



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto básico para el concurso del puente de acceso sur al parque de Tempelhof, Berlín. Solución A.

Trabajo final de grado Anejo Nº6. Proceso constructivo

Autor: Soria Cabello, Alvaro

Tutor: Izquierdo Silvestre, Francisco Ángel

Cotutor: Domingo Cabo, Alberto

Titulación: Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2014-2015



Índice

- I. *Objeto*
- II. *Procedimiento constructivo*
- III. *Conclusiones*



I. Objeto

El objeto del presente Anejo es describir el procedimiento constructivo a partir del cual se planteará el plan de obra para la ejecución del Puente acceso sur al parque de Tempelhof.

Se trata de una estructura de acceso al parque de Tempelhof que cruza las vías de ferrocarril con un tablero de arco superior mixto descrito con más detalle en los documentos “Memoria” y “Anejo nº4. Diseño y comprobación de la estructura” de Balbastre Camarena, Borja y Adrián Sedeño Porcar.

Debido a los condicionantes de tráfico ferroviario que se imponían en la ejecución se tuvo que tener en cuenta de qué manera iba a ser llevada a cabo la construcción de la estructura ya desde el inicio de su concepción.

El proceso constructivo queda limitado por los requerimientos económicos y operativos añadiendo además el condicionante imperativo de no interferir con las vías ferroviarias, siendo necesaria la ejecución de algunas tareas en horario nocturno para evitar posibles caídas de materiales, pese a que como ya se ha indicado, la estructura y la forma de ejecutarla tuvieron en cuenta este aspecto.

La información se ha recogido en un único apartado donde se describirán e ilustrarán los pasos que llevan a la ejecución de la obra.

II. Procedimiento constructivo

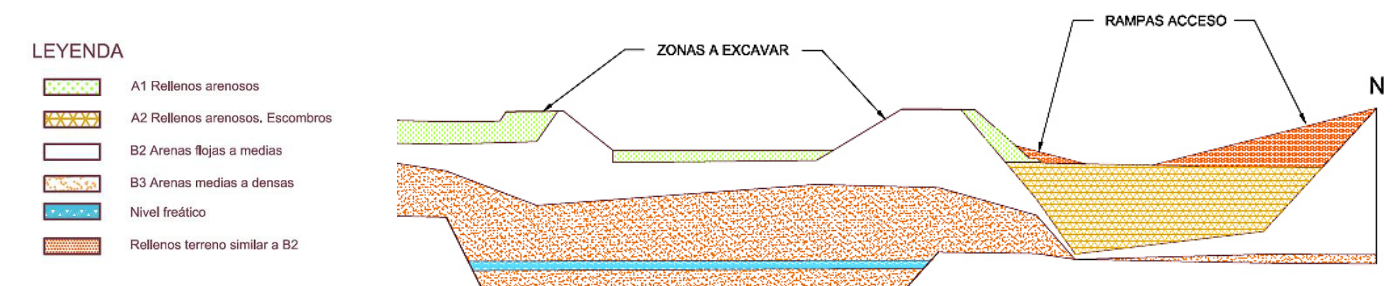
El proceso que se prevé para la ejecución del puente es el siguiente:

En primer lugar y previo el inicio de la obra, se retirarán los servicios afectados.

Preparación de la obra

1. Una vez se hayan retirado posibles instalaciones afectadas, se comienza con la preparación del terreno para los trabajos. Las operaciones de desbroce y limpieza del terreno se llevarán a cabo por medio de pala cargadora. Posteriormente se realizará el montaje de casetas de obra, suministros de agua y luz y otras instalaciones requeridas por los operarios. La preparación de los terrenos de acopios y ejecución de una rampa de acceso para la maquinaria en el lado norte serán necesarios para el inicio de las siguientes fases.

Figura 1. EJECUCIÓN DE RAMPAS DE ACCESO



Movimiento de tierras

2. A continuación, una vez limpio el terreno se procederá a iniciar la excavación mediante retroexcavadora (siguiendo los taludes marcados en el “Anejo nº3. Diseño y comprobación de la cimentación.”). Todo el terreno excavado se reutilizará para rellenar los accesos mediante su extensión con bulldozers. El relleno se producirá a lo largo de toda la obra pero es en esta fase cuando se inicia.

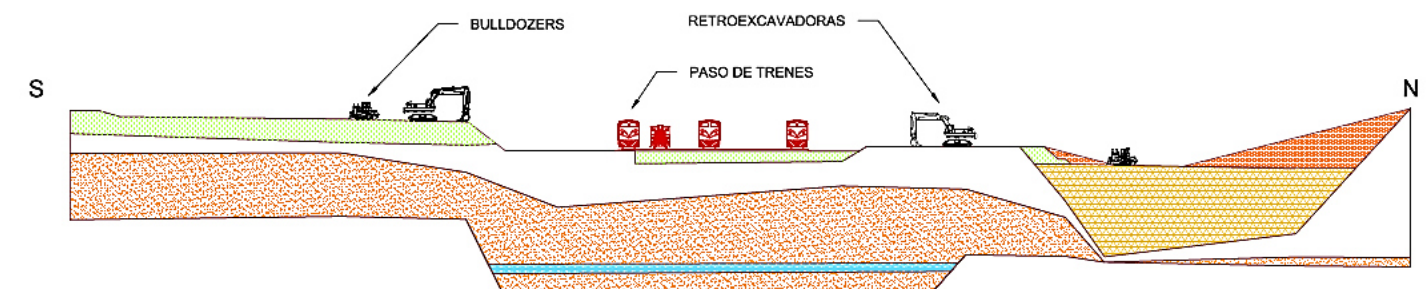


Figura 2. EXCAVACIÓN ZONA CIMIENTOS

Subestructuras

- Con el terreno ya excavado se llevará a cabo la ejecución de las zapatas con el siguiente orden: Replanteo de la base de la zapata, encofrado de las paredes verticales, vertido de hormigón de limpieza (10cm), armado, comprobación del armado así como vertido del hormigón, compactado, vibrado y curado. El equipo necesario es el requerido para el montaje de encofrados y armado así como para el vertido, compactado, vibrado y curado del hormigón. Es importante recalcar que las operaciones serán realizadas con tráfico de trenes y que este no será interrumpido. Las operaciones serán realizadas por un equipo en cada margen.

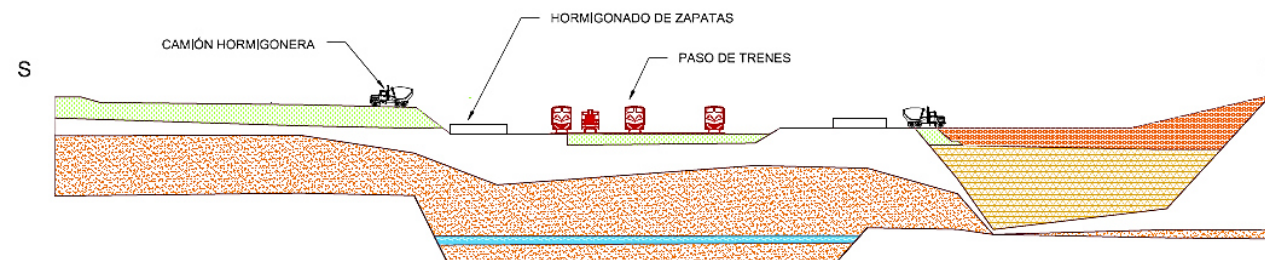


Figura 3. HORMIGONADO DE ZAPATAS.

- El siguiente paso a realizar consistirá en la ejecución de estribos sobre las zapatas. Estos estribos funcionarán en ambos casos como muros de contención y como pilas, recibiendo el terreno por debajo del acceso y los esfuerzos que transmite el puente. Se armarán solapando debidamente a las esperas, encofrarán y hormigonarán, debiendo tener en cuenta el correcto apuntalamiento de los encofrados durante el vertido y fraguado. El vertido será realizado con camión bomba del tipo PUTZMEISTER M24 con bomba BSF 11 HLS o similar. Tras el vertido se compactarán y curarán debidamente. Una vez finalizados los estribos se colocarán los elementos necesarios para el apoyo del puente. Para poderlos disponer será necesaria la ejecución de una cama de mortero de unos 10 cm correctamente nivelada. Se ejecutarán asimismo los tirantes requeridos en la bases del arco para anclarlo a la subestructura.

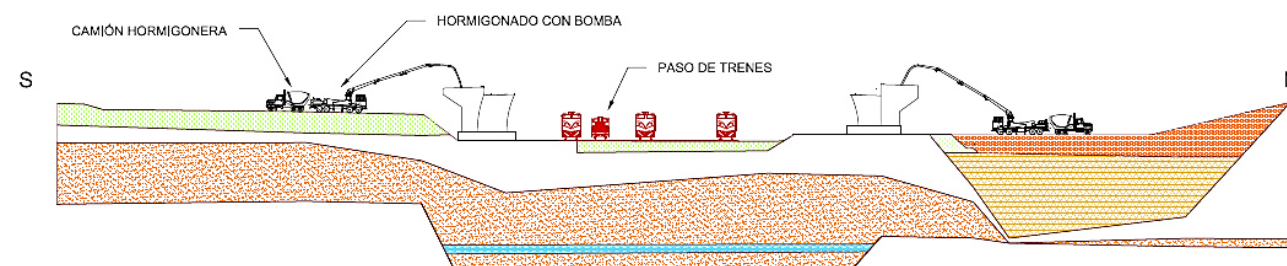


Figura 4. HORMIGONADO DE ESTRIBOS.

Prefabricación y transporte de la estructura metálica

- Durante la ejecución de la cimentación y de forma que se solapen los trabajos se realizará el encargo de toda la estructura metálica (tanto arco como tablero) y se procederá a su transporte para posterior ensamblaje en obra. Se transportan por separado los siguientes elementos:

- Cuchillos (3.75 metros)
- Cajones longitudinales (7.5 m)
- Medias vigas transversales (8 m)
- Arco dividido en 9 tramos de menos de 12 m cada uno
 - Cajones 1 a 3
 - Cajones 4 a 7
 - Cajones 8 a 11
 - Cajones 12 a 16
 - Cajones 17 a 21
 - Cajones 22 a 24 Derecha y 22 a 24 Izquierda
 - Cajones 25 a 27 Derecha y 25 a 27 Izquierda

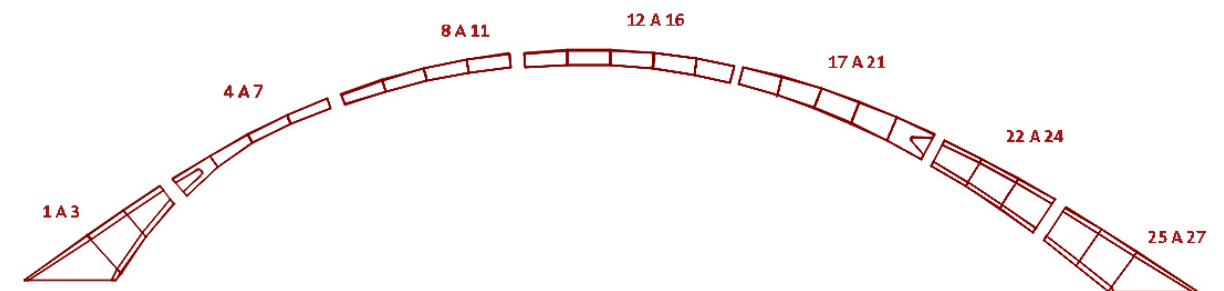


Figura 5. TRANSPORTE DEL ARCO.

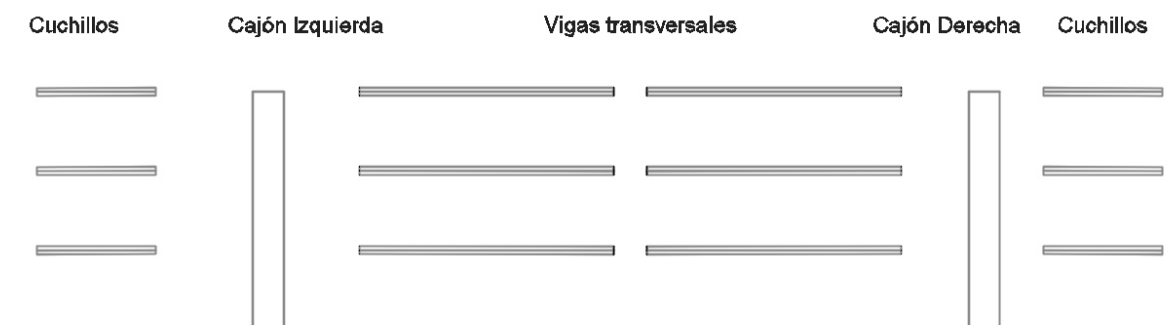


Figura 6. TRANSPORTE DEL TABLERO.

En obra se realizará el ensamblaje tanto de arco como de tablero. El tablero quedará unido mediante soldadura en tramos de 7.5 metros (un cajón a cada lado), 6 medias vigas transversales y 6 cuchillos, de forma que todo el conjunto forme un módulo que más adelante se colocará entre cada tirante.

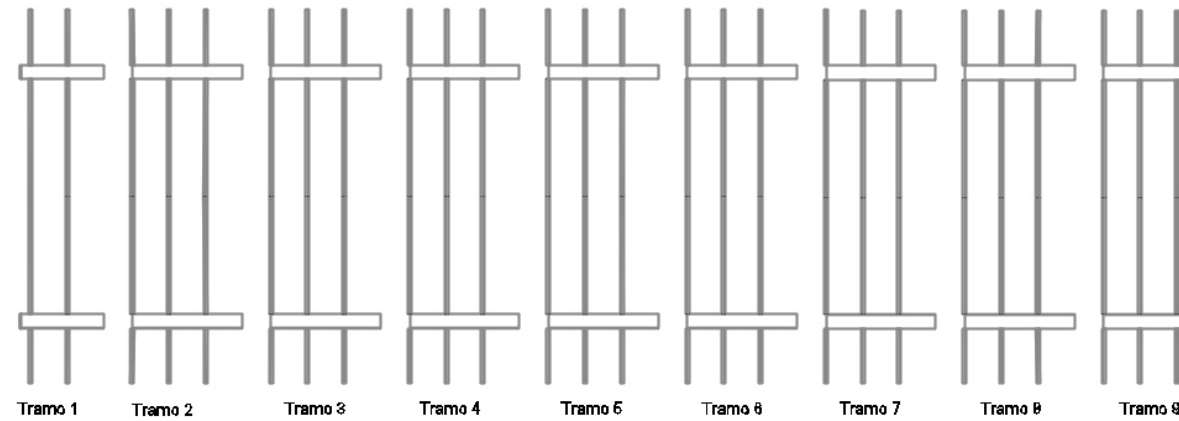


Figura 7. ENSAMBLAJE DEL TABLERO.

Por otro lado el arco se unirá también mediante soldadura en la zona de montaje en tres tramos. El tramo izquierdo con los cajones del 1 al 7. El tramo central hasta el cajón 21 y el tramo derecho desde el 22 hasta el final.

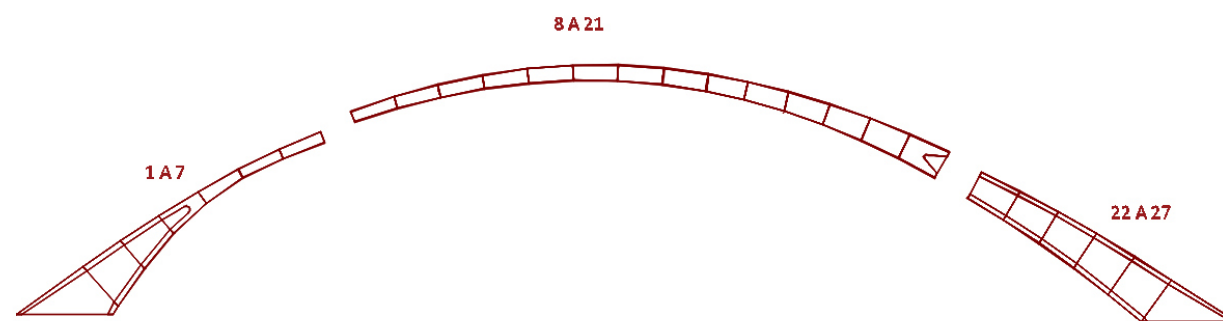


Figura 8. ENSAMBLAJE DEL ARCO.

Superestructura. Primer tramo de tablero y arco metálico

6. Sobre ambos estribos se colocará el primer tramo de tablero metálico previamente montado a ambos lados del puente. Este primer tramo al situarse sobre el estribo no requiere cimbras. Para colocarlo se utilizará una grúa Liebherr LR 1100 o similar. Se procederá asimismo al montaje de los apeos del arco.

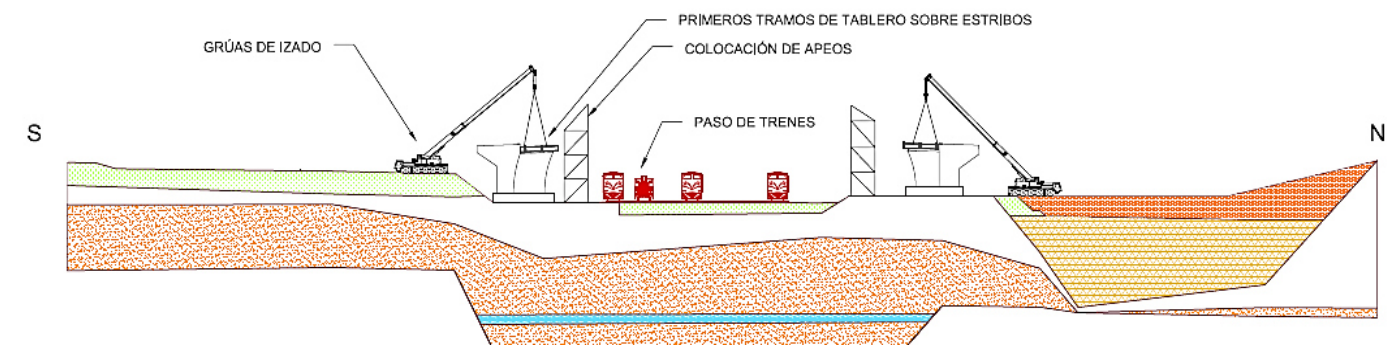


Figura 9. IZADO PRIMER TRAMO DE TABLERO Y COLOCACIÓN DE APEOS.

7. Una de las fases críticas en la construcción de la estructura es el izado del arco metálico. El arco se montará previamente en ambos márgenes y se trasladará a su posición final mediante el uso de 2 grúas LTM 1100 5.2 o similar. La colocación del arco en los arranques requiere de apeos previamente dispuestos a ambos lados de los estribos de forma que en ningún momento interrumpan la circulación de trenes. Será necesaria la instalación de redes anticaída de objetos y personal durante esta fase y las siguientes.

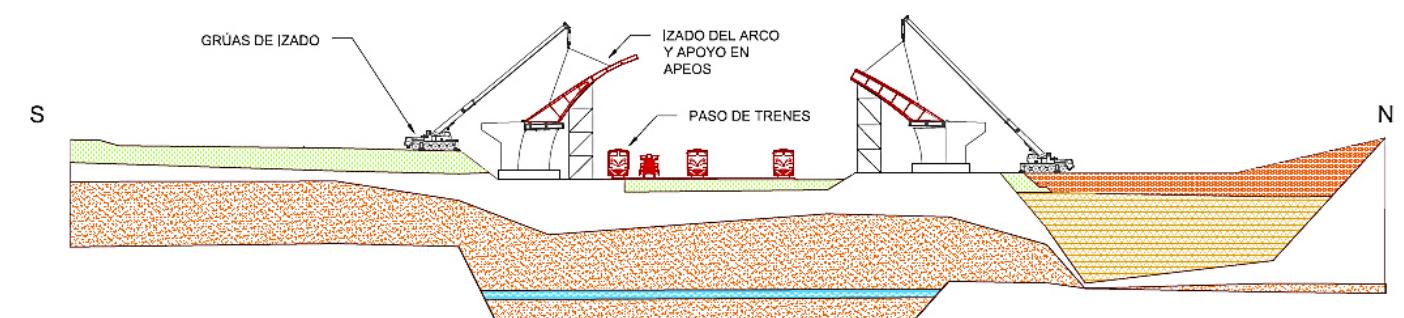


Figura 10. IZADO DE TRAMOS DE ARCO 1 A 4 Y 22 A 27.

8. Una vez colocados los dos tramos iniciales (cajones de 1 a 7 y de 22 a 27), una grúa Liebherr LR 1750 o similar, realizará el izado del tramo central del arco que será debidamente soldado a los tramos contiguos del arco. La operación de izado por su peligrosidad será realizada en horario nocturno sin paso de vehículos ferroviarios.

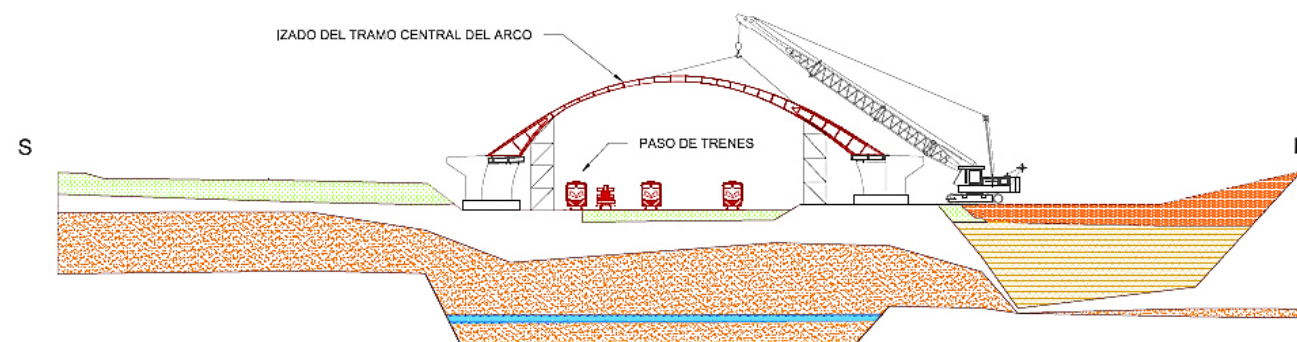


Figura 11. IZADO DEL TRAMO CENTRAL DEL ARCO

9. El siguiente paso que se deberá llevar a cabo será el de hormigonado de los arranques del arco. En estos momentos el arco metálico resiste por sí mismo y es capaz de soportar el hormigón de estas zonas de apoyo. El hormigonado ayudará a resistir el peso del tablero metálico cuando se empiece a montar. El proceso será llevado a cabo mediante el uso de un camión bomba, previo encofrado y armado del tramo de arco correspondiente. Los operarios aprovecharán la superficie de trabajo que proporcionan los apeos. Estos apeos se retirarán una vez concluidas las operaciones de hormigonado.

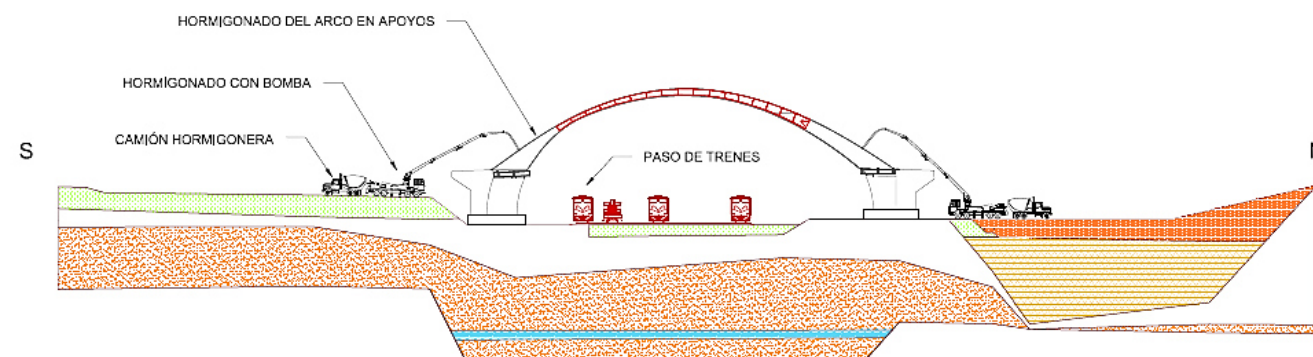


Figura 12. HORMIGONADO DEL ARCO EN LA ZONA DE APOYOS.

Tablero y losa

10. Para el montaje del tablero se hace necesaria la colocación previa de los tirantes de forma que aguanten las vigas. Los tirantes se unirán por operarios a las cartelas ya dispuestas en el arco. Para colocar el tablero se irán transportando los tramos previamente montados a su posición final mediante el uso de una grúa similar a la utilizada para izar los dos primeros tramos de arco metálico. Asimismo se prevé que sea necesaria otra grúa para poder mover las piezas sin interferencias con el arco. Se recomienda el estudio detallado del proceso en el futuro proyecto a realizar sobre este proyecto básico. Las uniones se materializarán mediante soldadura con las piezas traslapadas del tablero. Es necesario que previa realización de esta fase se hayan alcanzado las cotas de los estribos para facilitar el montaje del tablero. Esto será posible solapando los trabajos de movimiento de tierras (ver figura 13). Las distintas fases de izado del tablero serán llevadas a cabo también en horario nocturno.

El tablero se monta en cuatro fases:

Fase 1

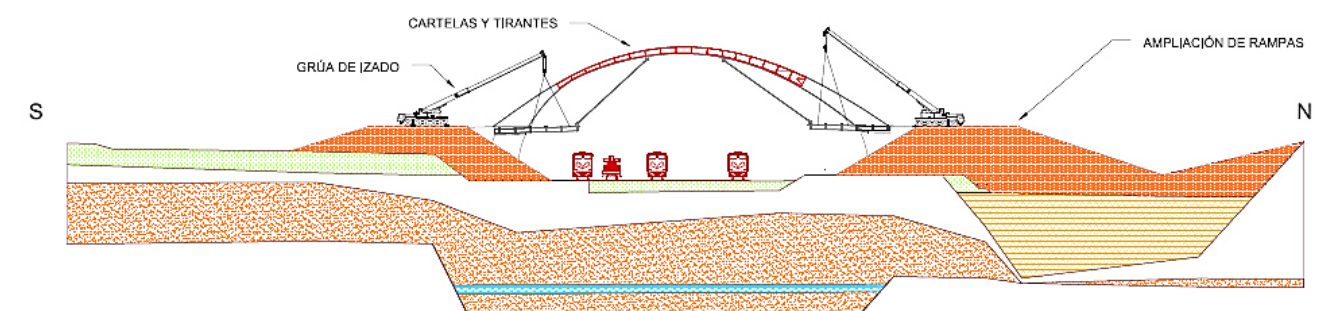


Figura 13. IZADO DE TRAMOS 2 Y 8 DE TABLERO.

Fase 2

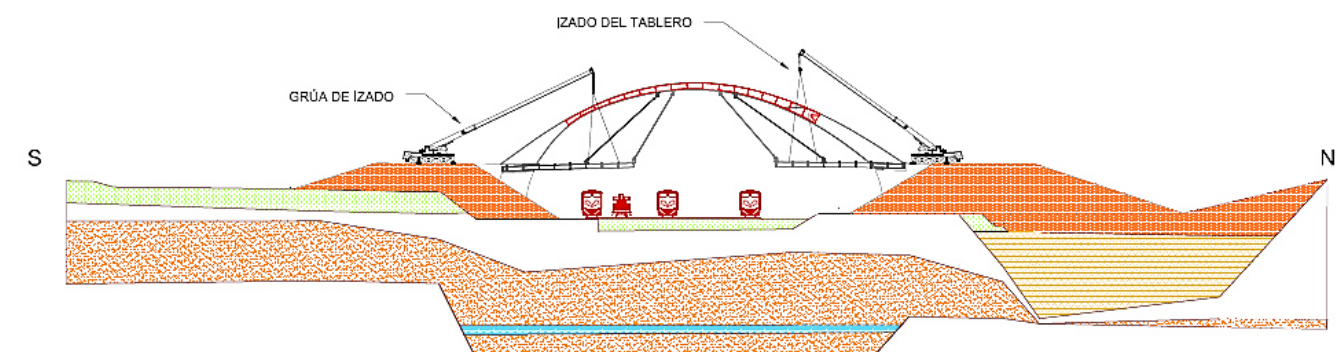


Figura 14. IZADO DE TRAMOS 3 Y 7 DE TABLERO.

Fase 3

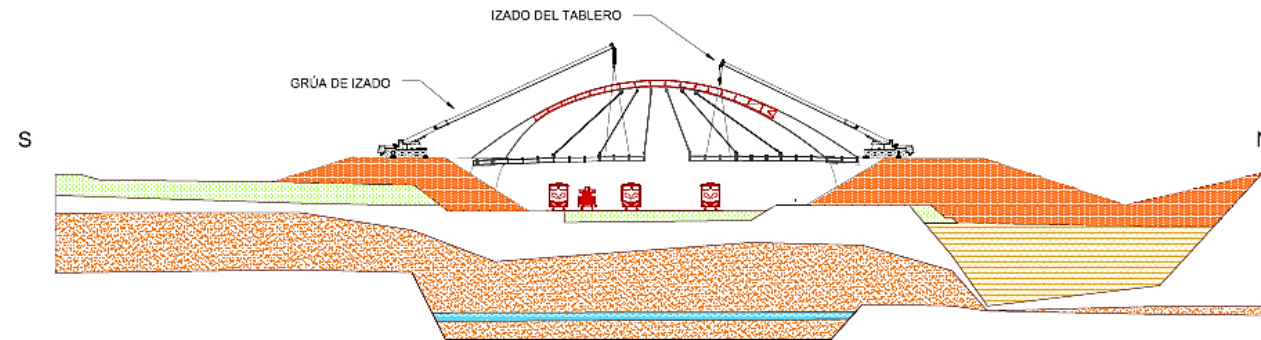


Figura 15. IZADO DE TRAMOS 4 Y 6 DE TABLERO.

Fase 4

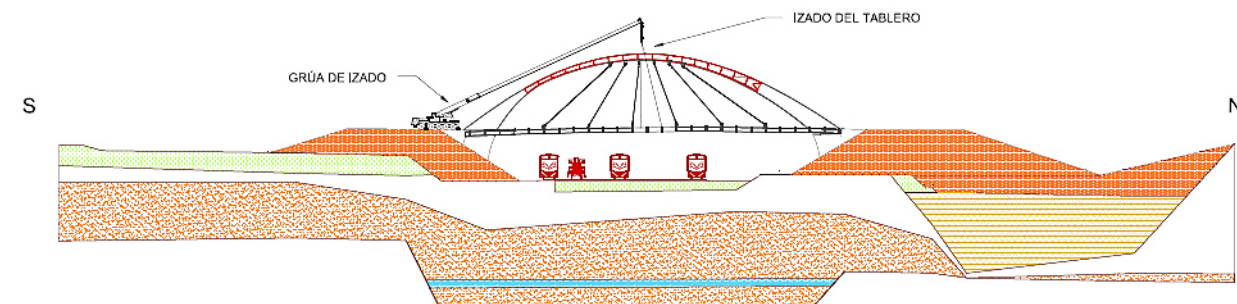


Figura 16. IZADO DE TRAMOS 5 DE TABLERO.

11. El siguiente paso será montar la chapa grecada que hará de encofrado. La chapa estará compuesta por perfiles laminados del tipo HA-60/220 (5 grecas) o similar de 2.5 m de longitud (distancia entre vigas transversales) y de ancho variable. Se dispondrán 6 tramos. El primero de ellos engloba el jalalcón y el cajón longitudinal, el segundo la mitad de media viga transversal y el tercero la otra mitad, a ambas partes de la mediana. Los tramos serán colocados y montados por 4 operarios por tramo. Se realizarán operaciones de corte colocación y sellado de la chapa. La imposta recibió un diseño apto para su fácil montaje en obra y para servir también de encofrado. Se unirá a las esperas dispuestas en los cuchillos colocándose mediante grúa.
12. Una vez se haya dispuesto el encofrado se armará la losa. Tras el armado se procederá al vertido del hormigón del pavimento también mediante el uso de bomba, en tres fases teniendo en cuenta la disposición de juntas de hormigonado. Se vibrará, nivelará y curará el hormigón.

Hormigonado del arco

13. Tras el hormigonado y endurecimiento de la losa se procederá al encofrado del tramo central del arco, el cual se sostendrá del conjunto de cajones metálicos. La operación será realizada con grúas móviles y operarios en plataformas elevadoras tijeras. A continuación se colocará la armadura adicional necesaria en el arco (se considera que los cajones forman gran parte del armado) y se procederá al vertido del hormigón en tres fases, también mediante bomba.

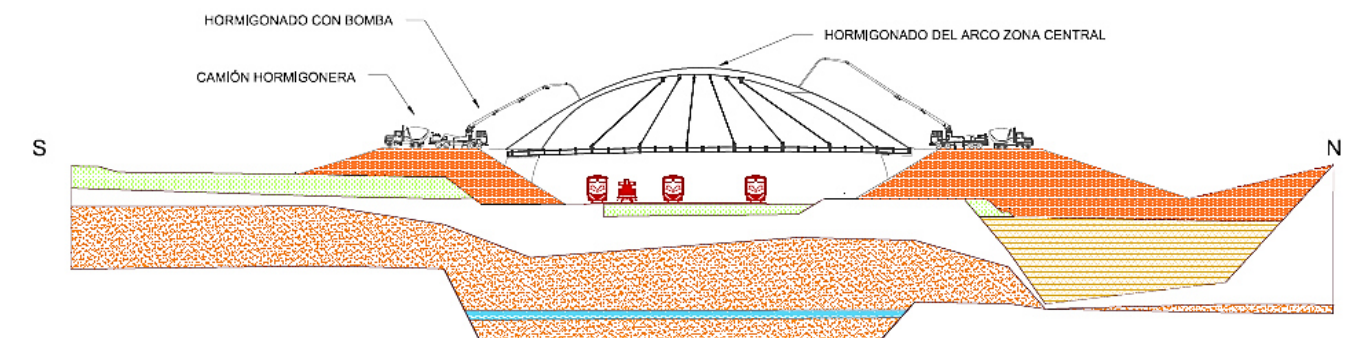


Figura 17. HORMIGONADO DEL ARCO.

Pavimentación y defensas

14. El siguiente paso en la ejecución de la obra será realizar la pavimentación tanto de accesos como de la estructura. La mezcla bituminosa definida se colocará mediante pavimentadora convencional.
15. A continuación se procederá a la colocación de bloques de hormigón y bordillos así como defensas del arco. Los bloques ya cuentan con el sistema de iluminación montado de fábrica y huecos para conducciones integrado. Su colocación se realizará mediante grúas móviles. Los bordillos que separan el carril bici y la calzada serán colocados por operarios con una capa de mortero cola. Por último se ejecutarán las defensas del arco.
16. Tras la colocación del bloque de separación de acera y carril bici se seguirá con la pavimentación de las aceras mediante las baldosas correspondientes definidas en "Anejo 5. Diseño de equipamientos" con dos equipos uno en cada acera.

Barandillas, iluminación y marcas viales

17. El montaje de barandillas, instalación de conductos y desagües, reposición de servicios así como la señalización (pintado marcas viales y carril bici) será llevado a cabo en las últimas fases de la obra, dando por finalizada la construcción del puente.



III. Conclusiones

El proceso constructivo descrito es aquel que optimiza la ejecución del puente cumpliendo con los requisitos impuestos y mencionados a lo largo del anejo de no interferencia con las líneas ferroviarias durante la construcción. La propia estructura está fundamentada y comprobada teniendo en cuenta este método constructivo y se justifica por el mismo, por tanto se recomendaría seguirlo, con las modificaciones que se consideren oportunas en un futuro proyecto de construcción.

Se considera motivo de estudio excluido de este proyecto básico el completo despiece y ensamblaje de la estructura metálica así como el izado de la misma, teniendo en cuenta posibles interferencias con el arco. Las fases de hormigonado se han planteado también en el anejo pero se requeriría un estudio más completo en un futuro proyecto de ejecución.

La conclusión del presente anejo es, por tanto, que el procedimiento constructivo más adecuado a seguir para la ejecución de la estructura considerada es el descrito en las líneas anteriores y que se completa con el “Anejo nº 7. Plan de obra”. Por tanto se recomienda su seguimiento y ampliación en un futuro proyecto constructivo a redactar sobre este proyecto básico.



ANEXO AL ANEJO Nº6 PROCESO CONSTRUCTIVO. BIBLIOGRAFÍA

Libros

BENLLOCH SANZ, A., MONDRÍA GARCÍA, M, PELLICER ARMIÑANA, E., CATALÁ ASÍS, J. *Valoración de obras de ingeniería civil*. Valencia. Universidad politécnica de Valencia.

YEPES, V. (1997). *Equipos de movimiento de tierras y compactación. Problemas resueltos*. Universidad Politécnica de Valencia. SPUPV 97.439. ISBN: 84-7721-551-0.

Páginas web

LIEBHERR. *Maquinaria de construcción Liebherr*.
<<http://www.liebherr.com/es/deu/productos/m%C3%A1quinas-de-construcci%C3%B3n/m%C3%A1quinas-de-construcci%C3%B3n.html>> [Consulta: 25 de MAYO de 2015]

CYPE INGENIEROS S.A. *Generador de precios CYPE*.
<<http://www.generadordeprecios.info>> [Consulta: 18 de MAYO de 2015]

FREYSSINET. *Catálogo de tirantes*.
<<http://www.freyssinet.es/pages/tirantes.html#sistema2000>> [Consulta: 17 de MAYO de 2015]