

# PUNTES DE FERROCARRIL – PROPUESTAS TIPOLOGÍAS DIVERSAS

## *RAILWAY BRIDGES – DIFFERENT TYPE PROPOSALS*

JAVIER MANTEROLA ARMISÉN. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
*Carlos Fernández Casado S.L. cfcsl@cfcsl.com*

**RESUMEN:** Presentamos un conjunto de puentes empujados de hormigón pretensado y de sección cajón, con luces de 45 m, 60 m y 65 m para realizar viaductos de pocos cientos de metros de largo hasta más de un kilómetro de longitud. Son puentes continuos con frenado recogido en el estribo. También se presenta el cruce del río Ebro, con 120 m de luz para la LAV Zaragoza-Barcelona-Frontera Francesa. Es un puente de sección hueca y almas perforadas que a modo de una viga Vierendel constituye la estructura básica que es penetrada por el tren para pasar de una a otra orilla. Un tren dentro de otro tren.

Finalmente presentamos la estación y los viaductos en la estación de Urbinaga en Bilbao y el puente de tubos que soporta al funicular que sube a Montserrat.

**PALABRAS CLAVE:** FERROCARRIL, VIGA VIERENDEL, PRETENSADO Y TUBOS

**ABSTRACT:** The article presents a combination of launched prestressed box section bridges with spans of 45 m, 60 m and 65 m forming viaducts from just a few hundred metres up to over a kilometre in length. These are continuous bridges which accommodate braking reactions at the abutments. The article also presents the 120 m span crossing of the River Ebro on the Zaragoza-Barcelona-French border high speed railway line. This is a hollow section bridge with perforated webs in the form of a single Vierendel beam which serves as the basic structure penetrated by the train when crossing the river and much in the manner of a train within another train.

The article concludes with a presentation of the station and viaducts at the Urbinaga station in Bilbao and the tube bridge supporting the cable car that climbs up the mountain of Montserrat.

**KEYWORDS:** RAILWAY, BEAM VIERENDEL, PRESTRESSING AND TUBES

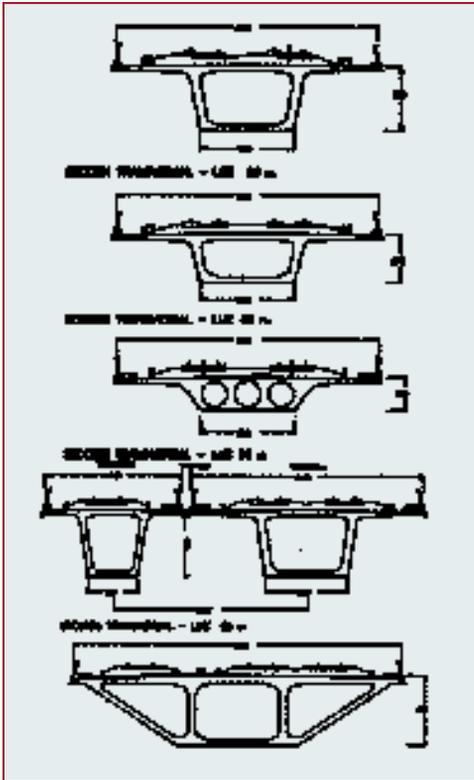
Voy a presentar una serie de puentes de ferrocarril proyectados en CFC S.L. oficina de proyectos y que hemos realizado en estos últimos años.

### PUNTES EN EL TRAMO VIII Y XV DE LA LÍNEA MADRID-BARCELONA

En esta dirección nosotros hemos proyectado y han sido construidos una serie de puentes de 30 m, 45 m, 60 m y 66 m de luz, con longitudes continuas que oscilan entre los poco más de 200 m hasta más de 1 Km en el viaducto de río Huerva. Todos ellos se han construido por empujes sucesivos, Fig. 1.



Fig. 2.



Estos viaductos son clásicos, vigas continuas en sección cajón, ancladas en los estribos con un dimensionamiento un poco más esbelto de lo normal, 2,60 m. de canto para dinteles de 45 m de luz y 3,5 m de canto para dinteles continuos de 60 m de luz, lo cual se agradece visualmente a la vez que se mantienen las condiciones de deformabilidad y vibración exigidas, Fig. 2.

<b>Dirección:</b>	GIF ( <i>Raúl Correas, Luis Perez, Fabregat</i> )
<b>Proyecto:</b>	CARLOS FERNÁNDEZ CASADO S.L. ( <i>J. Manterola, A.M. Cutillas</i> )
<b>Construcción:</b>	NECSO ( <i>Arturo Cantero, Iván Higuera,</i> <i>José M° Creus, Gonzalo Rodríguez González</i> )

### PUENTE SOBRE EL RÍO EBRO

La aproximación a la solución definitivamente elegida para el cruce del Ebro se realizó en dos fases, correspondientes ambas a otras tantas fases del proyecto en que cambió la ubicación del puente por problemas de impacto ambiental. En ambas fases se plantea como posible la solución que finalmente fue construida y en ambos estudios se elige la misma solución.

Los 546 m de longitud total se dividen en dos zonas. La primera correspondiente al tramo de avenidas, tiene 162 m de longitud y está formada por un vano de 16 m y seis vanos de 24 m. La segunda tiene una longitud de 384 m. Esta zona se transforma en el gran puente sobre el río, el cual está constituido por seis vanos de 42 m+60 m+120 m+2x60 m +42 m. Ambas zonas se unen entre sí, sin junta intermedia alguna, Fig. 3.

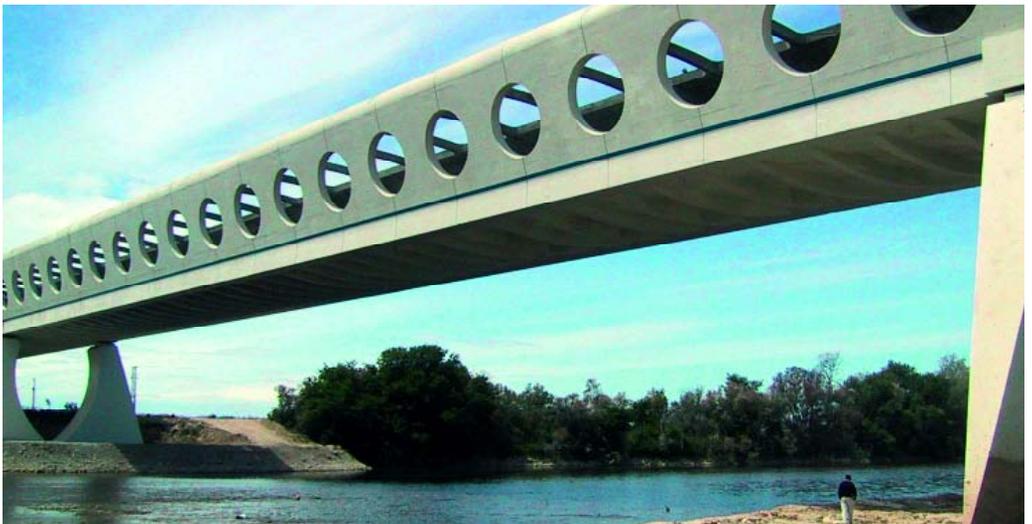


Fig. 3.



Figs. 4 y 5.

La gran viga Vierendel tiene un canto total de 9,15 m. La sección transversal tiene una forma trapecial. En la parte superior tiene una anchura máxima de 16.56 m y 12.90 m en su parte inferior. Las almas están aligeradas con orificios circulares de 3.80 m de diámetro cada 6.00 m. El espesor varía entre 0.50 m y 0.60 m en la zona de apoyos. La losa inferior tiene un espesor que varía desde los 0.30 m en su unión con las almas hasta los 0.39 m en el centro. Tiene un conjunto de vigas transversales con una sección trapecial de ancho variable desde 0.50 a 0.60 m. En la parte superior de cajón se introducen costillas de alzado circular que siguen la trayectoria de las paredes curvas superiores manteniendo el espesor de éstas.

Están situadas cada 6 m y tienen una anchura de 0.60 m salvo las situadas sobre las pilas que tienen 1.00 m. Sobre el eje de apoyo en el estribo 2 y en la zona de transición con los vanos de acceso mide 3.30 m, Fig. 4.

Todo el tramo de acceso tiene la misma losa inferior que el tramo principal, con el mismo contorno inferior, para que se establezca la continuidad entre ambos de una forma automática. El canto de las vigas laterales es de 2.20 m y su anchura máxima 1.05 m.

Las pilas están formadas por dos fustes independientes que se obtienen de una sección curvilínea con una cimentación común formada por pilotes de 2.0 m de diámetro cuyo número varía en 10, 6 ó 4 dependiendo que se trate de las pilas del vano de 120 m, 60 ó 24 m respectivamente, Fig. 5.

El puente está construido por empujes sucesivos desde parques situados en ambas orillas, Fig. 6.

El paso entre el tramo de acceso y el viaducto principal se ha realizado acentuando la transición continua desde el canto de 2.2 m de las vigas laterales del tramo de acceso y los 9.15 m del tramo principal, Fig. 7.

<b>Dirección:</b>	GIF (Raúl Correas, Luis Perez Fabregat, Leonardo Torres Quevedo)
<b>Proyecto:</b>	CARLOS FERNÁNDEZ CASADO S.L. (J. Manterola, A.M. Cuiillas)
<b>Construcción:</b>	VIAS Y CONSTRUCCIONES (José Luis López, Miguel Torres, Rafael Durán)

Figs. 6 y 7.



DOS PUNTES PARA FERROCARRIL DE VÍA ESTRECHA

Nos vamos a referir a dos obras en construcción, el tramo Sta. Teresa-Urbinaga de la línea II del F.M.B. en Baracaldo Bilbao y el puente sobre el río Llobregat del ferrocarril de acceso a Montserrat.

TRAMO STA. TERESA-URBINAGA (IMEBISA-BILBAO)

Esta obra, muy compleja en su desarrollo, está terminada. Se puede dividir en otras cuatro, a saber: el puente sobre el río Galindo, el Viaducto 1, La estación de Urbinaga y el Viaducto 2.

Aunque de condiciones muy diferentes, el diseño de las cuatro obras sigue un principio general único, la utilización de un dintel lenticular, de sección transversal curva en su parte inferior y la disposición de un tubo circular en los bordes, que se desarrolla de uno a otro lado de la obra y que va a servir, además de para dar sentido unitario a toda la obra, la de soporte de la cubierta de la estación y la de los tubos circulares que sostienen la catenaria, Fig. 8.

El puente sobre el río Galindo tiene 68,6 m de luz y es una viga bi-apoyada en sus extremos. La sección transversal tiene dos almas intermedias con lo que se consiguen dos cajones laterales con un excelente trabajo de toda la

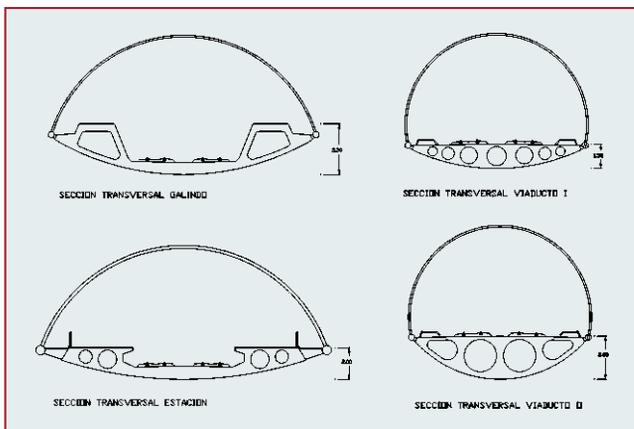
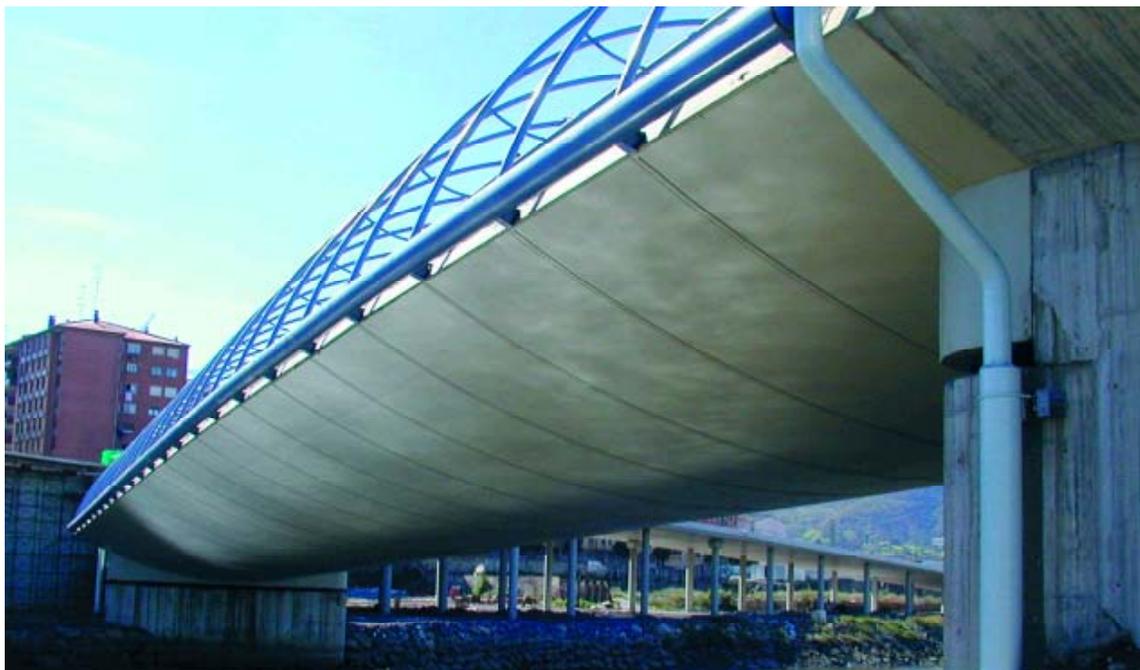


Fig. 8.

sección al ser la relación ancho-luz pequeña. Las flexiones transversales están acotadas a valores reducidos. La esbeltez del puente resulta muy grande, aún teniendo un canto de 3,3 m pues la forma lenticular de la sección elimina paredes frontales a la visión lateral y frontal. Entre los dos cajones laterales queda espacio para el alojamiento de las vías del tren, Fig. 9.

Fig. 9.



En la estación, las luces son muy pequeñas, 15,0 m, y de nuevo la sección lenticular se refuerza con cabeza y almas verticales intermedias con el fin de configurar la funcionalidad de la estación y la situación relativa entre vías y andenes. Aquí a la eficacia resistente se une a las exigencias funcionales para obtener una estructura muy útil.

En este caso y dada la gran anchura de la estación (17 m) con respecto a su luz, las deformaciones por cortante de las paredes eliminan gran parte de la sección a efectos de enfrentar las flexiones longitudinales, cosa que por otro lado no es necesario en este caso, Figs. 10 y 11.

Con respecto a los viaductos 1 y 2 la viga lenticular se completa en su totalidad aligerándola de peso inútil en su interior. También aquí las luces son muy diferentes pues mientras el viaducto 1 tiene 15,0 m de luz, el viaducto 2 llega a los 50,0 m. No existe problema resistente alguno en este tipo de secciones pues funcionan prácticamente como una viga aligerada completa más que como una sección laminar.

En cuanto a los pilares del viaducto 2 se produce, en tres de ellos, una particularidad importante y es el cruce muy oblicuo, extremadamente oblicuo, con las vías del ferrocarril inferior de Renfe. Ha sido necesario disponer unas pilas transversales especiales que puenteen las vías



Fig. 10.

de ferrocarril y cuya forma responda a lo que es la integración de unas "muletas" dentro del diseño general. El concepto de apoyarse se refleja en la pequeña prolonga-



Fig. 11.



Fig. 12.

ción vertical que sale de los brazos del dintel transversal, Fig. 12.

En cuanto a las pilas que soportan la estación, resulta imprescindible que éstas acudan a apoyar los bordes de la viga lenticular pues por allí se transmiten las cargas longitudinales, por lo cual de la parte inferior común la pila se abre en “V”.

<b>Dirección:</b>	IMEBISA ( <i>Miguel Fernández, Agustín Presmanes, José Ramón Medinabeitia, Julián Ferraz.</i> )
<b>Proyecto:</b>	CARLOS FERNÁNDEZ CASADO S.L. ( <i>J. Manterola, M.A. Gil</i> )
<b>Construcción:</b>	ACS ( <i>Jesús de los Ríos</i> )

#### PUENTE DEL CENTENARIO – MONTSERRAT (BARCELONA)

El acceso a Montserrat desde la estación de Monistrol, cruza el río Llobregat a 40 m de altura después de salir del túnel

que atraviesa un monte existente. Después de atravesar el río, el ferrocarril gira para encaminarse hacia la subida en cremallera al Monasterio, Fig. 13.

En el encargo que recibimos se nos pidió que planteásemos una solución que actualizase la vieja estructura en celosía del puente de ferrocarril clásico. Diseñamos una viga cajón tubular de sección triangular con una gran rigidez a torsión. El tablero resultante, de 5,00 m de anchura (es para vía sencilla) está constituido por tres tubos longitudinales, circular el inferior de 600 mm de diámetro y trapeciales los dos superiores para acoplarse al tablero de hormigón horizontal. La triangulación del alma está formada por tubos circulares de 270 mm.

Se trata, por tanto, de una estructura mixta con la losa de hormigón armado, que actúa como cordón de compresión o de tracción según la zona. El dintel está formado por 8 vanos de 45,00 m + 6 x 55 m + 75 m + 20,0 m, Fig. 14.

A cinco metros de la pila, el cordón inferior de 60 mm de diámetro se abre en dos hasta alcanzar una separación de 2,00 m en la pila. Las almas se pliegan a este cambio de di-



Fig. 13.



Fig. 14.



Fig. 15.



Fig. 16.

rección del cordón inferior con lo que se consigue, de una manera natural, un doble apoyo en la pila que permite recoger la torsión que las excentricidades de carga van produciendo en la viga, Fig. 15.

Una parte del viaducto es curvo, Fig. 16, lo cual no presenta ningún problema para el dintel triangular de gran resistencia a torsión.

En nuestra intención de diseño para el puente estaba extremar la esbeltez de las pilas, conseguir que el soporte del puente fuese casi un puntal, huyendo de una pila con fuerte dimensión transversal para enfrentar el viento. Recurrimos a un fuste de 2,00 m de diámetro al cual le produjimos cuatro acanala-

das verticales. Y estas acanaladuras propician la transición del círculo a un pequeño capitel en la parte superior de 3,37 m de anchura, capaz de alojar bien los dos tubos inferiores del orden inferior. En la parte inferior de las pilas volvimos a hacer lo mismo para incrementar la resistencia al viento en pilas que soportan un dintel de 40 m. ■

<b>Dirección:</b>	GENERALITAT DE CATALUNYA ( <i>Josep Comellas</i> )
<b>Proyecto:</b>	CARLOS FERNÁNDEZ CASADO S.L. ( <i>J. Manterola, M.A. Gil</i> )
<b>Construcción:</b>	FCC ( <i>Luis Viñuela</i> )