

vigilada, y a este fin se anunció un concurso, al cual acudieron cuatro casas de reconocida experiencia en esta clase de obras. Por su parte, la Sociedad procedió a efectuar trabajos, en sitios convenientemente elegidos por el Director de las obras, el coronel de Artillería D. Oscar Laucirica, para conocer con bastante aproximación el coste de la perforación de túneles y tener una guía segura al efectuar la adjudicación de las obras.

Examinadas detenidamente las ofertas de las cuatro entidades y no encontrando diferencias esenciales entre ellas, tanto en sus precios como en su capacidad técnica, se optó, para favorecer la rapidez de ejecución, por dividir el canal en cuatro trozos, adjudicando uno a cada uno de los concursantes.

La Sociedad, por su parte, como ya hemos indicado, ha construido una línea de transporte de energía eléctrica a 6 000 V, que pasa por las inmediaciones de todas las bocas de los túneles para que puedan dispo-

ner de luz y fuerza motriz para los compresores de las perforadoras neumáticas.

Esta línea sale de la Central de Cortes de Pallás, situada sólo a 1 800 m de la presa y arranque del canal. También ha instalado una línea telefónica paralela a la anterior, y que al propio tiempo que sirve como auxiliar de la línea de alta tensión, se utiliza para la comunicación de los tajos entre sí y con las oficinas y almacenes.

Se desistió de construir almacenes especiales, porque cada contratista hizo sus cobertizos provisionales, y la Hidroeléctrica contaba con sus extensos almacenes de la Central de Cortes, que mediante la carretera de servicio, el teléfono y los camiones de que dispone, permiten llevar los materiales rápidamente al punto en que sean necesarios.

Las obras se ejecutan bajo la dirección del coronel de Artillería D. Oscar Laucirica, auxiliado por el ingeniero de Caminos D. Joaquín Guinea y el capitán de Artillería D. Javier Bustamante.

José ALFARO CORDÓN

Puente de hormigón armado sobre el río Segre, en Lérida, para servicio de los ferrocarriles del Estado y de la Compañía del Norte

La estación de Lérida—unificada para los ferrocarriles de Lérida a Saint-Girons, Teruel a Lérida, Zaragoza a Barcelona y Lérida a Tarragona—se asienta en la margen derecha del Segre, normal al río y tan próxima al cauce, que la aguja de salida en dirección a Francia, Barcelona y Tarragona coincidía prácticamente con la entrada a un viejo puente de hierro, simple vía, de viga recta y continua, de cinco tramos y 200 m de desagüe lineal.

Al otro lado del río, y salvados varios accidentes—cuales son el cruce a nivel con el camino carretero de Grañena y el importante canal de Serós—, hay un depósito de locomotoras de la Compañía del Norte capaz para 50 máquinas, y algo más lejos está la estación de Vilanoveta, de clasificación para las líneas del Estado.

En estas condiciones la circulación se estrangulaba en el puente—en el que se ha llegado a contar el paso diario de 80 trenes y 200 máquinas—, y como, además, sus condiciones de resistencia dejaban mucho que desear, por estar calculado para cargas menores que las de la Instrucción de

24 de octubre de 1925, hoy vigente, y por su conservación, el Estado decidió sustituirlo por otro de hormigón armado, triple vía, de resistencia armónica con las nuevas cargas legales, que continuará el pro-

CORTE LONGITUDINAL DEL ESTRIBO DERECHO.

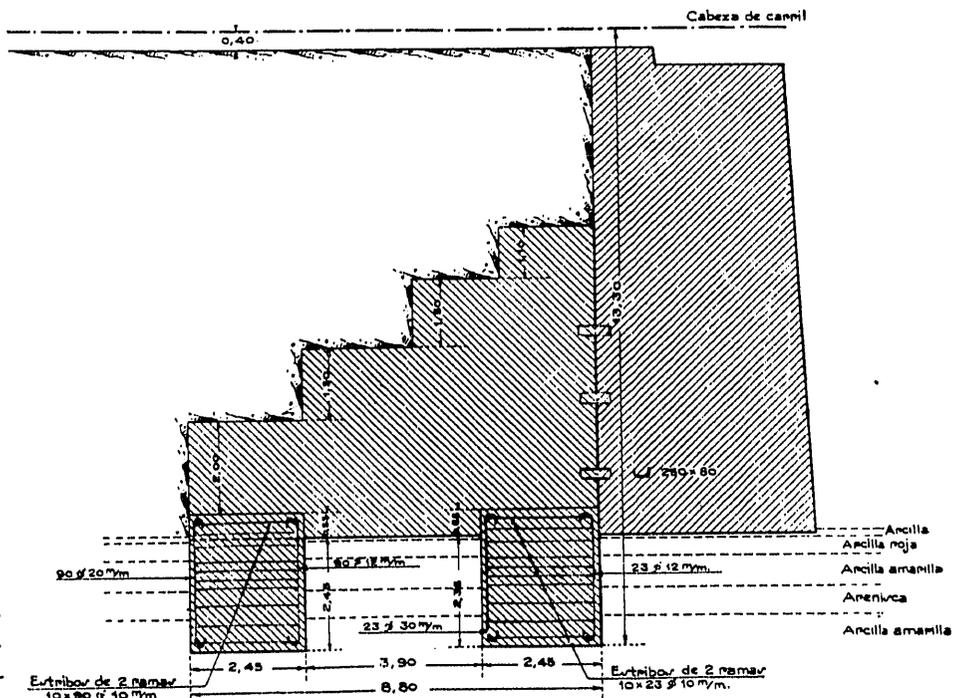


Fig. 1

CORTE TRANSVERSAL DE LA PILA IV.

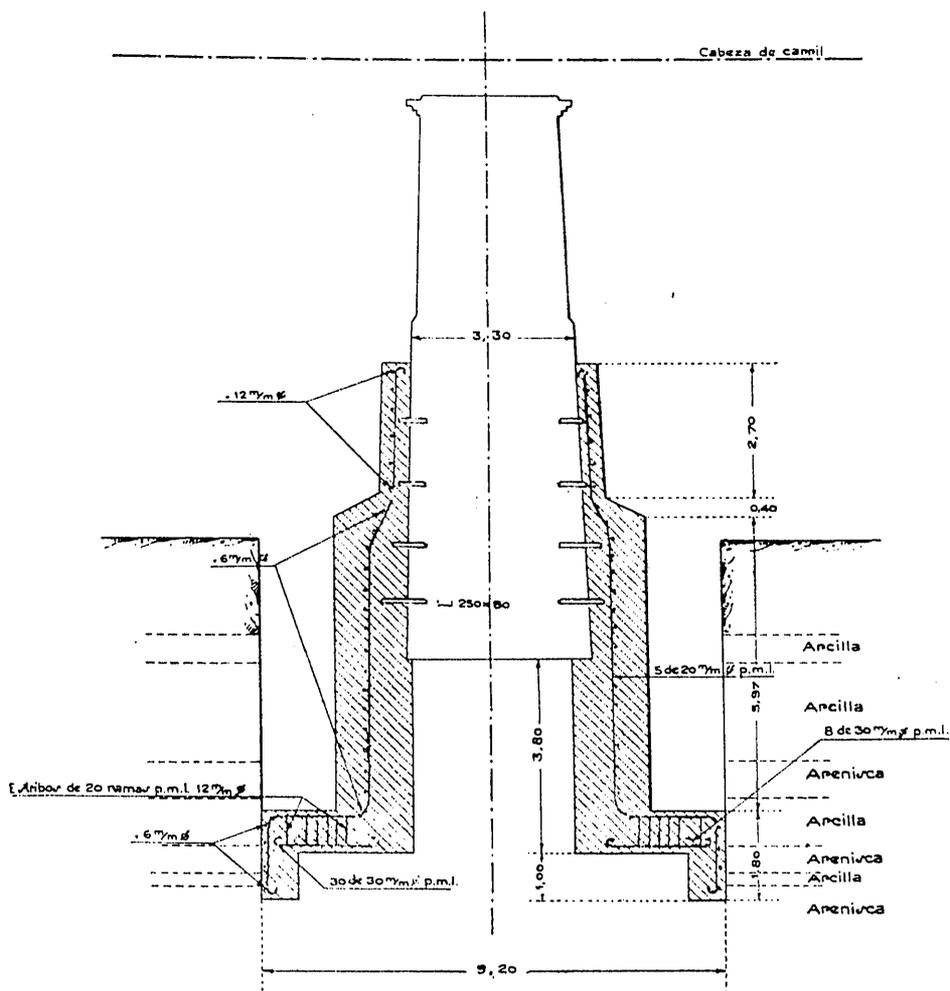


Fig. 2

de arcos de hormigón armado que habían de sustituirlos.

Las pilas eran también de mampostería de cal, paramentadas—como los estribos—de sillería.

El refuerzo de cada estribo ha consistido en la adición de una culata de hormigón en masa, formando escalera ciclópea, unida a la antigua mampostería por 30 l de acero laminado, dispuestas en tres filas de llaves al tresbolillo; culata empotrada en una banda arenisca algo inferior al plano del cimiento por intermedio de dos dientes de hormigón armado. Las llaves de acero se calcularon para resistir al esfuerzo cortante producido por la componente vertical de las fuerzas actuantes, y los dientes se calcularon a flexión para resistir a su componente horizontal. De este modo quedaron aseguradas la trabazón de las fábricas, la estabilidad por rotación y la estabilidad por traslación o deslizamiento sobre las arcillas del plano de cimiento.

El refuerzo de cada pila ha sido un forro de hormigón armado, empotrado en un espeso banco de arenisca del subsuelo, a profundidades bajo el plano de cimentación variables entre 3,60 m y 4,80 m, según las pilas. Este forro se ha unido íntimamente al núcleo de mamposte-

ceso de unificación con el Norte, iniciado en la antigua estación de Lérida.

El primer problema que se presentó fué el aprovechamiento de los apoyos antiguos, convenientemente reforzados; lo que no ha sido difícil, pues su longitud, de 12,20 m, excedía con mucho a las necesidades de la simple vía y satisfacía a las de la triple, precisando tan sólo mejorar su cimentación y aumentar su resistencia.

Refuerzo de los apoyos

Los apoyos antiguos que se han aprovechado para el nuevo puente son dos estribos y cuatro pilas.

Los estribos eran dos robustos muros de mampostería con mortero de cal, de paramento interior vertical y exterior de 1/15 y de 4,40 m de espesor medio, bien dispuestos para resistir las acciones verticales de los tramos rectos, pero no para los empujes oblicuos de las series

bles entre 3,60 m y 4,80 m, según las pilas. Este forro se ha unido íntimamente al núcleo de mamposte-

SECCIÓN TRANSVERSAL DE ARCOS Y TABLEROS.

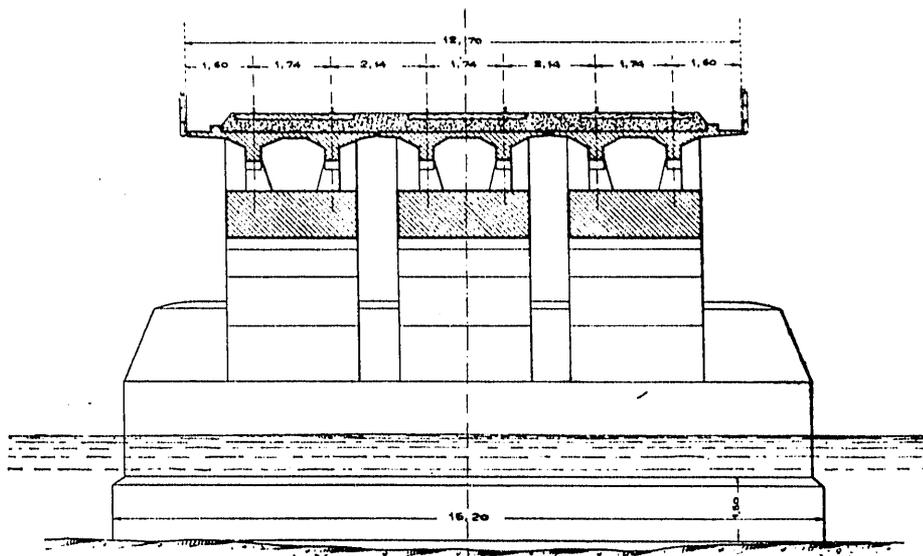


Fig. 3

ría por intermedio de 52 \perp de acero laminado.

El cálculo del forro se ha hecho como pieza empujada en su base y trabajando a flexión compuesta bajo la acción de los semiarcos que se apoyan en la pila, del peso propio de ésta y del peso y empuje del tren móvil insistiendo sobre uno solo de los tramos, descargado el otro. Se determinó gráficamente la fibra neutra y se prescindió de la resistencia del núcleo de mampostería antigua sometida a tensiones excéntricas, que sirve tan sólo para transmitir las y para centrar con su peso propio la curva de presiones.

Estructura del puente

Los arcos del puente se han dispuesto en tres series paralelas, independientes entre sí, aunque con estribos y pilas comunes, y destinada cada serie a una vía, de las tres que ha de tener el puente.

La serie se compone de cinco arcos de directriz parabólica, de 40 m de luz y 4,50 m de flecha, empujados en sus extremos, sobre los cuales arcos descansan dos filas de montantes, que se unen en sus cabezas superiores por largueros, nervios, a su vez, de la II que constituye el tablero.

Sobre este tablero se establecen una capa de balasto de 34 cm de espesor, las traviesas y los rieles, de tal modo que éstos coinciden con los largueros de hormigón armado, evitando en ellos torsiones al paso de los trenes.

Con esta disposición fundamental, completada con cartelas de rigidez entre los diversos elementos, con andenes, con refugios y con otros accesorios, se ha conseguido, en realidad, proyectar tres puentes independientes, pudiendo poner en servicio la primera serie de arcos antes de desmontar el viejo puente de hierro, cuyo sitio ocuparán la segunda y la tercera.

La estructura se ha calculado por los procedimientos corrientes de la mecánica elástica: considerando el sistema de nervio y montante como pórtico múltiple y admitiendo para el arco la simplificación de suponer que la sobrecarga actúa directamente sobre él, sin intermedio de los montantes, cuya separación es solamente de 1,50 m entre extremos de cartelas.

Aun limitando la variación de temperatura a $\pm 10^{\circ}$ en el arco (por su gran sección: 1 m de espesor en clave, 1,50 m de espesor en arranques y 3 m de anchura en bóveda), se llegó a fuertes compresiones del hormigón, del orden de los 80 kg/cm², que exigieron empujar los cuatro primeros metros del arranque y los ocho de la clave del semiarco.

Cimbras

Se proyectaron las cimbras sobre cerchas de madera, con ocho apoyos verticales cada una.

Al construir se presentó la dificultad de emplear estas cimbras en los tres arcos del primer tramo, porque bajo él pasa un camino carretero trazado en la margen derecha del río, en el cual había que respetar el galibo de carruajes.

Al efecto, se sustituyó la proyectada palizada por cerchas metálicas trianguladas de perfiles laminados, apoyadas en sus extremos y reducidas en la clave a una \perp , con lo cual quedaba bajo ella la máxima altura libre. A uno y otro lado del camino se pusieron dos pies derechos, que sostenían los extremos de la \perp , dando así otros dos puntos de apoyo a cada cercha.

Para aprovechar este tipo de cercha en los otros 12 arcos se sustituye fácilmente la \perp por otras mallas del sistema triangulado y se apoyan los nuevos cuchillos por su clave sobre macizos provisionales de hormigón, contruídos entre las pilas en el lecho del río. De este modo cada cuchillo tiene los dos apoyos extremos y el intermedio.

El sistema es práctico y económico, puesto que las cerchas se han trasladado fácilmente de sitio, colgadas, primero, del puente metálico, y después, de una sencilla pasadera de trabajo colocada en el lugar de éste después de su desguace.

UNIÓN DE ARCOS Y PILA.

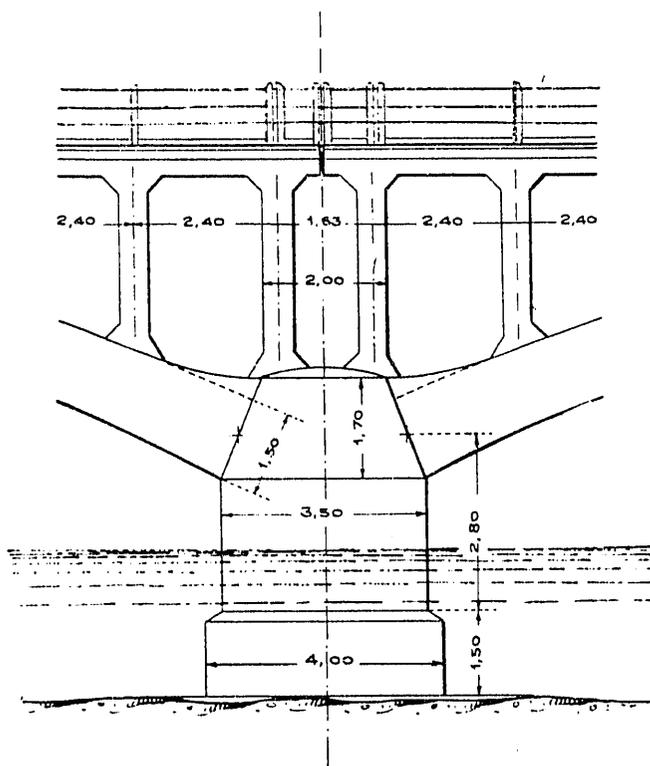


Fig. 4

Proceso y particularidades de construcción

El refuerzo de los estribos se empezó en mina, acometida por las aletas, transversalmente a la vía. Pronto hubo que abandonar este sistema, porque el terraplén superior inició movimiento, poniendo en peligro la circulación de trenes. Entonces se trabajó a cielo abierto, dividiendo la construcción de la culata en tres tramos de 3 m a partir del paramento interior del estribo antiguo, apeando la vía, entibando las tierras y construyendo sobre el refuerzo progresivo dos apoyos auxiliares, sostenes de los puentes de apeo. Estos apoyos auxiliares, de mampostería, han quedado embebidos en el terraplén.

El refuerzo de las pilas pudo hacerse con agotamientos directos, aunque se alcanzaron los 6 m bajo el lecho del cauce. Bastaron ataguías en las gravas superiores, y la impermeabilidad de las arcillas y areniscas inferiores limitó la entrada de aguas al recinto a cantidades dominables.

La circunstancia de existir una presa de desviación al gran canal de Serós agua arriba del puente, permiti-

tió regular bastante el caudal del río, y, por otra parte, no hubo durante el refuerzo de los apoyos ninguna avenida de importancia, como la acaecida después, en 30 de mayo de 1930, ya construída la primera serie de arcos.

Al hacer los refuerzos de las pilas tercera y cuarta



Fig. 5. La avenida del río Segre de 30 de mayo de 1930 cubrió los arranques de los arcos

se encontraron socavaciones de las antiguas en la arilla de fundación.

La complicada armadura de los arcos, zunchada en algunas secciones con diez espirales de 29 cm de diámetro y 4 y 6 cm de paso, ha hecho muy difícil el apisonado del hormigón, obligando a emplear grava muy pequeña, mortero fluido y pisonos especiales, susceptibles de entrar por los huecos de la armadura. Los obreros adquirieron una gran práctica al hormigonar el primer arco, llevándose sin vacilaciones ni

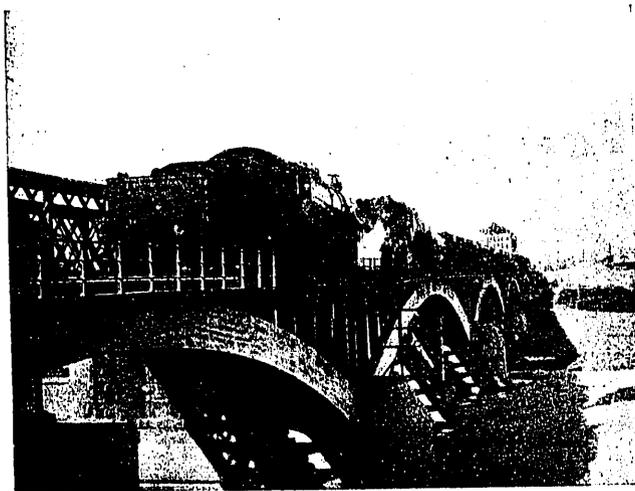


Fig. 6. Pruebas de la primera serie de arcos del puente, el 26 de enero de 1931. (Se ve, a la izquierda, el viejo puente metálico, y al fondo, la estación de Lérida)

nuevos ensayos la construcción de otros nueve a la fecha de este artículo.

Se emplean simultáneamente dos cimbras para dos arcos contiguos, y no se descimbra hasta treinta días después de la terminación del hormigonado del arco correspondiente.

Terminada la primera serie del puente se procedió a probarla el día 26 de enero de 1931, correspondiendo la mayor deformación elástica al arco número 4, cubierto totalmente por dos locomotoras, de 132 toneladas cada una, que acusó 2,8 mm de descenso de clave, sin deformación permanente. En iguales condiciones, el arco número 1 dió el mínimo de descenso, de 1,9 mm.

La misma carga permitió medir en el arco número 2 descenso elástico de 1 mm en los riñones, y peralte, de 0,3 mm en uno de ellos, descentrada la carga a medio arco.

Se hizo prueba dinámica, lanzando a 25 km por hora el tren, formado por dichas dos locomotoras y 20 vagones de 28 toneladas, y frenando bruscamente cuando había cubierto todo el puente. No se produjo fisura en el hormigón ni vibración extraordinaria, ni los flexímetros acusaron deformaciones mayores que las correspondientes a las cargas estáticas.

El desguace del puente metálico se ha hecho con mucha facilidad, utilizando las cabezas superiores de los cuchillos como carril de un pescante móvil, dis-

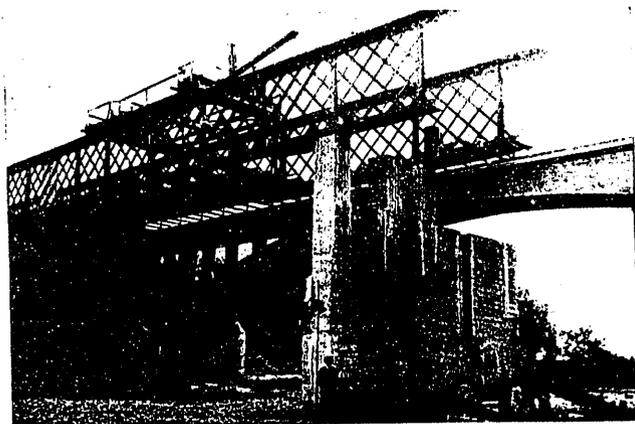


Fig. 7. Desguace del viejo puente metálico. Destrás de él se ve uno de los arcos nuevos

puesto para la maniobra de los trozos de celosía y su transporte a los vagones de carga.

Importancia económica y sistema constructivo

Las obras son costeadas por el Estado, a reserva de liquidar con la Compañía del Norte lo que corresponda a su servicio.

Se han construído por el sistema de contrata, adjudicado a la S. A. Cubiertas y Tejados, de Barcelona, que se ha esmerado en los trabajos, atendiendo siempre cuantas indicaciones le ha hecho la Administración, especialmente en lo que se refiere a continuidad del personal obrero, verdaderamente selecto.

El proyecto primitivo del puente, hecho por la hoy transformada Jefatura de E. y C. del Nordeste de España, fué modificado en el concurso por la Sociedad concesionaria para adaptarlo a las más fuertes cargas de la Instrucción vigente, suscribiéndolo el ingeniero de Caminos D. Manuel del Río.

El refuerzo de los apoyos ha costado 268 658,96 pesetas, y el puente tiene presupuesto de 1 273 324,72 pesetas líquidas.

Francisco RUIZ Y LOPEZ
Ingeniero de Caminos