

VIADUCTO SOBRE EL RÍO TERA EN LA LAV MADRID-GALICIA

Javier MANTEROLA ARMISÉN

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

Antonio MARTÍNEZ CUTILLAS

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

Javier MUÑOZ-ROJAS FERNÁNDEZ

Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado, S.L.
jmrojas@cfcsl.com

Sara FERNÁNDEZ ALONSO

Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado, S.L.
sfernandez@cfcsl.com

RESUMEN

El viaducto sobre el río Tera se encuentra entre los pk 710+697.500 y 711+342.500 del corredor Norte-Noroeste de alta velocidad de la línea Madrid-Galicia situado entre los .

Tiene pues 645 m de longitud con una distribución de luces de 60-75-150-75x5-60. Esta disposición, con una gran luz de 150 m, viene condicionada por el salto sobre el río Tera, que se resuelve con un arco. El tablero se apoya en la clave del mismo con la que se consigue que la modulación de vanos sea constante, empleando la misma sección en todo su longitud, y construyéndolo por empuje. El arco, de sección metálica, se monto por abatimiento de los semiarcos.



PALABRAS CLAVE: puente empujado, hormigón pretensado, abatimiento de arcos, arco metálico, acero S460.

1. Justificación de la solución

La obra se encuentra en el tramo adjudicado a la empresa ACCIONA del corredor Norte-Noroeste de la LAV Madrid-Galicia que discurre por el norte de la provincia de Zamora. La obra más singular del tramo consistía en el cruce del río Tera, en una zona donde se encuentra embalsado para un salto hidroeléctico. La solución del proyecto adjudicado planteaba un viaducto con un apoyo en medio del cauce, lo cual se mostró difícil de realizar por la gran profundidad de las aguas y por las limitaciones impuestas por la Confederación e Iberdrola, explotadora del salto, para cualquier actuación que implicara afectar al nivel de las aguas.

Acciona recurrió a CFC para desarrollar una variante constructiva con una solución que ambas empresas han empleado en numerosas obras de viaductos de alta velocidad en las que han trabajado juntas, la de puente empujado con el sistema de empuje desarrollado y patentado por ACCIONA con cremallera.

La modulación de esta obra se resolvía bien con luces de unos 75 m, luz grande para los puentes empujados pero perfectamente aplicable con hormigones de alta resistencia. Anteriormente ya habíamos tenido ocasión de proyectar una obra con 90 m de luz. Además esta luz supone la mitad del salto sobre el río lo que permitía salvar el río Tera sin apoyos por medio de un arco cuya clave sirve de apoyo al tablero, manteniendo así la misma solución constructiva en toda la obra y realizado por empuje.

CFC llevó a cabo el desarrollo del proyecto constructivo del puente y estuvo al frente de la dirección de las obras de construcción del conjunto que tuvieron lugar entre el año 2010 y el 2013

2. Descripción del puente

2.1 Trazado

El trazado de la obra es recto en planta y con una pendiente constante en alzado. Tiene 645 m de longitud con una distribución de luces de 60-75-150-75x5-60. En la margen derecha del río se presenta un fuerte escarpe, donde es necesario implantar una pila. En la margen derecha el terreno sube progresivamente. La altura máxima de las pilas que resulta es de 42 m, de

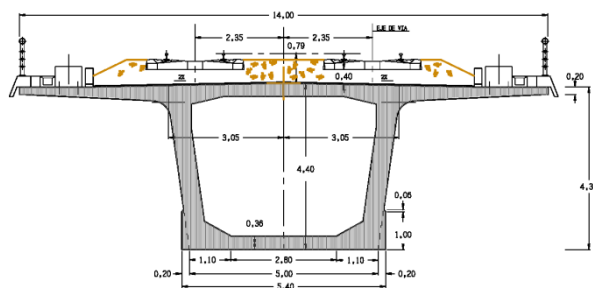
manera que con las luces de 75 m se amolda bien tanto formalmente, como económicamente.



2.2 Tablero

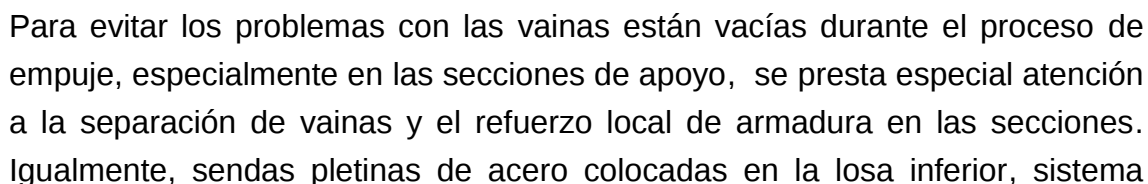
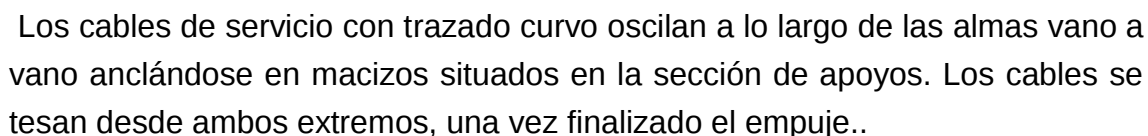
El tablero presenta dimensiones y proporciones típicas en los puentes de ffc construidos por empuje: la plataforma de 14 m de anchura se sitúa sobre una sección cajón de hormigón pretensado de canto constante con una esbeltez de 1/18 de la luz (4.40 m). La losa inferior tiene 5.20 m de ancho y por medio de alas ligeramente inclinadas se consigue una anchura superior de 6.50 m. Con esta disposición se optimiza el comportamiento longitudinal y el transversal al situar los ejes de cada una de las vías lo más próximo a los ejes de las alas, minimizando la flexión transversal de la losa superior y, al mismo tiempo reduciendo las dimensiones de la losa inferior.

Las espesores de la losa superior varían entre 0.30 y 0.50 m, el espesor típico de la losa inferior es de 0.36 m, aumentando a 0.76 m sobre pilas. Las alas son 0.50 m. La resistencia característica del hormigón es de 60 Mpa.



Como en cualquier puente empujado, se disponen dos familias de cables de pretensado, los cables rectos que proporcionan la compresiones adecuadas para las fases de empuje y las familias de cables ondulados puestos en carga

Los cables de proceso se disponen en la losa superior e inferior en grupos que cosen tres dovelas realizándose su unión mediante anclajes de continuidad. La puesta en carga de los mismos se realiza en el parque de fabricación, con una disposición adaptada a la ley de esfuerzos durante la construcción, que como es sabido oscilan, fuera de la zona de influencia de la nariz de lanzamiento, entre pl2/12 y pl2/24. En términos de fuerza axil total de pretensado esto supone un 56 % del total.

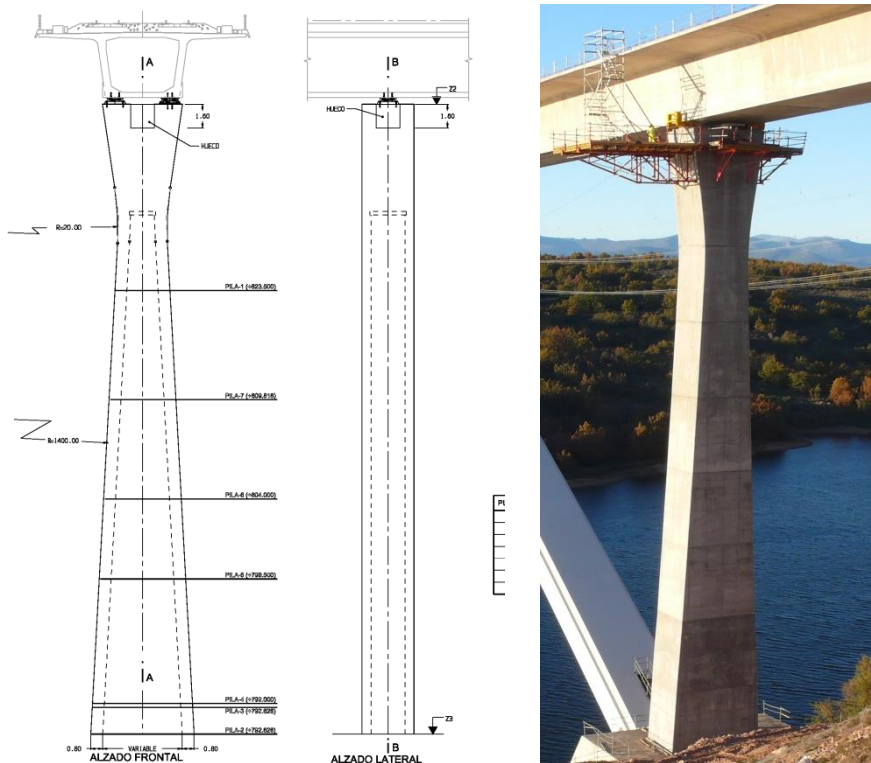


utilizado habitualmente por ACCIONA, facilita el paso sobre los teflones contribuyen al reparto de la carga.

2.3 Pilas

El tablero apoya sobre pilas de hormigón de sección rectangular hueca excepto en su cabecera, con dimensión longitudinal constante de 3.50 m y transversalmente variable con pendiente de 1/40 desde una garganta situada bajo la cabeza de las mismas con dimensión mínima de 3.20 m. La cabeza superior es acampanada, con dimensión 5.20 m que decrece linealmente hasta la zona de garganta en una altura total de 7.5 m.

Todos los apoyos del puente son esféricos, con una unidad libre y otra guiada en transversal en cada una de las pilas y estribo1, ya que en el estribo 2 ambas unidades son libres. Todos son inspeccionables desde huecos previstos en la cabeza a la que se accede desde el tablero.



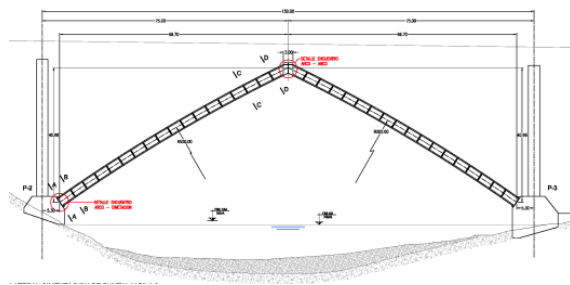
No hay problemas de tiro en ningún apoyo de las pilas, pero en los estribos se abren ligeramente para evitarlos, lo que implica la realización de una riostra en segunda fase en ellos.

La fijación del viaducto frente a acciones longitudinales se realiza en el estribo 2 aprovechando para ello la gran capacidad que ofrece el parque de empuje

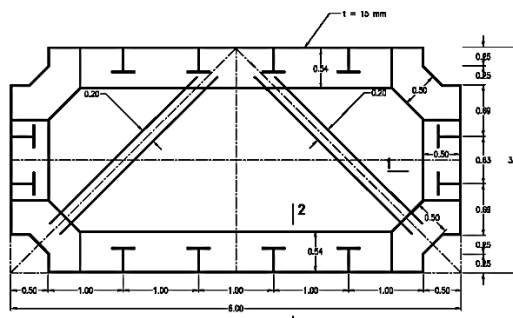
para resistir las importantes reacciones de frenado del ferrocarril. El bloqueo se realiza mediante un taco que sale del estribo para introducirse en la losa inferior del tablero y con el cual no sólo recogemos la carga longitudinal sino también la transversal. El acoplamiento de ambos se realiza con apoyos de neopreno con la capacidad de giro necesaria. Este sistema introduce flexiones en la sección del tablero que son tenidas en cuenta en el dimensionamiento.

2.4 Arcos sobre el río Tera

La parte más singular del viaducto lo constituye el vano de 150 m apoyado sobre un arco que por su geometría casi recta aparenta estar realizado con dos puntales. Se comparó la solución de hormigón y la metálica, mostrándose más ventajosa la segunda empleando acero de alta resistencia (S460). En esta situación el peso propio del puntal es poco importante y por tanto la geometría del arco que se genera del antifunicular de las cargas prácticamente resulta el de la carga puntual en clave. Por ello la curvatura de los semiarcos es muy ligera y su aspecto visto frontalmente es el de puntales rectos



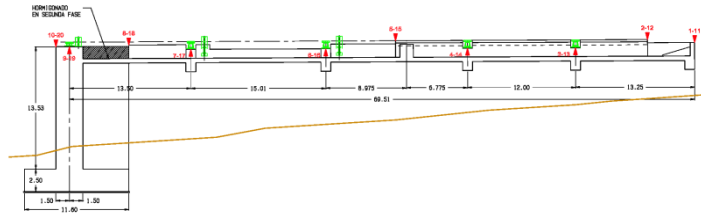
La sección es rectangular con esquinas biseladas para crear un efecto de sombras que los perfilen. La chapa típica de las paredes es de 15 mm con rigidizadores longitudinales en T y diafragmas transversales en K cada 4 m.



3. Proceso de construcción

3.1 Empuje del tablero

El proceso constructivo del tablero del puente es mediante empuje desde el estribo 2. Las dovelas son de 25 m; teniendo el parque de fabricación capacidad para 3 dovelas que corresponde a un vano completo. El ciclo de fabricación conseguido fue de una dovela por semana, incluido el empuje.



La nariz de empuje metálica tiene 45 m, esto es un 64% de la luz máxima lo que es un valor habitual para optimizar esfuerzos en el tablero. La conexión al tablero se realiza con barras de pretensado verticales y horizontales.



3.2 Abatimiento del semiarco

Lo más singular del proceso de ejecución de esta obra fue el montaje de los semiarcos que se realizó por abatimiento. Se montaron en vertical sobre sus arranques sobre rótulas provisionales y por medio de cables de atirantamiento provisionales anclados en las cimentaciones de las pilas contiguas se giraron hasta encontrarse en clave donde se realizaron las soldaduras de unión correspondientes. Posteriormente los arranques se bloquearon contra la cimentación quedando las rótulas provisionales embebidas en el hormigón.

Los semiarcos se dividieron en dos segmentos colocados con potentes grúas y una vez unidos estabilizados por las pilas que nacen de los mismos arranques por medio de fijaciones provisionales giro.

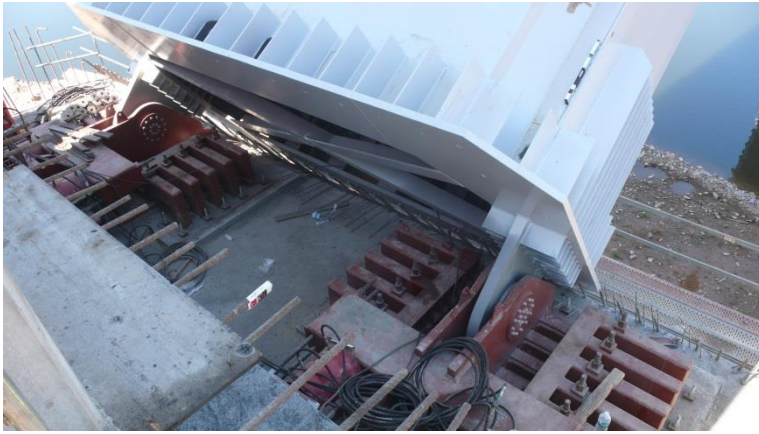


La rotura del equilibrio para iniciar el abatimiento se consigue actuando sobre pares de gatos colocados en la parte superior de la pila.

Los tirantes de retenida se anclan en un marco giratorio que lleva alojada en su interior la unidad hidráulica de retenida. El anclaje de los tirantes en los semiarcos se realizó mediante marcos auxiliares desmontados una vez completado el giro.



En las rótulas provisionales inferiores se dispone un sistema de control y corrección de los desplazamientos de las rótulas de giro del arco por medio de gatos hidráulicos. Actuando sobre estos se va progresivamente liberando cable para producir el abatimiento de los semiarcos hasta que se encuentren enfrentados en clave donde se bloquean con un empotramiento provisional atornillado.



Las correcciones en la posición del semiarco se consiguen por doble vía:
 Los giros a torsión de la sección del arco se corrigen actuando sobre la carga en cada uno de los tirantes. el sistema de deslizamiento activado con gatos hidráulicos previsto en los arranques de los arcos. Este sistema permite desplazar longitudinalmente los semiarcos y proporcionar un giro de eje vertical. Una vez fijada la posición de cierre se procede al bloqueo de la clave y su posterior soldadura, al bloqueo de las articulaciones en arranque y al hormigonado del hueco dejado para estas en el estribo de apoyo del arco.



Cuadro resumen

Dimensiones

Longitud total: 645 m (60-7x75-60)

Anchura: 14.0 m

Canto: 4.30 m

Tablero

Hormigón H-60: 7529 m³ (0.83 m³/m²)

Pretensado Y1860: 651 T (72 kg/m²)

Armadura AP 500 S: 1694 T (187 kg/m²)

Arco

Luz 150 m. Flecha 40 m

Acero S460: 600 T (285 Kg/m² en 150 m)

Ficha técnica.

Propiedad

- ADIF: Manuel Puga, Agustín Fernández, Agustín Álvarez,

Construcción

- ACCIONA: Antonio Muñoz, Antonio Garrayo, David Higuera, José M. Álvaro
- Sucontratistas especializados:
 - Arco metálico: Talleres Torrejón-Megusa: Manolo García.
 - Abatimiento:
 - ALE: José Luis Salamanca
 - ACCIONA INGENIERIA: Manuel Biedma, F. Javier Martínez

Proyecto

- CARLOS FERNANDEZ CASADO S.L.: Javier Manterola, Javier Muñoz-Rojas , Antonio Martínez, Sara Fernández

Supervisión del proyecto y de la ejecución

- José M^a Olaguibel / INECO