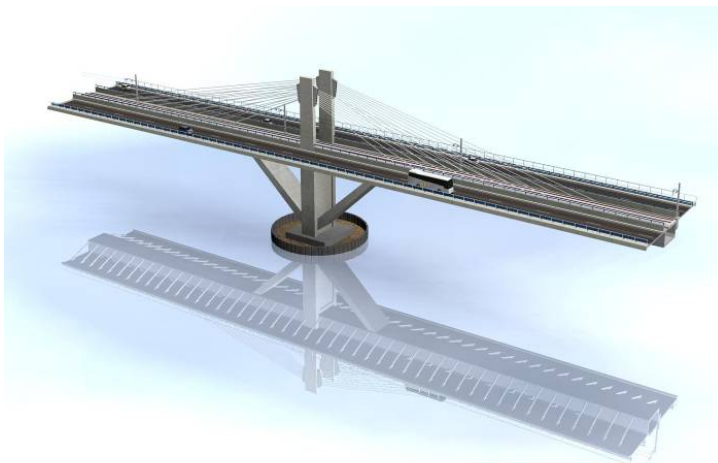


Fig. 6

Conceptualmente esta solución es la más actual en el diseño de este tipo de puentes, lo que produce el efecto estético más armonioso, al conjugar una adecuada instalación con el río y con el paisaje circundante. Cumple esa sutil característica de todos los puentes hermosos, sintonía con el paisaje y moderación resistente dentro del más avanzado de los diseños actuales.

La construcción de estos tramos se realizará en avance en voladizo desde las pilas utilizando dovelas prefabricadas de 2,96 m de longitud. En el río no se dispone ningún apoyo provisional durante la construcción.

1.2.2 2ª Zona. Cruce sobre el ramal secundario del río



Fig. 7

Para el cruce del ramal secundario del río Danubio, lado búlgaro, mantenemos el mismo dintel utilizado en el cruce del ramal principal, pero sin disponer ningún sistema de atirantamiento. La luz elegida es de 80 m.

Adoptamos esta luz por dos razones. La primera es que seguimos estando en el río Danubio y el puente tiene que mantener su dignidad en tamaño y configuración, con lo que 80 m nos parece una luz mínima. Constructivamente puede salir más barato adoptar luces del orden de 40 m, pero eso no está bien, no queda bien. Mejor sería irse al otro extremo, saltar sobre este ramal del río con luces de 180

m, aunque podría parecer excesivo. Ni un punto ni otro. Ha sido objeto de larga meditación por nosotros, la luz a adoptar y nos hemos decantado por los 80 m, valor intermedio entre uno insignificante, 40 m y otro algo excesivo, 180 m.

Pero es que además, y esta es la segunda razón, la continuidad del puente de carretera se mantiene de una a otra orilla del río, sobre el ramal principal y el secundario. La congruencia formal, resistente y visual que creemos haber conseguido de este modo con nuestro diseño es fundamental en su configuración estética. El puente es un tablero único al que se le ayuda por un atirantamiento extradorsal en la zona del cauce principal del río.

La construcción de estos vanos se realizará con dovelas prefabricadas de 2,96 m pero utilizando una cimbra móvil autoportante para su colocación.

3ª Zona. Puente de ferrocarril

Como hemos dicho en la introducción, creemos que una de las aportaciones fundamentales en nuestra propuesta a la solución del problema planteado, es la de situar el ferrocarril en el eje del tablero principal, colocándolo entre las vías de la carretera. El atirantamiento crea visualmente la presencia del ferrocarril para los vehículos que usan la carretera, impidiendo de la misma manera su colisión mutua. El ferrocarril está encerrado entre dos líneas de defensas y los tirantes, como cierre visual. Es visto al pasar pero sin su presencia agresiva para el vehículo.

Mientras se establece el paso sobre el cauce principal, ferrocarril y carretera utilizan el mismo tablero. Cuando, pasada la isla, la carretera desciende para alcanzar el suelo con una pendiente incapaz de ser mantenida por el



Fig. 8

ferrocarril, empieza el despegue de éste último.

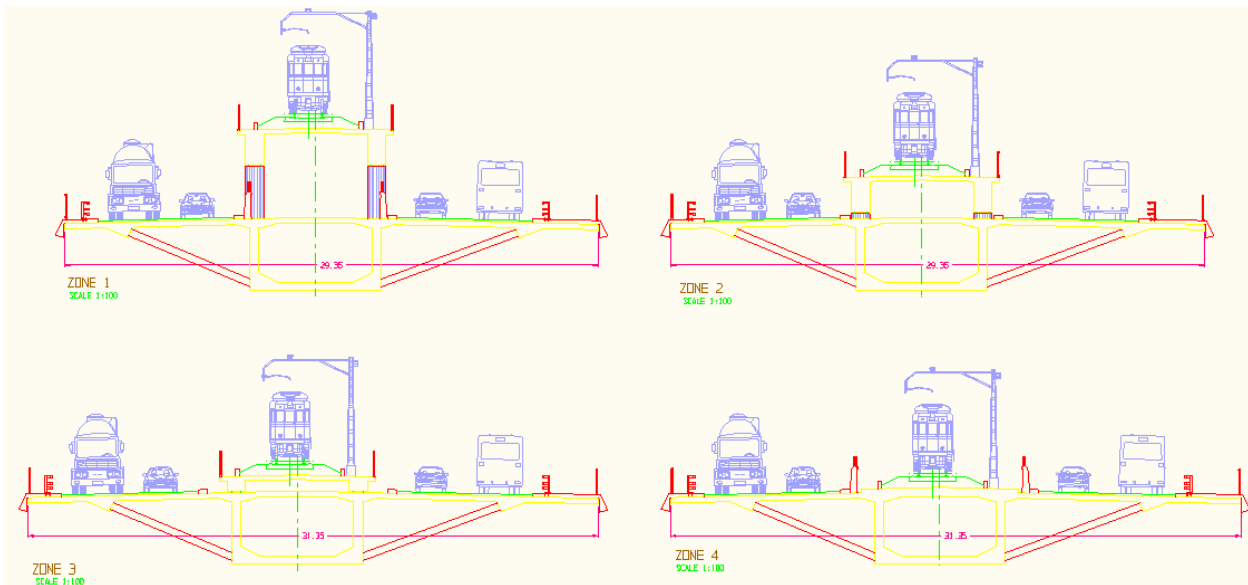


Fig. 9

Va apareciendo una estructura de 8,6 m de anchura formada por dos vigas longitudinales de 1,9 m de canto y 1,0 m de ancho, relacionadas entre sí por una losa de 30 cm de espesor y unas vigas transversales de 80 cm de canto. Sobre esta losa se instala el balasto de ferrocarril.

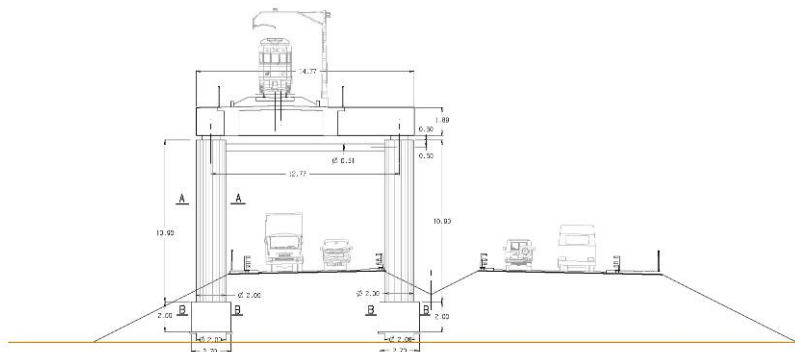


Fig. 10

El despegue entre las dos plataformas, carretera y ferrocarril, se realiza con la interposición de pilares circulares de 1,0 m de diámetro que se apoyan sobre las pilas del tramo de 80 m y en el centro de la luz. Se crea un viaducto de 40 m de luz que poco a poco va despegándose del tablero de hormigón pretensado.

Con un dimensionamiento de luces de 40 m, este viaducto no tiene ningún problema de cambiar su dirección y saltar sobre la carretera sin otra ayuda que unas vigas transversales más grandes.

El ferrocarril abandona el trazado de la carretera con total fluidez y facilidad. Una vez pasado el cruce sobre la carretera el puente de ferrocarril sigue su trazado y su diseño, descendiendo poco a poco su cota.

FICHA TÉCNICA:

Nombre de la obra: Puente sobre el Danubio en Vidin (Bulgaria)

Promotor: Republic of Bulgaria. Ministri of Transport

Empresa constructora: FCC

Empresa consultora: Carlos Fernández Casado, S.L.