

Viaducto de Valdetravieso en la LAV Madrid- Extremadura

Valdetravieso Viaduct 2 in the HSRL Madrid-Extremadura

Francisco MILLANES MATO

Dr. Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Presidente

general@ideam.es

Luis MATUTE RUBIO

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Director General

luis.matute@ideam.es

Pablo SOLERA PÉREZ

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Jefe de Proyecto

pablo.solera@ideam.es

RESUMEN

En el tramo entre Casas Millán y Cañaveral de la LAV Madrid-Extremadura se encuentra como obra principal el viaducto de Valdetravieso, cuya longitud total es de 1596 m, con una luz tipo de 48 m y vanos laterales de 30 m. El tablero tiene sección cajón de hormigón pretensado con la anchura habitual de plataforma de 14 m y su canto es de 3.44 m. Dada la gran longitud del tablero se requiere un punto fijo intermedio para resistir las fuerzas horizontales. Éste se materializa mediante una pila en V invertida situada próxima al punto medio del tablero.

ABSTRACT

In the stretch between Casas Millán and Cañaveral in the High Speed Railway Line Madrid-Extremadura, the most important undertaking is Valdetravieso viaduct, with an overall length of 1596 m. Its main span has 48m of length and the lateral spans 30m. The deck is a prestressed concrete box girder with a width of 14m a depth of 3.44m. Due to the big length of the viaduct, a fixed point is needed in order to support the horizontal forces. This fixed point consists on an A-shaped pier located next to half the length of the viaduct.

PALABRAS CLAVE: Autocimbra, pila delta, cajón pretensado

KEYWORDS: Mobile scaffolding system, A-shaped pier, prestressed box girder.

1. Introducción. Condicionantes de trazado

El viaducto de Valdetravieso se sitúa en un valle en el que se encuentra el Arroyo de Valdetravieso que da nombre a la estructura. Los condicionantes topográficos y de trazado conllevan que la longitud del viaducto sea de 1596 m, con alturas del terreno a la rasante superiores a 50 metros en algunos apoyos (Figura 1). Estos condicionantes hacen que la opción de proyectar un viaducto cajón de hormigón pretensado sea óptima según consideraciones económicas y de rapidez de ejecución.

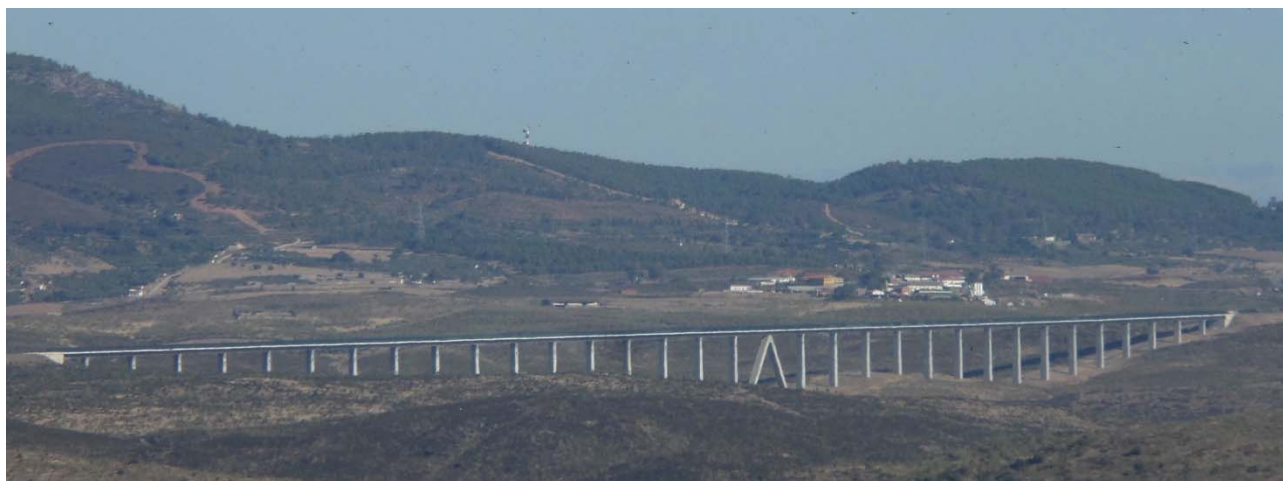


Figura 1. Vista panorámica del puente construido

De acuerdo a la altura de las pilas se estima que la luz tipo de 48 m supone un buen rendimiento económico entre tablero e infraestructura, así como un rendimiento en plazos de la cimbra muy competente. Por otra parte, esta luz tipo está dentro del rango de luces habituales para las que la construcción con autocimbra resulta muy competitiva (Figura 2).

Dada la gran longitud del tablero no se puede disponer el punto fijo para las acciones longitudinales (frenado y arranque, viento longitudinal) en uno de los estribos por lo que se requiere disponer un punto fijo hacia el punto medio de su longitud. Debido a la orografía local en nuestro viaducto, el punto fijo se ha desplazado ligeramente hacia el E1 una pila respecto al punto medio exacto (se dispone en la pila P16, cuando el punto medio corresponde a la P17). Dicho punto fijo se materializa mediante una pila con forma de V invertida o pila delta.

Puesto que no existen interferencias en el terreno a lo largo de la traza del viaducto se mantiene la luz de 48 metros en todo el viaducto salvo los vanos extremos que tienen una longitud de 30 metros.



Figura 2. Vista aérea del puente durante la construcción

Como se ha comentado, el viaducto de Valdetravieso es la estructura más importante del tramo Casas Millán-Cañaveral. No obstante, en dicho tramo se encuentra también otro viaducto de gran longitud: el Viaducto de Pizarroso (Figura 3), que también ha sido proyectado por IDEAM. Éste tienen una longitud de 630 m y la luz tipo empleada es la misma del Viaducto de Valdetravieso. En este caso la longitud permite que el punto fijo se encuentre en el estribo E2.



Figura 3. Viaducto de Pizarroso

2. Descripción de la estructura

2.1. Tablero

Como se ha indicado anteriormente, el tablero del Viaducto de Valdetravieso tiene una sección transversal en forma de cajón de hormigón pretensado de canto constante de 3.44 m, lo que supone una relación canto luz de 1/14. La anchura total es la convencional en Alta Velocidad de 14.0 metros con dos vías de ferrocarril. La parte inferior del cajón tiene una anchura de 5.20 metros y las almas presentan una inclinación que disminuye la longitud del voladizo y favorece el desencofrado, quedando el voladizo en 3.40 m. El canto del voladizo en su extremo es de 20 cm, aumentado hasta el empotre con el cajón donde el canto es de 34 cm. El espesor de las almas es de 40 cm, excepto en la zona próxima a la pila, en la que se aumenta el espesor del alma hasta los 50 cm (Figura 4).

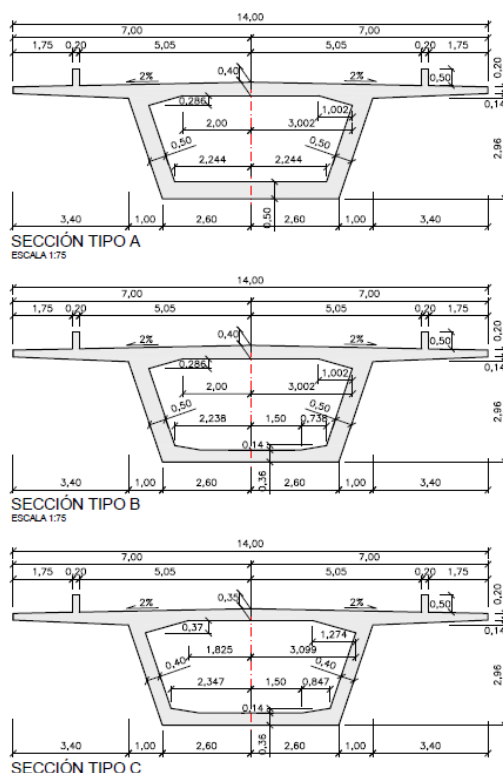


Figura 4. Secciones transversales del tablero a lo largo del viaducto

El pretensado del tablero se dispone en tres familias diferentes optimizando su cuantía (Figura 5).

- Pretensado parabólico en las almas. Con la máxima excentricidad posible sobre pila y centro de vano conforme a la ley de momentos flectores.
- Pretensado de sombrero en la losa superior en la zona sobre pilas. Refuerza el pretensado sobre pilas donde la flexión es máxima.
- Pretensado de continuidad centrado en la sección. Al disponerlo en losa superior e inferior y que compensa la tracción acumulada en el tablero debido a las fuerzas longitudinales (viento longitudinal, rozamiento de teflones, frenado).

El pretensado parabólico está formado por 6 cables de 19 torones de 0.6" en cada alma excepto en los vanos laterales, donde se disponen 5 tendones en lugar de los 6 del vano tipo. El pretensado de sombrero está formado por 15 cables de 7 torones de 0.6". El pretensado de continuidad está formado por 6 cables de 7 torones de 0.6" (4 en la losa superior y 2 en la losa inferior) en la zona lejana al punto fijo, aumentando a 10 cables (6 en la losa superior y 4 en la losa inferior) en la zona próxima al punto fijo donde la tracción acumulada debida al rozamiento de teflones es máxima.

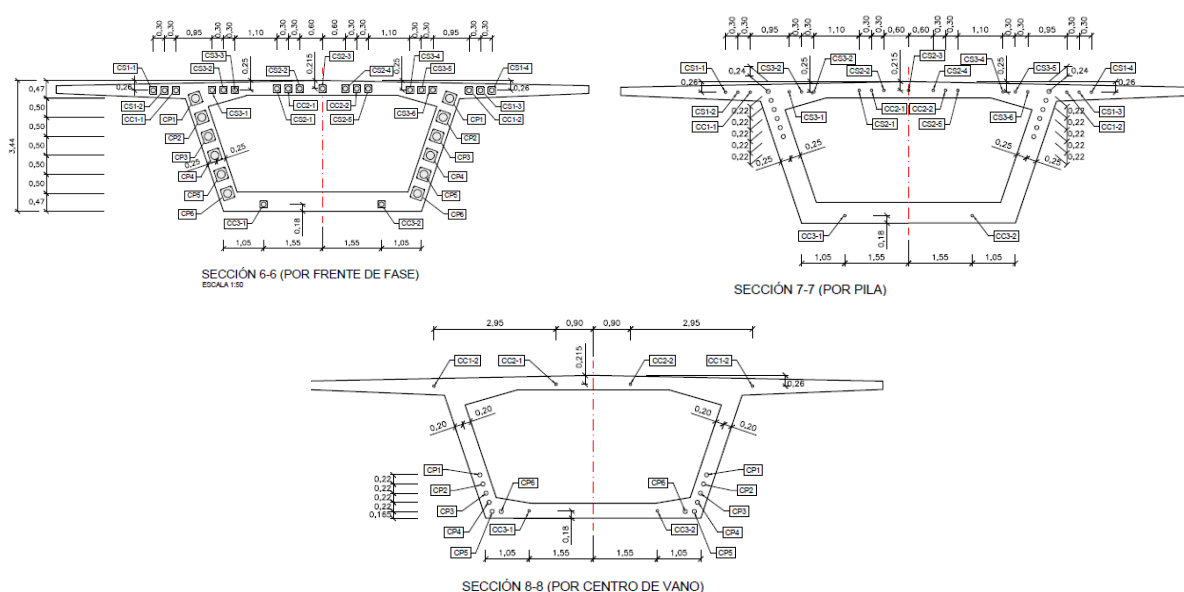


Figura 5. Secciones de pretensado por frente de fase, en pila y en centro de vano

El hormigonado de la sección transversal del tablero se realiza en dos fases. En la primera se ejecutan la losa inferior, almas y los voladizos y una parte de la losa superior entre almas, de manera que se deja solamente sin hormigonar la parte estrictamente necesaria de la losa superior que permita la retirada de los encofrados interiores, resultando 3.50 m la anchura de losa entre almas a hormigonar en segunda fase.

Tras el hormigonado de la primera fase, se procede al tesado de todos los cables de pretensado a excepción de los cables que van en la losa entre cartelas de la sección cajón (pretensado de sombrero), que corresponde al hormigonado de la segunda fase de hormigonado en la sección, después de lo cual se puede desplazar la autocimbra y ejecutar el siguiente vano del tablero (Figura 6). Una vez hormigonado la fase 1 de la sección del vano siguiente, se hormigona y tesa la segunda fase del vano inicial, de modo que la segunda fase de hormigonado a nivel de sección queda siempre menos solicitada a flexión negativa sobre pilas al no verse sometida a la acción de cuelgue de la autocimbra en voladizo, lo que mejora la fisuración de dicha zona.

En cuanto a la continuidad del pretensado parabólico se ha realizado mediante acopladores en frente de fase reduciendo la cuantía de hormigón al eliminar las cuñas de hormigón para el solape de los tendones de pretensado.



Figura 6. Tablero durante la construcción con la autocimbra

El tablero es visitable para su inspección. Se accede al mismo desde ambos estribos, los mamparos disponen paso de hombre y sobre la sección de apoyos en el centro de la losa inferior se dispone un paso de hombre que permite el acceso al hueco para inspección de los aparatos de apoyo situado en la cabeza de la pila.

2.2. Subestructura

2.2.1. Aparatos de apoyo

Los aparatos de apoyo del viaducto son tipo POT libres en longitudinal y guiado uno de los dos por pila en transversal para transmitir las fuerzas transversales del tablero a la pila. La reacción vertical mayorada de los apoyos para la luz tipo es de 29000 kN.

En el proyecto se considera la sustitución de apoyos en el dimensionamiento de los mamparos del tablero y de la cabeza de la pila.

2.2.2. Pilas verticales

La geometría de las pilas verticales se ha intentado ajustar buscando cierta esbeltez (Figura 7), pero manteniendo un equilibrio que permite un dimensionamiento óptimo desde el punto de vista de cuantías de hormigón y acero en la sección del fuste.

El ancho de la cabeza de la pila viene determinado principalmente por el espacio necesario para los aparatos de apoyo en transversal, y en longitudinal debe ser suficiente para que la esbeltez longitudinal no suponga un dimensionamiento de armadura excesivo además de permitir disponer de gatos en una posible sustitución de apoyos. En la cara superior de la cabeza de pila la dimensión es de 2.80×5.50 metros que en transversal se reduce en el cuello de la curva que tiene el paramento longitudinal de la pila hasta 4.44 metros. A partir de ese punto la pila tiene una inclinación de 1/70 en transversal. En longitudinal también se ensancha la pila con una pendiente de 1/70 desde la cota superior de la pila.



Figura 7. (a) Alzado de pila tipo. (b) Visión de conjunto desde la cercanía al viaducto

La sección de la pila es hueca y el espesor de las tablas es muy ajustado, siendo de 30 cm hasta alturas de 40 metros y de 35 cm para las pilas más altas. La pila más alta alcanza los 58 metros de altura.

En la parte superior de las pilas se ha dispuesto una ventana para alojar el apoyo de la autocimbra que apoya sobre pilas en el apoyo delantero y cuelga del tablero en el trasero. Dada la reacción vertical elevada como corresponde a una autocimbra y vano de las dimensiones de nuestro caso, unido al espesor estricto de las tablas se precisa un refuerzo de armadura para zunchar el hormigón bajo la ventana de apoyo de la autocimbra, así como una mejora local en la resistencia del hormigón.

Las cimentaciones del viaducto son superficiales. Las zapatas más pequeñas son de $8.0 \times 10.0 \times 2.0$ m, mientras que para la zapata de la pila más alta es de $12.5 \times 14.0 \times 3.3$ m.

2.2.3. Pila delta

Como se ha mencionado anteriormente, la pila delta que materializa el punto fijo del viaducto se sitúa en la pila P16. Los fustes de dicha pila son de sección cajón con dimensiones de 3.0×5.2 m y espesor de tablas de 30 cm. La inclinación de los fustes es de 60° con la horizontal y su altura alcanza 47.0 metros (Figura 8).

Las cimentaciones de la pila delta la componen una zapata por fuste y dos vigas riostras horizontales que unen dichas zapatas eliminando la componente horizontal de reacción al terreno de cada fuste por separado para cargas verticales. La fuerza horizontal del tablero se resiste por rozamiento del terreno. Las zapatas tienen unas dimensiones de $11.0 \times 14.0 \times 2.8$ m y las riostras horizontales tienen sección rectangular de 1.2×1.8 m, y están fuertemente armadas como corresponde a un tirante de hormigón armado para controlar la fisuración en servicio.



Figura 8. Vista de la pila delta con el viaducto construido

La unión entre el tablero y la pila delta se realiza mediante un tetón que se introduce en el tablero. Este tetón es una ménsula que recibe toda la fuerza horizontal que alcanza los 26000 kN en ELU. Las dimensiones de la ménsula son bastante estrictas, en longitudinal a causa de que supone un hueco en el cajón que interfiere en el mecanismo de torsión y en transversal puesto que se debe alojar entre los apoyos verticales de la pila. Para su armado se emplean 4 cables de pretensado de 31 torones 0.6" por lado. La unión del tablero al tetón requiere un mamparo doble. En la siguiente figura se muestra el detalle de unión tablero-pila delta (Figura 9).

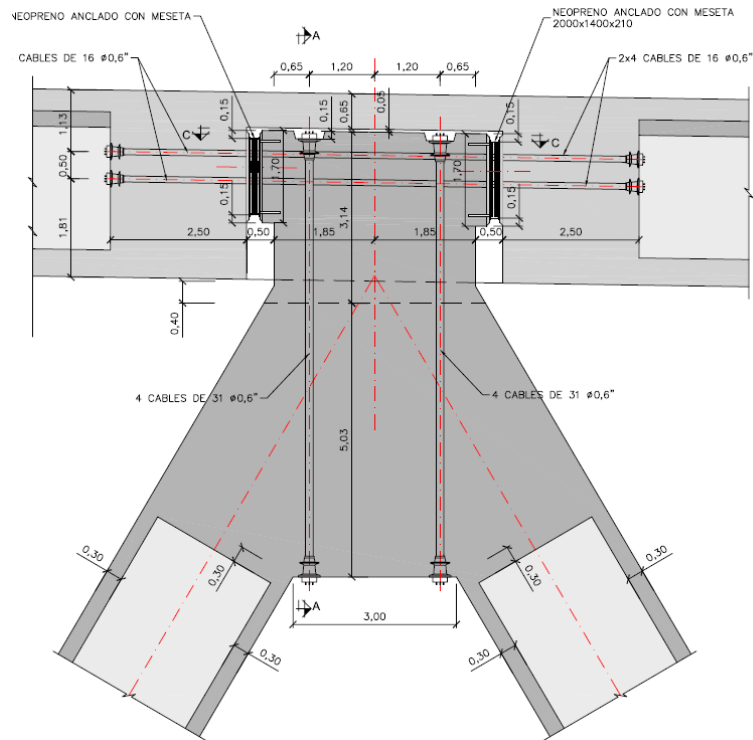


Figura 9. Paso de la autocimbra sobre la pila delta

Durante la construcción de la pila delta se emplean puntales metálicos que arriostran los dos fustes entre sí en dos alturas diferentes, puesto que las dimensiones de la pila son demasiado grandes como para plantear el cimbrado de la misma. Por otra parte, para el apoyo de la autocimbra se requiere cambiar la luz tipo de la misma ya que en este caso la ventana de apoyo debe disponerse en uno de los fustes lo que conlleva la adaptación de los elementos de apoyo de la cimbra para tratar esta singularidad (Figura 10).



Figura 10. Paso de la autocimbra sobre la pila delta

2.2.4. *Estribos*

Los estribos del viaducto se diseñan en caja con una longitud superior a 15 m. Sobre la losa de los estribos se disponen los aparatos de dilatación de vía. El estribo contiene además de los muros laterales dos muros intermedios que divide la luz de la losa superior quedando estas paredes aproximadamente bajo cada una de las vías de la plataforma. El estribo E1 es libre en todo momento, pero el estribo E2 sirve de punto fijo durante la construcción, pues la ejecución del tablero se realiza de E2 a E1, y hasta alcanzar la ejecución del tablero la pila delta, el tablero se ancla al estribo 2 mediante unas barras de pretensado. Adicionalmente a esta influencia del proceso constructivo, el alzado de los estribos se construye por fases, ejecutando en primera fase sólo la parte central de un ancho similar al de las pilas con el fin de dejar paso a la autocimbra.