

PUENTE SOBRE EL RÍO BESAYA

Leonardo FERNÁNDEZ TROYANO

Dr. Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado, S.L.
Ingeniero
cfcs1@cfcs1.com

Lucía FERNÁNDEZ MUÑOZ

Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado, S.L.
Ingeniero
luciafm@cfcs1.com

Guillermo AYUSO CALLE

Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado, S.L.
Ingeniero
gayuso@cfcs1.com

RESUMEN

El puente sobre el río Besaya tiene un vano atirantado de 134 metros de luz y un viaducto de acceso de cuatro vanos con pilas en V. Se construyó por voladizos sucesivos.

PALABRAS CLAVE: Puente atirantado, puente de hormigón pretensado.

1. Descripción del puente

El puente sobre el río Besaya tiene un vano único atirantado de 134,60 m de luz. Esta configuración estaba determinada por el encauzamiento proyectado en el río, que no permitía situar pilas en él. La luz venía fijada por el ancho del encauzamiento, los caminos de ribera y la oblicuidad del trazado.



Figura 1. Vista general del puente

Posteriormente a la redacción del proyecto y a la adjudicación de las obras, se abandonó la idea de encauzar el río, manteniendo el lecho del río existente sin alterar, con un cauce principal del río Besaya que se salva con el puente del proyecto, y un cauce lateral del arroyo Barcenal afluente del Besaya, que se salva con un viaducto de acceso de 154 m de longitud

En la separación entre el río Besaya y el arroyo Barcenal está situado el estribo del puente atirantado que se inscribe en una isleta circular.



Figura 2. Isleta circular del estribo

El puente principal es un puente atirantado con vano único sin compensaciones, como corresponde a la idea primera del encauzamiento. Se ha resuelto con un puente simétrico con dos torres de atirantamiento, desdobladas en dos pilas inclinadas, porque al tener la carretera una calzada única de dos sentidos no hay posibilidad de torre única al centro. Los tirantes de compensación se anclan en los contrapesos, unidos a las torres, independientes del tablero. Por tanto en el tablero no hay equilibrio de fuerzas horizontales entre los tirantes delanteros y los de compensación.

Existen dos posibilidades para resolver el equilibrio de un solo vano en un puente atirantado. Una es la que se utilizó en el puente Ingeniero Carlos Fernández Casado sobre el embalse de Barrios de Luna, en el que el tablero se fijó a los contrapesos en los extremos y se hizo una junta articulada deslizante en clave. La otra es la del puente sobre el Arno cerca de Florencia, en el que el equilibrio horizontal de las componentes horizontales de los tirantes delanteros se consigue en el tablero mediante una tracción variable en él, al contrario de lo que es normal en los puentes atirantados, que es una compresión variable. En el puente del Besaya se ha utilizado esta segunda posibilidad, resistiéndose la tracción del tablero con armadura activa. Las cargas horizontales de los tirantes traseros se transmiten al terreno mediante los pilotes de cimentación.



Figura 3. Torres de margen derecha

Las torres, inclinadas hacia el exterior del puente, tienen una altura de 30,5 m sobre el tablero. En ellas se anclan los nueve tirantes delanteros, en forma de abanico. Por cada tirante delantero hay dos tirantes traseros, en planos simétricos al delantero. Los tirantes traseros son paralelos entre si y se anclan en los contrapesos.



Figura 4. Tirantes del puente

La forma de la torre viene determinada por la configuración de los tirantes. El plano principal, el de los tirantes delanteros, está situado en el eje de la torre, y los planos traseros salen a los lados del anterior. Esta ordenación lleva a una sección en T de la torre, de forma que de los extremos de sus brazos salgan los tirantes traseros, y del extremo opuesto salgan los tirantes delanteros atravesando la T. Esta sección es constante en la zona superior de la torre, donde se anclan los tirantes. Según se acerca al tablero los planos de las torres enlazan con los de los contrapesos, que se prolongan hacia el exterior del puente una longitud de 47,5 metros. En los muros laterales hay unas galerías longitudinales en las que se anclan los tirantes traseros, cuyo tiro se resistía en el proyecto original con anclajes activos al terreno.



Figura 5. Sección transversal del tablero

Al modificar el emplazamiento del puente los anclajes al terreno resultaban demasiado largos, y por ello se sustituyeron por el peso de las tierras. Para ello se unieron los muros de los estribos con una losa inferior formando la "U", sobre la que se colocaron las tierras que sirven de contrapeso. Esta losa de unión se construyó en la longitud necesaria para que el peso de las

tierras diese un coeficiente de seguridad suficiente al vuelco. No conviene aumentarla más, porque el peso del estribo más las tierras, no compensado con los tirantes, es necesario resistirlo mediante micropilotes.



Figura 6. Tablero, torres y tirantes

Posteriormente en la obra se sustituyeron los micropilotes por pilotes de 1,50 m de diámetro. Debido a que el subsuelo era una zona con alta karstificación, con grandes cavernas, fue necesario inyectar lechada de cemento a través de los pilotes. Esta inyección fue lenta y costosa.

El tablero del puente es de hormigón pretensado y tiene un ancho de 14.20 m. Está formado por dos vigas laterales de 0,80 m de canto, unidas mediante una losa de 0,20 m de espesor y unas vigas transversales de canto variable cada 3,225 m. El canto máximo de las vigas transversales en el eje es de 1,00 m. Estas vigas son también pretensadas. Los tirantes se anclan a las vigas longitudinales mediante unos dados situados bajo los vuelos laterales de las mismas, que sirven también para anclar el pretensado longitudinal del tablero.



Figura 7. Viaducto de acceso

Como ya se ha dicho, el puente es independiente de los estribos para cargas permanentes, con una tracción variable en él, que se resiste mediante unos cables pretensados y las barras pretensadas utilizadas en el proceso, que una vez cerrado el puente se empalmaban y quedaban tesadas de lado a lado. Para la acción de las sobrecargas el tablero se ancla en un estribo mediante 2 barras pretensadas de Ø75 mm en cada viga longitudinal.

El viaducto de acceso, es de hormigón pretensado, tiene pilas en V y cuatro vanos de 32+45+45+32. Se apoya en un extremo en el estribo del puente sobre el río Besaya, y en el otro extremo en un nuevo estribo.

2. Construcción del puente

El puente del Besaya se ha construido por voladizos sucesivos hormigonados in situ, mediante un carro de avance.

Los primeros 19 m de cada lado se realizaron sobre cimbra. Esta zona incluía dos tirantes. Luego se montaba el carro, y se construía el resto del voladizo mediante dovelas.

La longitud de cada dovela era de 6,45 m, que es la distancia entre tirantes. Cada voladizo constaba de 7 dovelas. Los dos voladizos se hicieron sucesivamente con el mismo carro, que sirvió también para hormigonar la dovela de cierre.

El ciclo de construcción de dovelas era el siguiente:

1. Se colocaba el carro en su posición, y se le daba cota a primera hora de la mañana. Para ello, la constructora hacía una nivelación, daba la cota real del carro a CFC y con ello, y teniendo en cuenta la cota teórica, se daba la de colocación del carro.
2. Una vez colocado el carro en su posición, se colocaban los cables patrón de los tirantes traseros.
3. Una vez acabada la operación de puesta de los cables patrón se empezaba a ferrallar la dovela, mientras se seguía tesando los tirantes traseros. Terminadas estas dos operaciones se hormigonaba la dovela.
4. A la mañana siguiente al hormigonado de la dovela se efectuaba una nivelación del tablero y de la torre. Se comprobaba también la carga de los tirantes traseros.
5. Se tesaban los cables de pretensado de las vigas transversales, empezando por la más próxima al estribo. Posteriormente se tesaban las barras de proceso.
6. Se tesaban los tirantes delanteros.

Todo este ciclo se llegó a hacer en seis días, dejando el domingo para descansar.



Figura 8. Construcción del voladizo de margen izquierda

El pretensado provisional de construcción estaba formado por 14 barras pretensadas de Ø36, de acero 85/105 que se empalmaban en todas las dovelas. Como hemos dicho, este pretensado se utilizó luego como definitivo, quedando tesado de lado a lado del puente.

El puente se construyó mediante dos voladizos simétricos. Para ello las vigas longitudinales se apoyaban en unos neoprenos verticales en la torre, a la que transmitía la carga horizontal de los tirantes. Por tanto, durante la construcción los voladizos estaban en compresión porque las cargas de los tirantes delanteros se compensaban con los traseros. Una vez cerrado el puente se introdujo el pretensado definitivo, y se efectuó un reajuste en los tirantes. Con estas operaciones los apoyos verticales de neopreno se quedaron sin carga. Posteriormente se eliminaron los apoyos de un estribo, y se tesaron las barras de unión del otro que transmitían la carga a través de los neoprenos.