

III CONGRESO DE ACHE DE PUENTES Y ESTRUCTURAS

LAS ESTRUCTURAS DEL SIGLO XXI
Sostenibilidad, innovación y retos del futuro



Realizaciones. Puentes



PUENTE DE MITJAVILA

Leonardo **FERNÁNDEZ TROYANO**¹, Guillermo **AYUSO CALLE**²

¹ Dr. Ingeniero de Caminos. Carlos Fernández Casado S.L.

² Ingeniero de Caminos. Carlos Fernández Casado S.L.

RESUMEN

El puente de Mitjavila está situado sobre el río Valira en Andorra la Vella. Es un puente mixto compuesto de dos ramales: uno recto y esviado, y el otro curvo. Dada la geometría de los ramales y la condición de canto mínimo, obligada por la necesidad de no reducir la capacidad hidráulica del río, se decidió colgar el tablero de dos esferas metálicas situadas en los vértices de un tetraedro formado mediante tubos. El tablero está compuesto de tubos en los bordes de los ramales, unidos mediante costillas en doble T que al llegar al tubo le abrazan. Sobre las costillas se sitúa una losa de hormigón que sirve de plataforma del puente, y se conecta a las costillas dando lugar a una estructura mixta.

PALABRAS CLAVE

Mixto, atirantado, esfera.

1. DESCRIPCIÓN DEL PUENTE

El puente de Mitjavila está situado sobre el río Valira en Andorra la Vella (Andorra) y une las calles del Dr. Mitjavila y del Consell d'Europa.

El tablero está compuesto por dos ramales, uno curvo y el otro recto y esviado situados en un plano inclinado. Debido a la geometría en planta de los ramales y a la condición indispensable de tener un canto mínimo, para no reducir la capacidad hidráulica del río, se planteó una estructura atirantada cuyo tablero es mixto (acero-hormigón). La estructura está colgada de dos puntos que se encuentran situados en los ejes de los ramales, tal como se puede ver en la figura 1. Los tirantes son barras de acero de calidad 85/105 de 36 mm y 50 mm de diámetro.

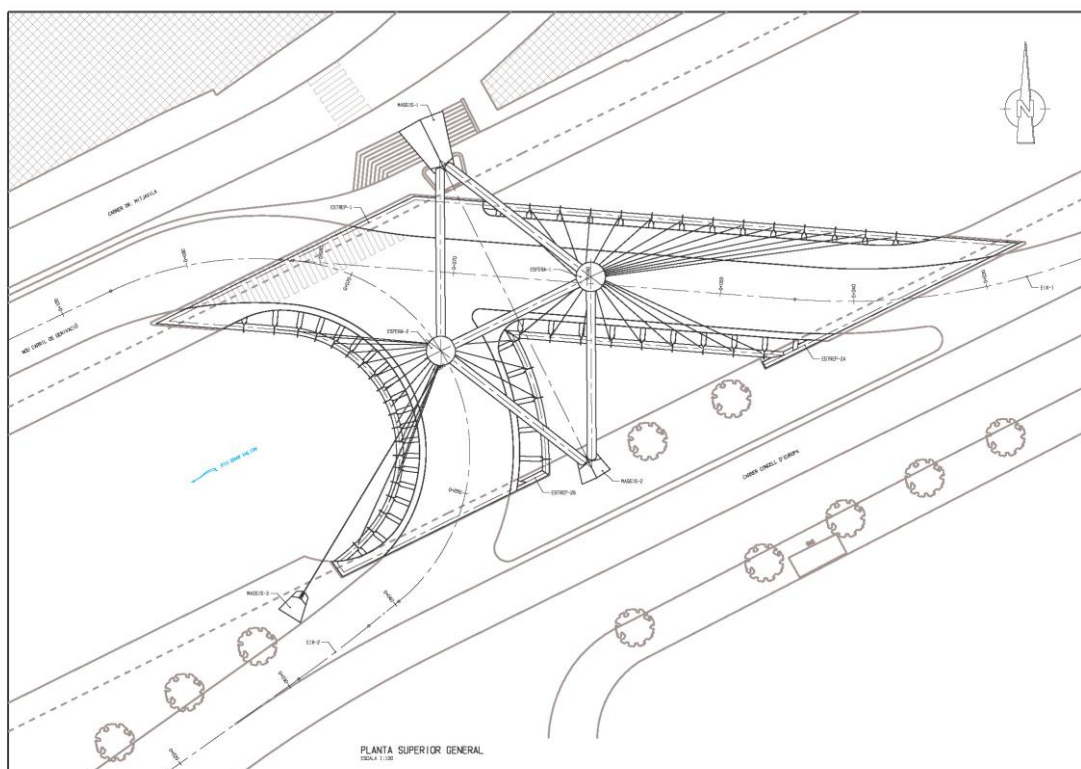


Figura 1

El puente se puede dividir en cuatro partes:

- Estribos
- Tablero
- Estructura superior
- Macizo de retenida

1.1. Estribos

Los estribos se realizaron sobre los muros que delimitan el cauce del río a su paso por la ciudad. Estos muros son de gravedad realizados con hormigón ciclópeo. Dado que el terreno no tiene unas características geotécnicas buenas, se decidió que la carga del puente fuera recogida mediante micropilotes que atraviesan el muro existente (foto 1), de tal forma que éste no tuviera que soportar ninguna de las cargas del puente. De esta forma se realizó un cabecero sobre el muro, donde se apoya finalmente el puente.



Foto 1

1.2. Tablero

El tablero está compuesto por dos ramales, uno curvo y el otro recto y esviado, situados en un plano inclinado. El tramo curvo está formado, en el lado exterior, por un tramo recto y dos tramos curvos de 9,135 metros y 15 metros de radio respectivamente, mientras que el lado interior está formado por un único arco de 19,585 metros de radio. El tablero está formado por tubos, de 508 mm de diámetro y 25 mm de espesor, situados en los bordes de los ramales, conectados entre si por costillas en doble T, de 0,40 metros de canto y 0,35 metros de ancho, que en su parte final se abren abrazando al tubo. En la intersección entre ambos ramales se ha dispuesto una viga en doble T de 0,40 metros de canto y 0,45 metros de ancho. En la zona de los estribos también se han dispuesto tubos de 508 mm de diámetro. Sobre estas costillas se sitúa una losa de hormigón, que sirve de plataforma del puente, conectada a las costillas dando lugar a una estructura mixta. La losa de hormigón se realiza sobre chapa grecada.



Foto 2

La distancia mínima entre las dos márgenes es de 22,60 metros, siendo la luz del ramal recto de 44,32 metros dado el gran esviaje que tiene. La distancia entre tubos en el tramo recto es de 9,45 metros, mientras que en el tramo curvo es variable.

Al tener el puente un único vano los giros que se van a producir durante el proceso de construcción y vida útil de la estructura en los estribos son demasiado elevados para absorberlos únicamente mediante neoprenos. Esta situación llevó consigo el diseño de unas rótulas metálicas situadas sobre apoyos de neopreno (foto 3): la rótula recoge los giros y el apoyo de neopreno es el encargado de recoger las cargas.



Foto 3

Dada la geometría del puente se han tenido que anclar diversos apoyos. Estos anclajes han sido verticales o verticales-horizontales. En el estribo 1 (lado Dr. Mitjavila) se han anclado tres apoyos verticalmente, mientras que en el estribo 2 (lado Consell d'Europa) se han anclado en vertical y horizontal los cuatro apoyos de los extremos. Todos los anclajes son registrables para poder actuar en ellos si hiciera falta en un futuro.

Los tirantes atraviesan los tubos que conforman los bordes de los ramales y se anclan en el tablero en una chapa que se apoya en dos medias lunas metálicas (foto 4).



Foto 4

1.3. Estructura superior

Como ya se ha dicho el tablero debía tener canto mínimo, esto obligó a colgar cada uno de los ramales de un punto, lo que daba lugar a una disposición irregular de los tirantes. Estos puntos se materializaron mediante dos esferas metálicas de 2,2 metros de diámetro y 40 mm de espesor (foto 5). Estas esferas están conectadas entre si y a la cimentación mediante un tubo de 660,4 mm de diámetro (foto 6), formando el conjunto un tetraedro. Las esferas están situadas a 13,40 m sobre el tablero.



Foto 5



Foto 6

Otro punto importante era como se anclaban los tirantes a la esfera. En un primer momento se pensó en que las tuercas de las barras estuvieran en el interior de la esfera. Esto tenía varios inconvenientes:

- El primero es que los tirantes tenían una disposición muy irregular, como ya se ha dicho, provocando que las chapas y tuercas de anclaje se diesen entre si en algunos puntos, dado que cuanto más arriba se disponen más juntas están entre ellas.
- El otro inconveniente es que dichas piezas debían ser sustituibles, y por lo tanto la esfera debía ser registrable. Aunque parezca que la esfera es grande no lo es suficiente como para hacerla registrable dado que la rigidización interior dispuesta impedía el acceso a todos los tirantes.

Una vez analizados estos problemas se decidió sacar el anclaje de los tirantes fuera de la esfera. Para ello se diseñaron unos cilindros mecanizados que albergan en su interior el hueco donde se dispone la chapa de anclaje y la tuerca de cada barra. Estos cilindros van roscados a una serie de tornillos, que llevan la dirección de cada tirante, que salen de las esferas. Esto obliga a

realizar el tesado de los tirantes desde la chapa de anclaje dispuesta en la zona inferior del tablero.

Uno de los puntos que más preocuparon, y que con más cuidado se hizo durante el proyecto, fue la geometría de la estructura. Dada la forma en planta del tablero, la disposición irregular de los tirantes, tanto en las esferas como en el tablero, se decidió realizar todo el dibujo del proyecto basándonos en un modelo tridimensional del que se obtuvieron todos los datos necesarios. Uno de los puntos críticos fue la definición de los agujeros de las esferas, ya que un error hubiera ocasionado que el tirante no estuviera bien situado dando lugar a infinidad de problemas. Una vez finalizado el proyecto se puede asegurar que si no se hubieran dispuesto de los medios técnicos y humanos adecuados esta parte del proyecto hubiera sido casi imposible de realizar.

1.4. Macizo de retenida

Para garantizar la estabilidad de la estructura se dispusieron dos tirantes de retenida de 50 mm de diámetro que se anclan en un macizo situado en la calle Consell d'Europa. Dicho macizo está anclado al terreno mediante 6 anclajes de 4 torones de 0,6" tesados al 40% de su carga de rotura. Estos anclajes se refieren al terreno mediante 6 micropilotes de 127 mm de diámetro y 10 mm de espesor.

Una vez construido el macizo se tesan los anclajes a la mitad de la carga final de los mismos. Esta carga es recogida por los micropilotes dispuestos. Una vez construido el tablero y tesados los tirantes a la carga definida en proyecto, se tesan los anclajes hasta su carga final, con la que se absorben las oscilaciones debidas a la sobrecarga que actúe en el puente. Al realizar así el proceso de tesado de los anclajes al terreno se puede minimizar los micropilotes dispuestos en el macizo.

2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

El proceso de construcción de la estructura se puede resumir en las siguientes fases:

- Montaje del tablero

- Montaje de la estructura superior
- Tesado de los tirantes en primera fase
- Hormigonado de la losa
- Tesado de los tirantes en segunda fase
- Pavimentación, colocación de la barandilla y remates finales

El montaje de la estructura se realizó dividiendo la misma en cuatro fases: en la primera fase se procedió a montar el tramo recto oblicuo paralelo al cauce del río en el lado de la calle Consell d'Europa. Una vez montado se colocó en su posición definitiva (foto 7). Posteriormente se montó del tramo curvo únicamente los tubos que conformaban el contorno con la parte correspondiente de los estribos. Finalizada esta parte se colocaron las costillas del ramal curvo. En esta fase se tesaron las barras de anclaje de los apoyos.

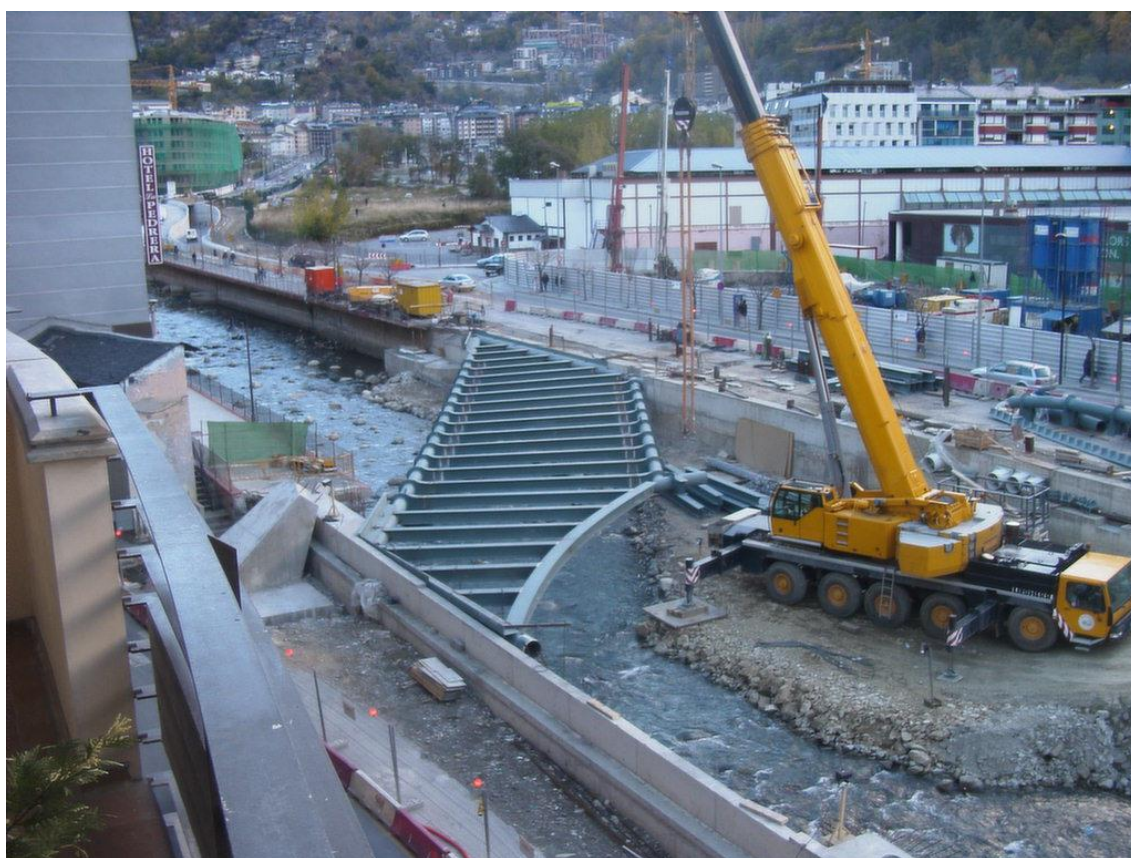


Foto 7

El montaje de la estructura superior se realizó dividiendo el mismo en cinco partes: por un lado estaban los cuatro tubos que unen las esferas a los macizos de apoyo y por otro las dos esferas con el tubo que las une. En las esferas se dejaron los cuatro arranques de los tubos que iban a la cimentación y se dispuso en ellos y en los cuatro tubos unas bridas metálicas que se atornillaban para luego poder soldar ambas partes (foto 8). Hasta que no estuvieron soldadas todas las partes las dos esferas estuvieron sujetas con una grúa.

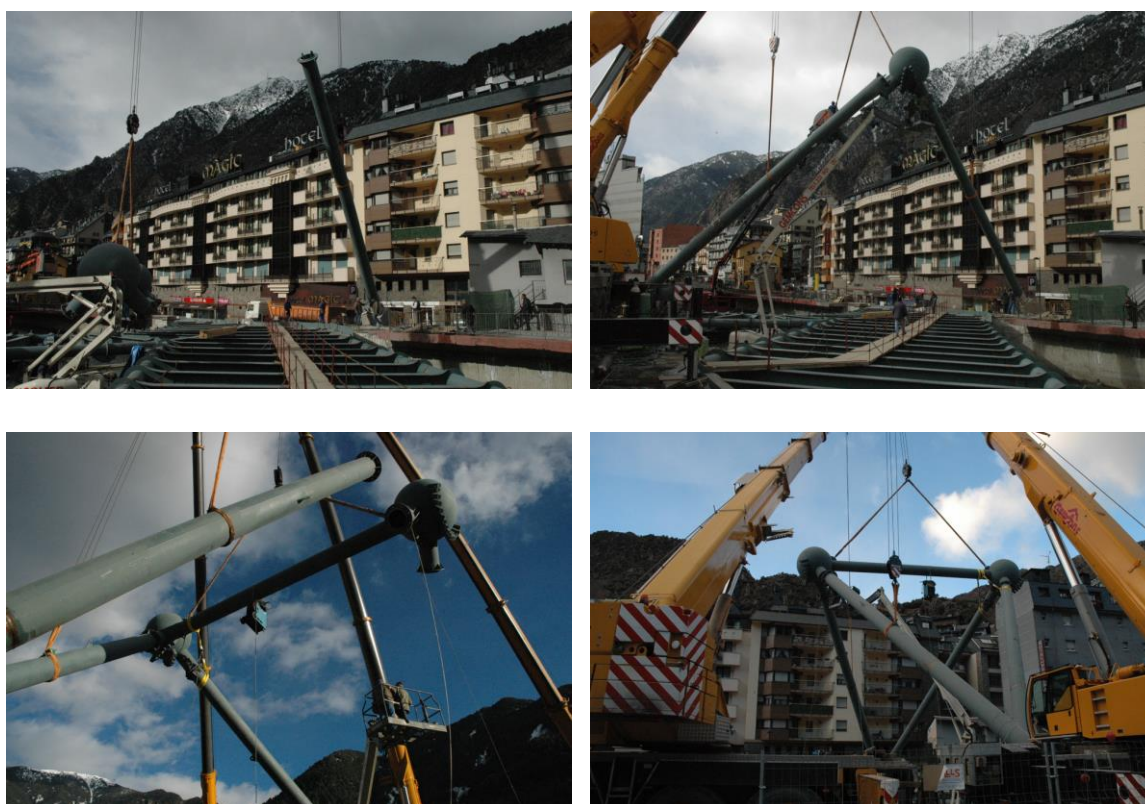


Foto 8

Una vez montado el tablero y la estructura superior se procedió a tesar la primera serie de tirantes. Posteriormente se hormigonó la losa y una vez alcanzada la resistencia característica se tesaron el resto de tirantes según el protocolo fijado en el proyecto.

Por último se realizaron los remates finales en la estructura.