

EL NUEVO PUENTE SOBRE EL RIO SEGRE, EN LERIDA

Por AMALIO HIDALGO Y FERNANDEZ CANO,
Profesor de la Escuela de Ingenieros de Caminos.

En el presente trabajo, que se divide en dos artículos, describe el autor la importante obra que se reseña en el epígrafe, que ha sido proyectada por él mismo. Este primer artículo contiene la descripción, propiamente dicha, del puente, quedando para el próximo una reseña de los métodos de cálculo adoptados, así como detalles de la construcción y pruebas, que presentan gran interés.

I

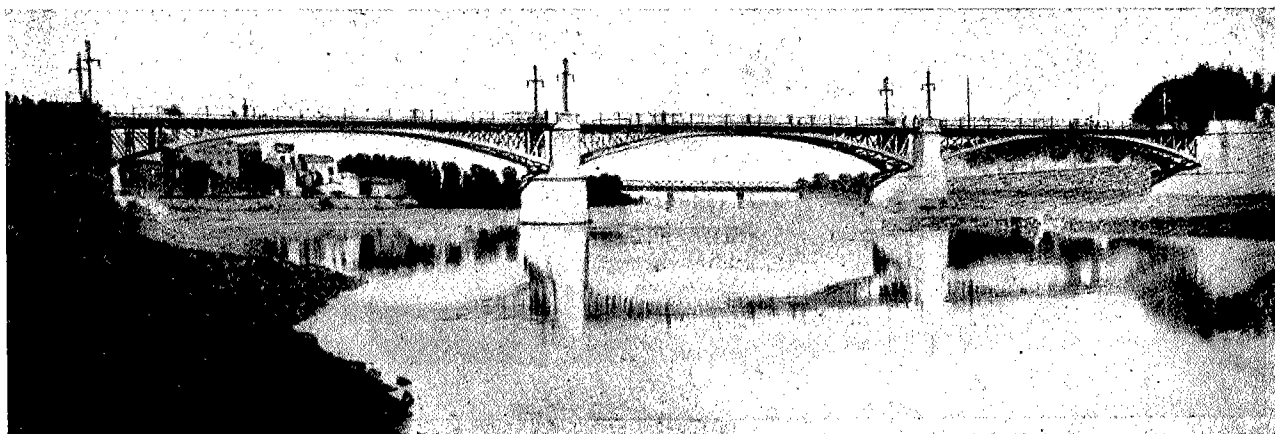
La importancia que, desde todos los puntos de vista, reviste esta obra, motiva que hayamos creído oportuno dar conocimiento a los lectores de la REVISTA de las características fundamentales de su proyecto, de las principales incidencias que se han producido al construirla y, finalmente, de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, antes de ponerla en servicio y después de un período de tiempo prudencial. El deseo de proporcionar, con estas líneas, elementos de juicio lo más completos que fuera posible, ha sido causa de demora en la publicación de estas notas, con lo que, si bien el asunto ofrece menor actualidad, puede ganar algún interés.

Antecedentes.

El cruce del río Segre por Lérida ha constituido, desde tiempo inmemorial, problema de vital importancia al que han dedicado atención preferente las

generaciones que se han sucedido desde los albores de la historia en aquellas comarcas, rebasando en algunas épocas los intereses locales y aun nacionales para adquirir en algún momento interés mundial. La situación geográfica de la población, debida con toda evidencia a las particularidades topográficas y la contextura del sistema hidrográfico de la zona, hace que el cruce del Segre, precisamente por Lérida, constituya la clave de las comunicaciones de Cataluña con el resto de la Península, a la que aquella región no tiene otro acceso natural que el difícil de la estrecha zona costera. Por tal motivo ha revestido siempre interés capital el dominio de este nudo de comunicaciones, y por la misma razón ha sido Lérida, y su puente, teatro de acciones de guerra que han tenido decisiva influencia en la historia, desde César, en su campaña contra los generales de Pompeyo, en la guerra civil de Roma, hasta nuestra Cruzada.

Las acciones de guerra, unas veces, y la impetuosa del río Segre, otras, han producido la ruina de muchos puentes situados siempre en el mismo lugar, según evidencian los datos que se poseen y los



Puente metálico construido en el año 1911.

restos que al efectuar los trabajos de cimentación han sido hallados. No insistimos más sobre este tema, ya que con lo dicho hay suficiente para comprender el interés que ofrece la obra de que tratamos.

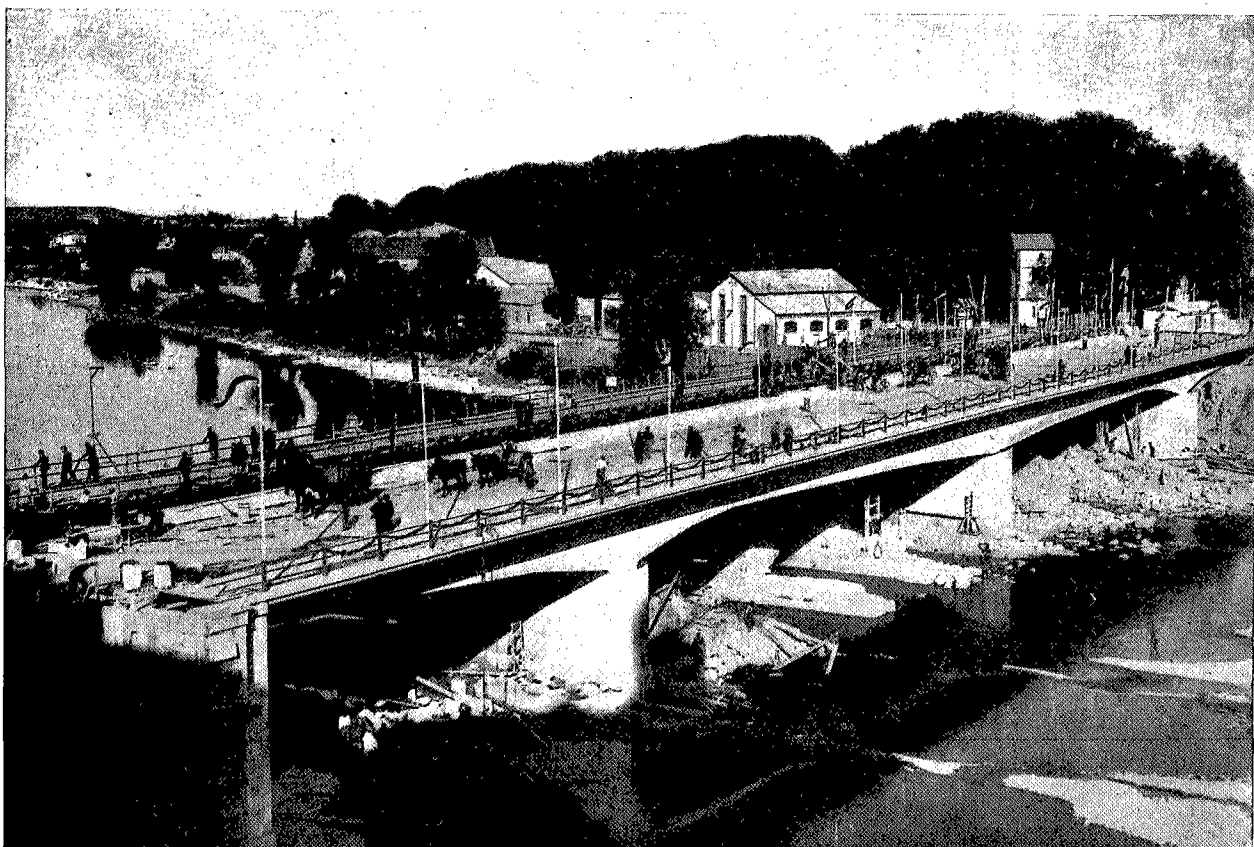
El último puente que prestó servicio en Lérida fué construído para sustituir al arrastrado por las aguas durante la excepcional avenida del río, acaecida con motivo de las torrenciales lluvias que se produjeron en las cuencas del Segre, Noguera-Pallaresa y Noguera-Ribagorzana, en el otoño del año 1907. El proyecto fué redactado por el eminente Ingeniero de Caminos D. José Bore y Romero, y la obra estaba constituida por tres arcos metálicos triarticulados de 44 m. de luz, que soportaban un tablero de 9 m. de anchura, comprendidas las aceras. Los arcos se apoyaban sobre pilas y estribos de hormigón, paramentados con excelente sillería y cimentados mediante cajones que fueron hincados empleando el aire comprimido, alcanzando una profundidad, bajo el nivel de estiaje ordinario, comprendida entre los ocho y ocho metros y medio, hasta llegar a encontrar arcillas muy duras alternantes con estratos de arenisca. Del acierto que presidió el proyecto y ejecución de la obra, cuya fotografía se inserta a

la cabeza de estas líneas, fueron muestra las honoríficas recompensas que en aquella época fueron concedidas a su autor.

Este puente fué volado para dificultar el avance de las fuerzas Nacionales durante la guerra de liberación, en términos tales que no quedaron subsistentes más que las cimentaciones y escasas hiladas de sillería en alguno de los apoyos.

Condiciones básicas para la sustitución y disposiciones previas.

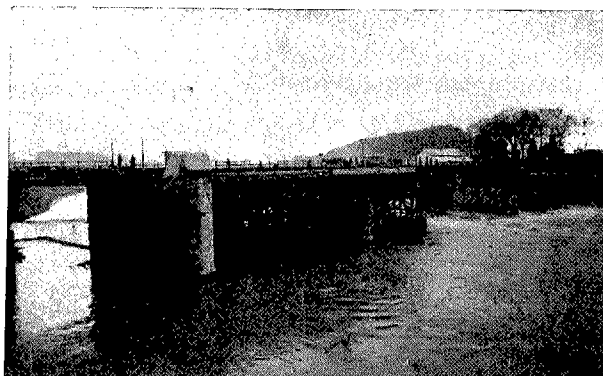
El considerable aumento de tráfico experimentado en la carretera de Madrid a Francia por La Junquera, en el transcurso del tiempo en que estuvo en servicio el último puente, debido a las nuevas modalidades de los medios de transporte, y principalmente al acrecentamiento de riqueza de la comarca, con motivo de las mejoras y aumento de una extensa zona regable, habían puesto de relieve la insuficiente anchura del puente y su defectuosa disposición para soportar un tránsito intenso. Se presentaba, por tanto, ocasión para remediar estos defectos, y a este fin



Puente recientemente terminado.



Puente derruido después de la inundación de 1907.



Nuevo estribo y estructura en la margen derecha, apreciándose el desplazamiento longitudinal del nuevo puente.

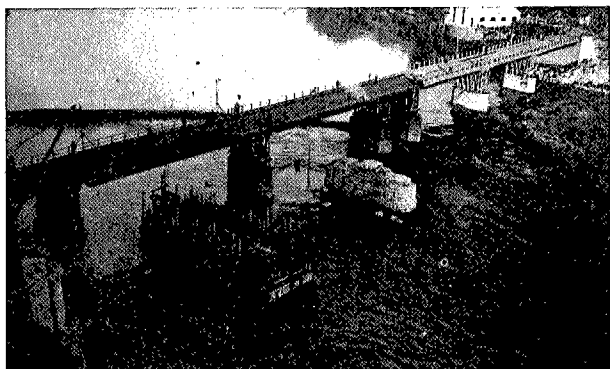
fué apreciada la conveniencia de introducir en el nuevo proyecto modificaciones substanciales que habían de constituir sus directrices fundamentales, y que esencialmente consistían en lo siguiente: *a*), aumento de la anchura del puente; *b*), disminución de la altura de la rasante para reducir la inclinación de los accesos; *c*), desplazamiento de la obra, según su eje, en longitud suficiente para hacer posible la supresión del estrechamiento que existía a la entrada del puente en la vía que corre a lo largo de la población y que constituye su medio fundamental de comunicación; *d*), mantenimiento de la capacidad de desagüe, y *e*), aprovechamiento de las cimentaciones existentes.

Algunas de estas condiciones, cómo puede suponerse, fueron muy discutidas, y en su vista, y con objeto de resolver la cuestión y de formular el oportuno proyecto, la Superioridad dispuso, por O. M. de 17 de octubre de 1939, que se constituyera una Comisión, de la que formaron parte, con el que suscribe, los Ingenieros D. Jacinto Julio González y don

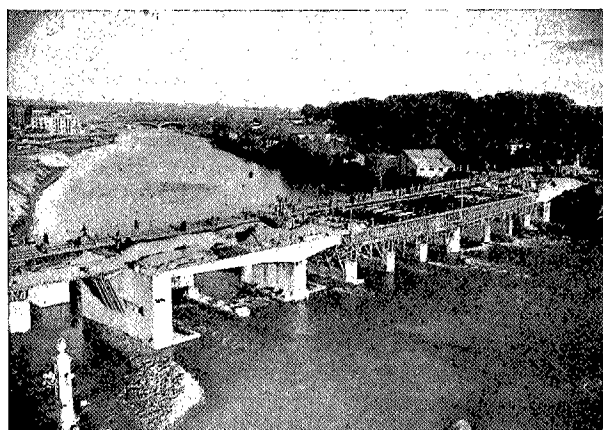
Victoriano Muñoz Oms. Esta Comisión redactó el proyecto que le había sido encomendado, y que mereció la aprobación de la Superioridad a mediados del año 1940, y con arreglo al cual, sin modificaciones que puedan llevar el nombre de tales, ha sido construída la obra.

Disposición general.

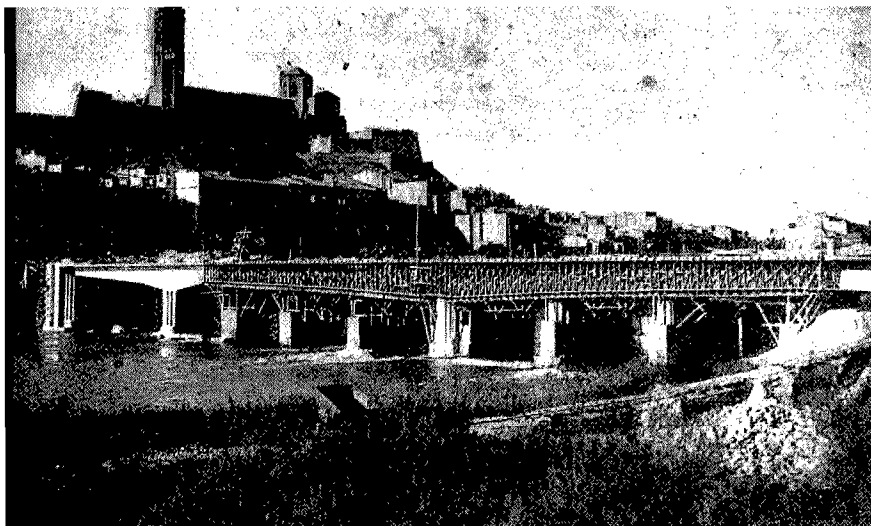
Las condiciones básicas que han sido mencionadas, exigían extremar los esfuerzos de los proyectistas para aprovechar las cimentaciones, que por su esmerada ejecución, importancia y comportamiento durante largo tiempo, ofrecían garantías suficientes, y hubiera sido penoso desechar; pero estos cimientos habían sido dispuestos para soportar una estructura metálica de nueve metros de ancho total, y las prescripciones reglamentarias con las exigencias del tráfico hacían necesario que la anchura fuera mayor, precisándose que la calzada tuviera, por los menos,



Pasarela provisional y restos del puente metálico volado.



El nuevo puente con el encofrado de la estructura central



Encofrado y apeos del tramo central.

10 metros, y tres metros cada una de las aceras, atendida la circunstancia de que el nuevo puente, por estar prácticamente dentro del casco urbano de la población, constituye una de las principales arterias de ella. Es posible que en plazo no muy lejano esta anchura no sea suficiente para soportar el tráfico urbano y el de paso de la carretera, pero para este caso es necesario prever un nuevo puente en la variante indispensable para desviar el gran tráfico de la población.

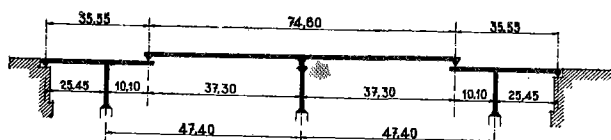


Figura 1.^a

Estas características y la reducción de la altura de la rasante del puente hacen imposible el empleo de arcos para salvar los vanos necesarios ante la magnitud de las reacciones que se originan y que no pueden soportar los cimientos que subsistían. Se estudió la posibilidad de atirantar los arcos por el tablero, mediante bielas situadas sobre sus arranques, que referirían los esfuerzos a los apoyos, pero las tracciones que se obtuvieron, y que exigían secciones de acero de 200 cm.² por cada metro de ancho de puente, conducía a emplear pesos de acero prohibitivos. Los arcos atirantados con tablero inferior o intermedio no producían soluciones económicas, dada la gran anchura de la obra, demasiado grande para la colocación en condiciones económicas de dos nervios y reducida con exceso para la colocación de tres, y, por otra parte, el desplazamiento a lo largo del eje de toda la obra, daba lugar, si se quería mantener aproximadamente el mismo desagüe, a que las luces extremas tuvieran una longitud mitad próximamente de las centrales, y los correspondientes arcos hubiesen producido efectos contrarios al buen

aspecto exigible en el interior de una población de importancia.

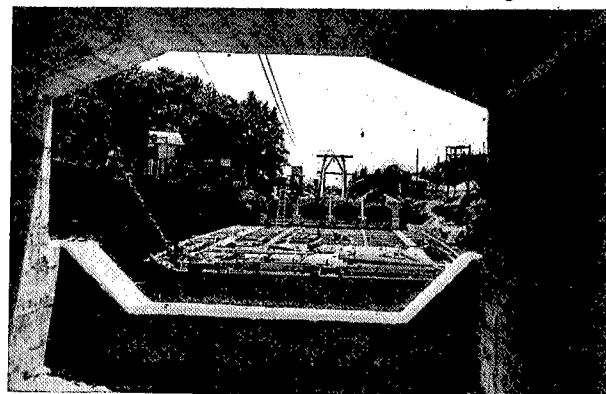
Por todas estas circunstancias y otras que no son de lugar, la Comisión se decidió por adoptar la solución de tramos rectos de hormigón armado con la distribución de luces del esquema de la figura 1.^a.

Estructura.

Se realizaron los tanteos pertinentes para determinar el tipo de estructura más conveniente. Resultado de esta metódica exploración fué la elección de la aceptada, que queda constituida por cuatro tramos: los dos centrales, de 47,40 m. de luz, y los dos extremos, de 25,45. Intrínsecamente, el puente se compone de una gran viga de dos tramos iguales de 37,30 m. de luz cada uno, que apoyan en su centro sobre una pila y por sus extremos sobre los voladizos de cada una de las estructuras laterales. Cada una de éstas comprende una viga de dos tramos iguales de 37,30 m. de luz cada tribo, dejando un vano de 25,45 m., mientras que el otro constituye una ménsula de 10,10 m. de vuelo, sobre la que se apoya el extremo correspondiente de la viga de dos tramos, central. La estructura queda enlazada rígidamente a un pilar empotrado en la cimentación.

Por consiguiente, puede clasificarse la estructura como Cantilever mixta, que en este caso ofrece las ventajas de proporcionar precisión en el cálculo de la viga central como consecuencia de la inmovilización del punto de momento nulo en el apoyo extremo de la viga sobre la ménsula y las, en este caso muy importantes, de permitir la construcción en tres etapas independientes, posibilidad interesante atendida la torrencialidad y caudal del río.

La solidaridad de los tramos extremos con los

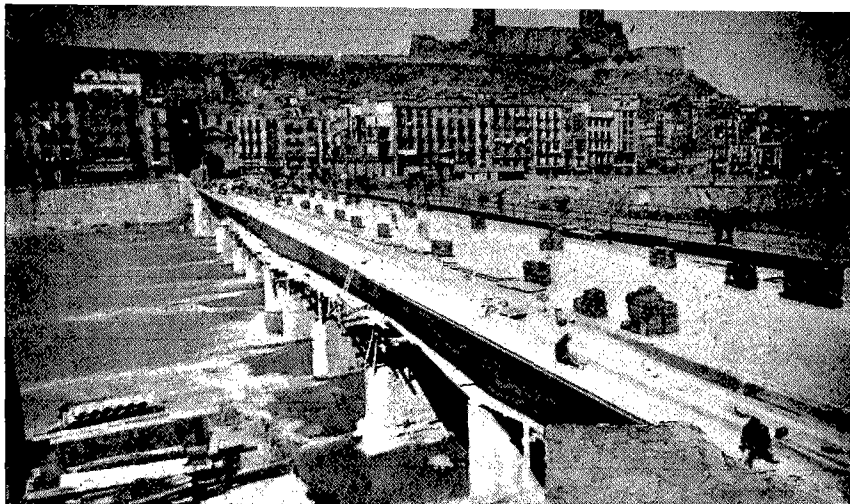


Trabajos de encofrado de la estructura central, vistos desde el interior de la ménsula de la margen derecha.

pilares evita el desequilibrio y hace innecesario disponer en ellos contrapesos, produciendo una buena utilización de las secciones de viga al desviarse al cimiento, por medio del pilar, una proporción considerable del momento transmitido por la ménsula.

Como puede apreciarse, se trataba de proyectar una gran obra que en aquel momento constituía un "record" para España, en circunstancias que hacían precaria la información de las similares construídas en otros países y que llevaba las luces de los mismos tipos construídos desde los treinta metros a las proximidades de los cincuenta; sobre esto, la situación creada por la guerra vedaba el empleo de cementos y aceros especiales. La experiencia adquirida por nuestros compañeros y por nosotros mismos al construir un puente comparable en tipo, y del que ya se dió noticia en esta REVISTA con arreglo a proyecto redactado por mí en colaboración con D. Jacinto Julio González en las inmediaciones de Madrid, con 26 m. de luz, no nos parecía suficiente, y puede comprenderse las preocupaciones que invadieron nuestro ánimo al redactar el proyecto, y durante la construcción, hasta la terminación de la obra. Por tales razones se pesaron hasta el límite todas las circunstancias, y se procuró cumplir el objeto que perseguíamos adoptando disposiciones y proporciones concordantes con las sancionadas por nuestra experiencia, sin perder de vista nunca el riesgo que envuelve siempre el caminar en los límites de hipótesis y cargas.

Se aceptó como sección transversal más conveniente la formada por nervios con cabezas de compresión constituídas, en unos casos, por el forjado del piso, y en otros, por un tablero postizo inferior. No fué posible dividir la estructura según una junta longitudinal, como hubiera sido deseable, para disminuir la masa total de las piezas resultantes, porque resultaban secciones transversales mal proporcionadas, debido a que la posición de los nervios extremos quedaba fijada en su límite, por



El puente antes del descimbramiento, durante la colocación del pavimento.

la longitud de los cimientos que había que conservar.

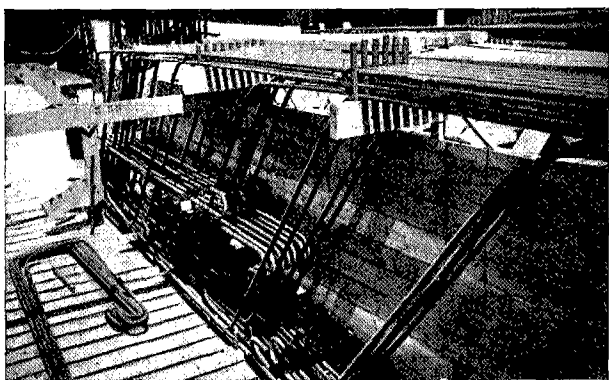
Siguiendo normas tradicionales, y sin más alteración de ellas que la introducción del tablero inferior en las secciones convenientes y el ensanche de los nervios en las proximidades del apoyo central, fué posible dar solución a todos los problemas que se planteaban. Puede afirmarse, como resultado de nuestros trabajos, que con las disposiciones tradicionales y con los materiales de uso corriente no es posible rebasar sensiblemente la luz de 47 metros en tramo recto, estimando que puede tomarse como límite la de 50 m.

Otras disposiciones y otros materiales, evidentemente, han permitido llegar mucho más lejos, y será interesante, cuando puedan compararse homogéneamente el coste de algunas obras, señalar los límites económicos, y en consecuencia, los tipos más convenientes dentro de ellos.

Cimentaciones.

El desplazamiento longitudinal del puente no permitió más que la utilización de tres, de las cuatro obras de cimentación preexistentes. Fué necesario, por tanto, proyectar dos nuevos estribos y estudiar las oportunas disposiciones para adaptar los cimientos aprovechables.

Se calcularon, en consecuencia, los dos nuevos estribos y se proyectó su cimiento previendo una profundidad próxima a los ocho metros y medio. Se tomó en consideración la posibilidad de llegar al firme, mediante la hinca de dos cajones para cada estribo, con agotamientos por el procedimiento indio, y si el caudal de filtraciones no lo permitiera, utilizando el aire comprimido. Se empleó uno y otro procedimiento, pues como ya se suponía, el estribo de la margen derecha, ubicado en el centro del cauce, produjo caudales tales que no permitían el agotamiento, mientras que el de la margen izquierda pudo ser llevado a su posición definitiva sin dificultad. Los cajones empleados son de hormigón armado y no



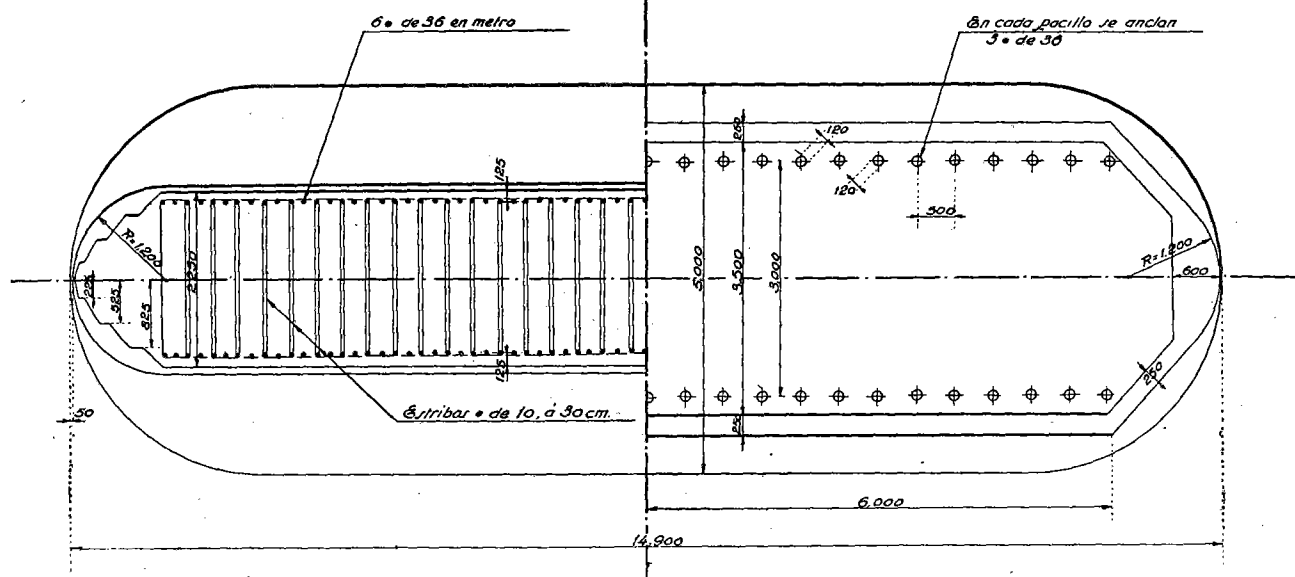
Armaduras en el pico de las ménsulas.

PILA CENTRAL

— Escala = 1:50 —

SECCIÓN HORIZONTAL A 2 M. DEL CIMIENTO

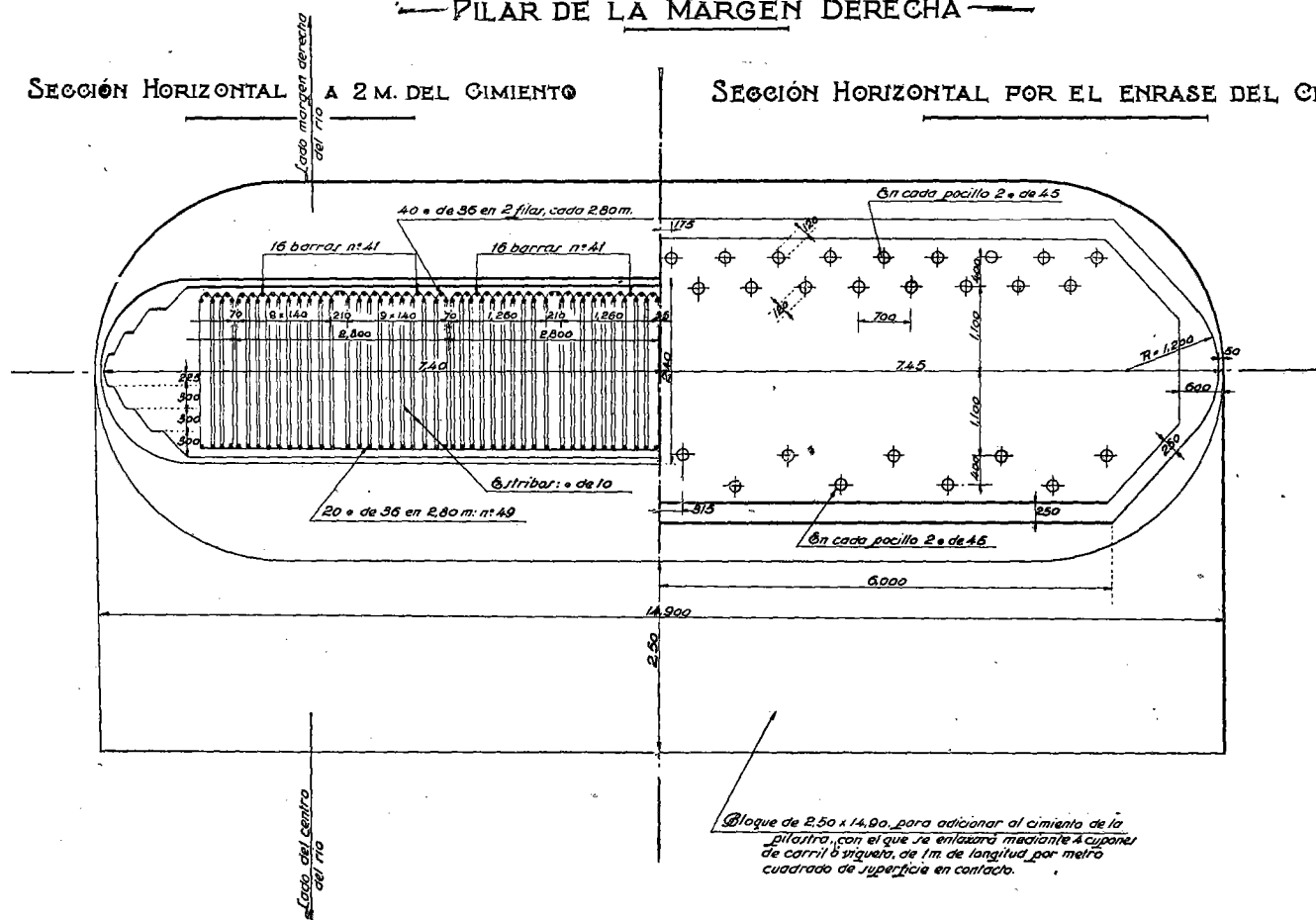
SECCIÓN HORIZONTAL POR EL ENRASE DEL CIMIENTO



—PILAR DE LA MARGEN DERECHA—

SECCIÓN HORIZONTAL A 2 M. DEL CIMIENTO

SECCIÓN HORIZONTAL POR EL ENRASE DEL CIMIENTO



se produjeron incidentes dignos de mención durante la hinca.

Los cimientos antiguos que se aprovecharon fueron los de dos pilas y un estribo, y el problema que se presentó no era de fácil solución, porque la naturaleza de los materiales utilizados en el nuevo puente y su mayor capacidad y dimensiones producían cargas muy considerables con esfuerzos descentrados de apreciable importancia. En primer lugar se apreció que el cimiento de la primera pila, a partir de la margen derecha, era insuficiente, y se proyectó su ampliación adosándole un macizo de 2,50 m. de espesor en una profundidad mínima de 6,70 m. La solidaridad con la obra antigua se ha conseguido mediante enclaves de cupones de carril a razón de cuatro por metro cuadrado. La hinca del macizo se realizó con aire comprimido, utilizando un cajón de hormigón armado. Este refuerzo fué motivo de preocupación al tiempo de redactar el proyecto, y durante la ejecución, porque estimábamos constituía uno de

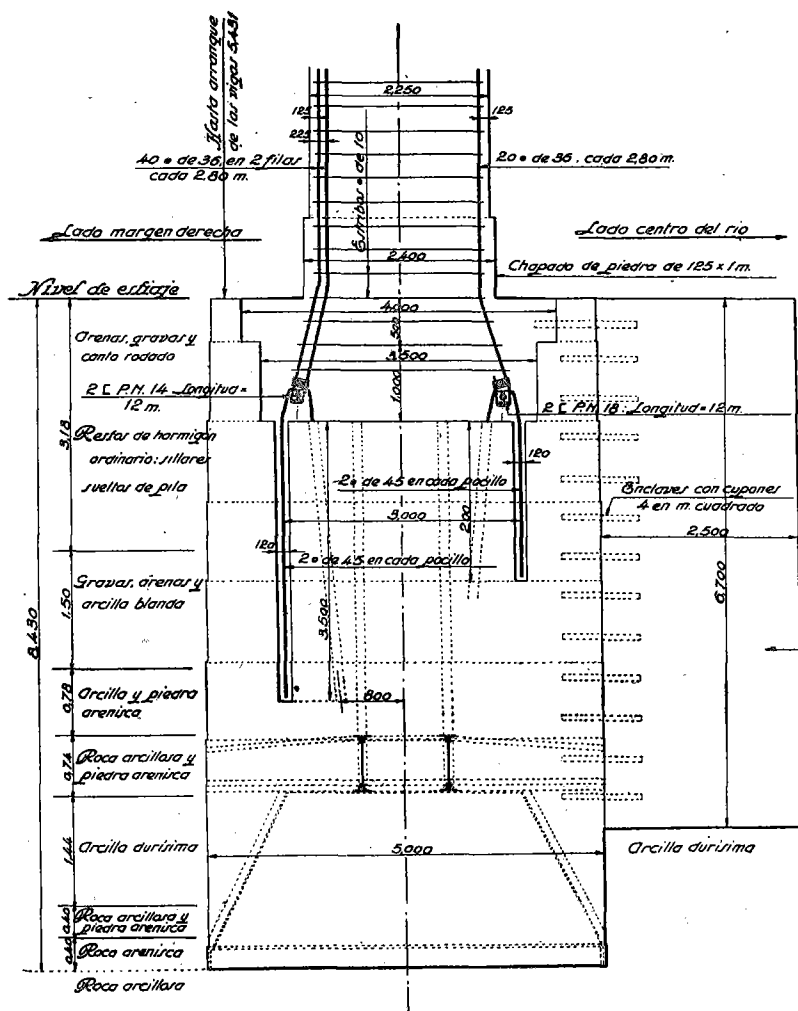
los problemas más delicados de nuestra empresa; pero, por fortuna, pudo cumplirse el programa pre-establecido y el refuerzo del cimiento fué terminado satisfactoriamente.

El encaje de los nuevos apoyos en los cimientos antiguos fué previsto mediante la ejecución de una serie de taladros de 120 mm., dispuestos a tresbolillo, que habían de perforarse en el hormigón hasta una profundidad mínima determinada para absorber por rozamiento las tracciones que debían soportar los dos redondos de 45 mm. que se alojan en cada taladro. Durante la ejecución se apreció la defectuosa compacidad de la masa de hormigón antigua y los taladros sirvieron, prolongados convenientemente, para realizar inyecciones de mortero en la masa de los macizos y en su lecho de apoyo.

Los resultados obtenidos han sido, hasta el momento presente, completamente satisfactorios; en los planos puede apreciarse con detalle la solución proyectada.

(Continuará.)

SECCION TRANSVERSAL



DETALLE DEL ANCLAJE

