

completamente el problema estudiado en el caso de líneas sencillas, así como, análogamente, las fórmulas [2] y [4] dan la solución para las líneas dobles. Con las [1] o [2] se encuentra la densidad de corriente i amp/mm², más conveniente económicamente en todos los casos. Con las [3] o [4], se encuentra la tensión en el origen en kilovoltios, entre conductores, E , más conveniente económicamente para cada línea, conocida su longitud, L km, y la potencia aparente máxima que ha de transportar, $N_a = \frac{N}{\cos \varphi}$. Calculada la tensión E , se tiene la tensión en la llegada

$$E_l = vE$$

y la intensidad I , dada por las igualdades:

Líneas sencillas:

$$I = \frac{N_a}{\sqrt{3}E_l} \quad \text{amp.}$$

Líneas dobles:

$$I = \frac{N_a}{2\sqrt{3}E_l} \quad \text{amp.}$$

La sección conductora de los conductores resulta ser, por último:

$$S = \frac{I}{i} \quad \text{mm}^2$$

NOTA.—El método de cálculo seguido es en esencia el mismo indicado en 1926 por el electrotécnico alemán Burger, aunque la exposición ha sido aquí hecha con más detalle y mayor precisión. Los valores numéricos para las constantes, que daremos en un artículo siguiente, han sido estudiados con especial cuidado, según las condiciones actuales en España, y no coinciden con los que parece haber tomado Burger, a juzgar por los resultados finales numéricos a que llega. (Véase: *Höchstspannungs Tagung*, Essen, 1926. Oberingenieur Burger: Leistungsübertragung und Spannungsregulierung in Höchstspannungsnetzen.)

Pedro JOSÉ LUCIA

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Puente sobre el río Tajo en Alconétar

El día 22 de octubre último se abrió al tránsito público el puente sobre el Tajo, en la carretera de segundo orden de Salamanca a Cáceres y sitio denominado «Barcas de Alconétar».

Consta de doce arcos de medio punto (figura 1.^a)

comprendido entre la confluencia con el río Almonte y la desembocadura de la ribera Araya, y salva la solución de continuidad que ofrecía en este punto la carretera.

El lecho del río está formado por una capa de

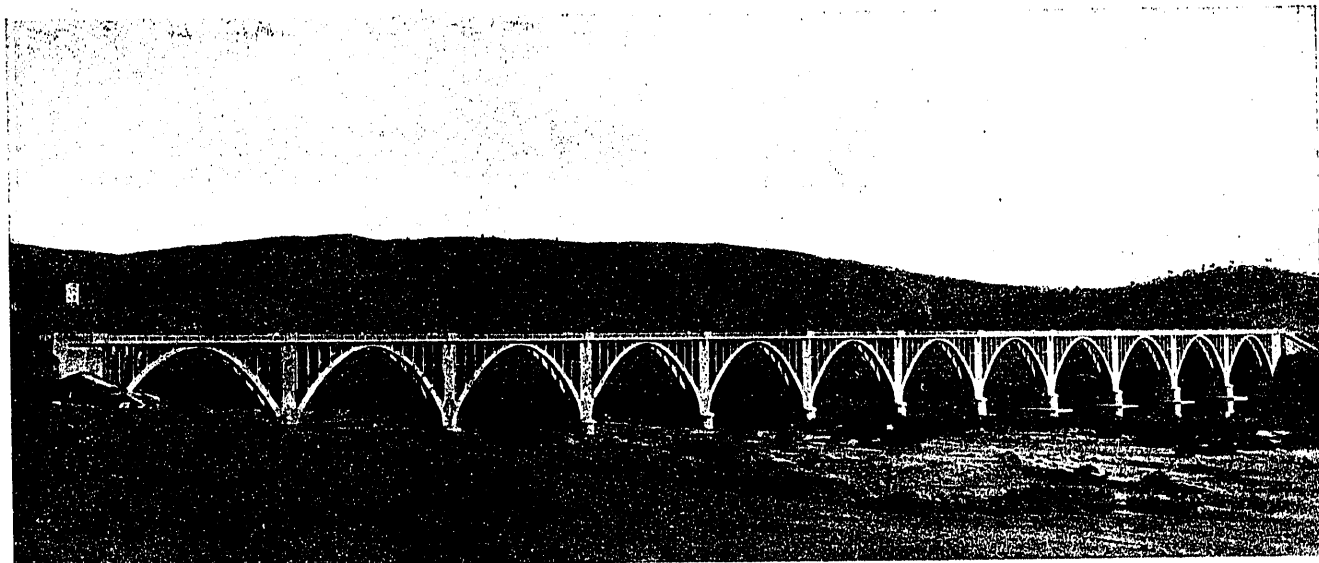


Fig. 1.^a Vista general del puente.

de los modelos oficiales de puentes en arco de hormigón armado para carreteras, con una luz real de 27,20 metros cada uno y once apoyos intermedios de 2,85 m de espesor en la coronación, que originan un desagüe lineal, entre paramentos de estribos, de 358,15 m y uno efectivo de 326,40 m al nivel de arranques. Como este último nivel queda a 2,23 m por bajo del de avenidas ordinarias, se reduce el desagüe libre, a la cota de aquéllas, hasta 322 m, y algo más en las crecidas extraordinarias.

El puente se halla situado en el tramo del río

arena y canto rodado que descansa sobre otra de pizarra azul y de superficie sensiblemente horizontal en la mayor extensión del cauce. Dicha capa de pizarra está al descubierto en el sitio donde el agua alcanza mayor profundidad, lo cual tiene lugar a poca distancia de la margen izquierda, pues es donde se acentúan las socavaciones, por la concavidad que presenta aquélla. Se eleva rápidamente hacia dicha margen para formar el escarpe que sirve de apoyo al estribo y descende, con ligera pendiente, hacia la margen derecha, con excepción del sitio donde va

colocada la segunda pila, en el cual el terreno firme se encuentra a mayor profundidad.

El régimen de la corriente es muy variable en el transcurso de un mismo año. En estiaje no pasa la velocidad de 0,20 m por segundo, valor correspon-

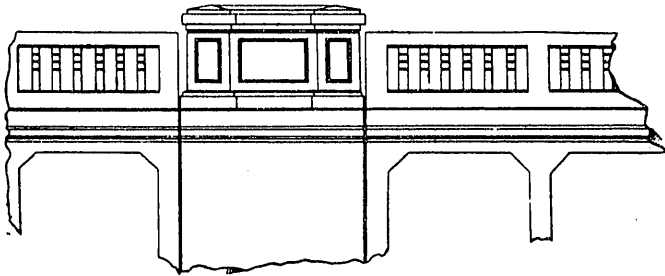


Fig. 2.ª Detalle de la balaustrada.

diente a la superficie y deducido por la observación de flotadores en días de calma, llegando en las grandes crecidas a exceder de 4 m, aun en las no excepcionales.

La mayor crecida que se recuerda es la ocurrida en el año 1876, y alcanzó el río Tajo la altura de 13,47 m sobre el nivel de estiaje.

En el puente de Alconétar se ha procurado lograr una decoración sobria, en armonía con las circunstancias que concurren en el lugar donde está situado.

Aparte del carácter fuertemente decorativo que imprime a la obra la repetición de elementos en arcada, lleva en cada uno de los salmeres y alternando en cada apoyo, escudos representativos de la provincia de Cáceres y de Obras públicas, y en el apoyo central el escudo de España. Además, lleva unas

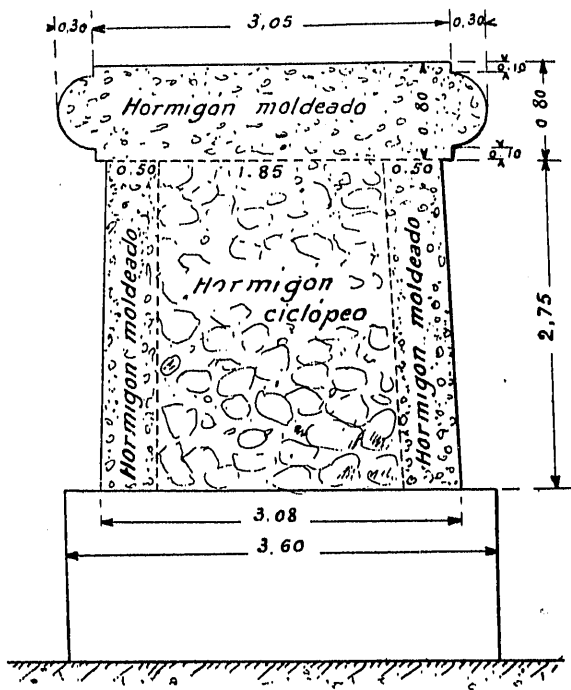


Fig. 3.ª Corte longitudinal de una pila.

ménsulas en los ángulos formados por los voladizos y los macizos sobre pilas.

El proyecto que sirvió de base a la construcción de esta obra fué objeto de un reformado, en el cual se formularon algunas variaciones.

La barandilla metálica en los modelos oficiales ha sido sustituida por una de hormigón armado (figura 2.ª), que reduce los huecos, detalle importante para la altura de 21 m a que se halla el tablero sobre el cauce, y armoniza más con el resto de la obra.

Las pilas se proyectaron en el primitivo proyecto de sillería granítica en los paramentos y relleno interior de mampostería ordinaria, así como los cimientos.

Los estribos eran de hormigón en masa, con arriostamientos horizontales de hormigón armado; pero las aletas para contener las tierras se proyectaron de mampostería, con coronaciones e impostas de sillería.

La piedra granítica para sillares, procedente de las canteras del Casar, única disponible, resultaba deficiente para una obra de esta importancia, y, en vista de ello, disponiéndose de guijo y arena abundantes al pie de obra, se solicitó de la Superioridad, y fué autorizado, el cambio de las fábricas de mamposterías y sillerías por hormigón de 300 kg para los paramentos y rellenos de hormigón ciclópeo (figura 3.ª).

Adjudicada la ejecución de esta obra, en concurso, a la Casa constructora «Gamboa y Domingo», comenzó

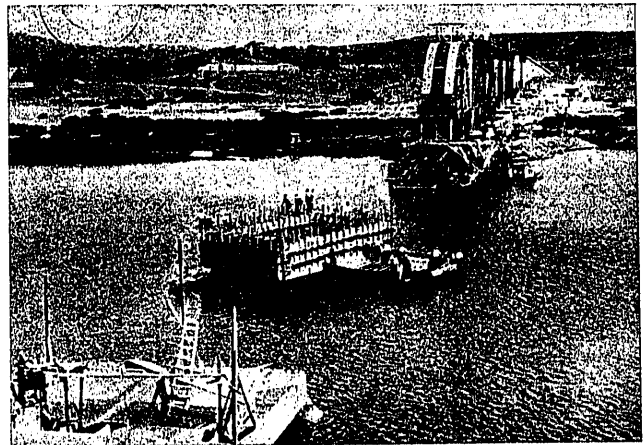


Fig. 4.ª Ubicación de un cajón.

la contrata los trabajos preliminares e instalaciones auxiliares en septiembre de 1925.

Para el clasificado de guijo y arenas se dispusieron	
2 cribadoras mecánicas con grúa, con una potencia de.....	11 CV.
Para hormigones; 2 hormigoneras de 5 CV.....	10 »
Grúas para elevación de materiales;.....	15 »
Bombas para agotamientos; 2 con.....	5 »
Bomba para refrigeración, riego y servicio de obra..	5 »
Sierra mecánica.....	5 »
Total.....	51 CV.

Teniendo en cuenta que no habían de funcionar simultáneamente todos los motores, se dispuso una instalación productora de energía con un motor Semi-Diesel de 45 CV. y un alternador.

Contigua a la serrería mecánica se instaló la montea para la comprobación de las cerchas metálicas y preparación de todo el andamiaje de madera.

Se empezó por la cimentación a cielo abierto del estribo correspondiente a la margen derecha y de la pila inmediata, llegándose al firme con escasos agotamientos.

Para el resto de los apoyos utilizamos el sistema de cajones sin fondo de hormigón armado.

Se han construido seis recintos de pared sencilla para la entibación de las excavaciones correspondientes a las pilas situadas fuera del cauce de estiaje y cuatro de pared doble, construidos en grada y lanzados al agua por botadura.

Este sistema de recintos, además de limitar la superficie filtrante solamente al fondo (eliminándose la filtración por las paredes), permitía una fácil extracción de los productos de excavación, por poderse instalar sobre cada recinto los andamios necesarios para las grúas, bombas y demás medios auxiliares.

A todos los recintos se ha dado un huelgo de un metro en todos sentidos con relación a las dimensiones de las pilas, para poder replantear con exactitud el zócalo de aquéllas, proteger eficazmente los apoyos y, sobre todo, aumentar considerablemente la superficie de repartición de las cargas.

Los recintos situados fuera del cauce de aguas bajas han sido construidos *in situ*, elevando su altura a medida que aumentaba la excavación.

Los situados en el cauce se han construido en varadero y con fondo plano entre paredes. a fin de pre-

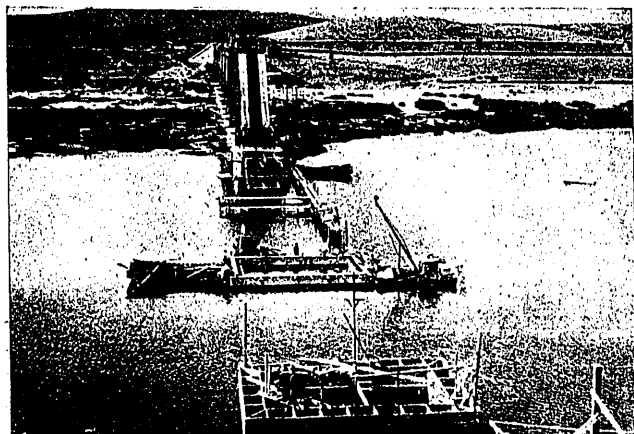


Fig. 5.ª Vista de los cajones después de ubicados.

sentarlos horizontalmente en su sitio mediante la interposición de dos paredes de sacos de hormigón hechas por el buzo.

En el espacio comprendido entre paredes se inyectó el hormigón con manga. Así se logró obtener recintos perfectamente estancos para excavar en la roca.

Además del metro de huelgo alrededor del zócalo de pilas, se ha dado otro metro de ancho entre paredes, necesario para conseguir la flotación después de la botadura.

Los recintos de pared sencilla llevan una terminación inferior en bisel, conveniente para efectuar la hinca, a diferencia de los recintos flotantes, ya que éstos no experimentaron hinca alguna, haciendo la excavación de la capa de acarreo que cubre la roca por medio de una draga de cuchara inmediatamente antes de presentar cada cajón en su lugar.

Los recintos de doble pared se hallan divididos en compartimientos por intermedio de tabiques distanciados 1,40 m y arriostramiento en los ángulos.

Como el nivel de agua en estiaje en el sitio elegido para las gradas no era suficiente para construir estos recintos con toda su altura, pues resultaba insufi-

ciente el desplazamiento con el peso total, se hicieron con una altura de 2 m (fig. 4.ª), terminando de construirlos en el sitio de ubicación. Para impedir la inclinación de los recintos se variaba la carga de modo conveniente en los compartimientos.

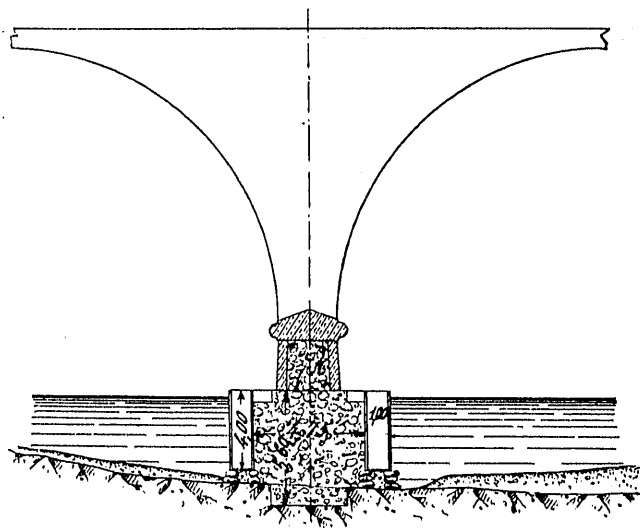


Fig. 6.ª Situación del eajón y corte transversal de la pila.

En la figura 5.ª aparece todavía la situación de los cajones con la altura de colocación. Ultimamente se han recortado lo suficiente para que queden cubiertos siempre por el máximo estiaje, y después de rellenar de grava el espacio entre paredes se han tapado con una capa de hormigón de 0,20 m.

Para anclar los cajones después de su lanzamiento, arriostrarlos debidamente, facilitar las maniobras para su replanteo y, sobre todo, para sujetarlos en caso de avenidas, se construyeron, en astillero, cua-

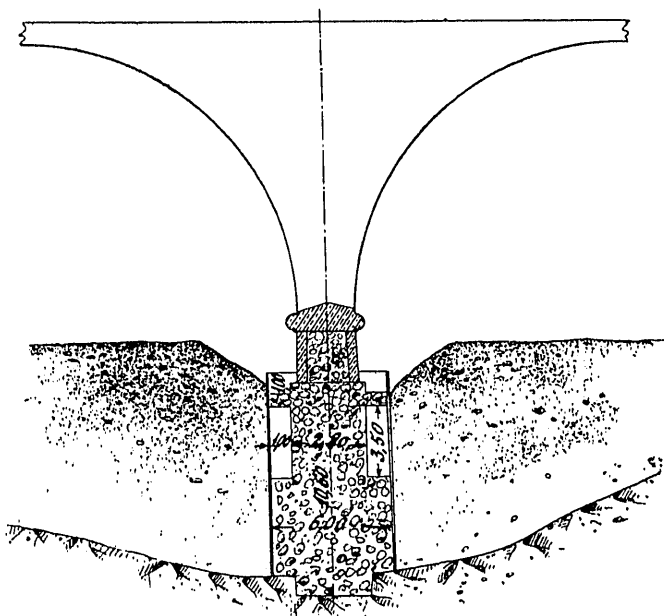


Fig. 7.ª Disposición del recinto y corte de la 2.ª pila.

tro bloques más pequeños, y, después de botados, fueron hundidos aguas arriba y abajo de la obra y rellenos de piedra, cerrándolos con hormigón.

Elegido en la margen izquierda, y próximo al lugar del puente el sitio de mayor calado, se pre-

paró la excavación de tierras necesaria para la construcción de dos cajones simultáneamente y los bloques de amarre. Seguidamente se preparó el asiento necesario para las imadas por medio de sacos de hormigón, así como cuatro poyales para contener las vigas armadas de las imadas, en la parte sumergida en el agua y fuera, por tanto, de asiento. Estas operaciones, así como la preparación del fondo de los poyales, fueron realizadas por el buzo.

Las vigas armadas terminaban en tornapuntas in-

de nivel del agua, permitiendo levantar el mencionado tablón y dejar el recinto con su calado propio.

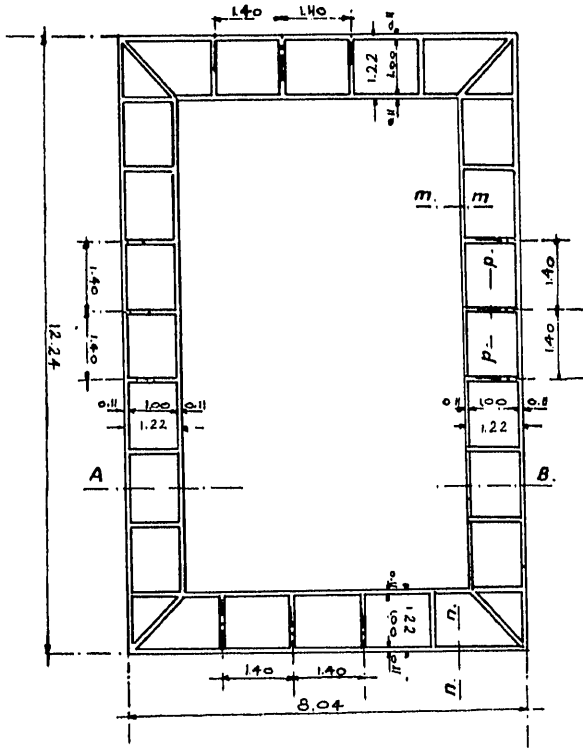


Fig. 8.ª Planta de un cajón.

clinadas para sujetar los extremos al cauce e impedir así cualquier movimiento.

Se construyeron de pino tea e iban reforzadas por medio de cables y tensores de acero.

Las imadas, también de pino tea, de 0,30 m de es-

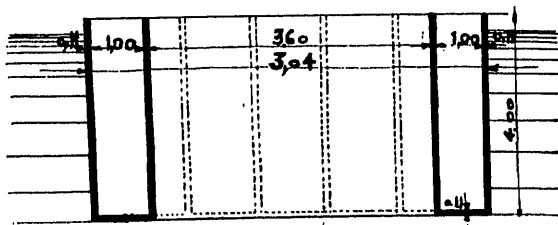


Fig. 9.ª Corte por AB del cajón de 4 m.

cuadría, servían de asiento a los cajones, por intermedio de cuñas y sujetas por fuertes herrajes.

La pendiente de la grada así formada era del 10 por 100.

Para obtener en la botadura el mínimo calado de los cajones proyectamos la construcción de un fondo de tablancillo del Norte, para cubrir durante aquella operación el espacio rectangular comprendido entre las paredes interiores de los recintos, bien arriostrado y calafateado y con orificios tapados que, al abrirlos después de la botadura, restableciesen el equilibrio

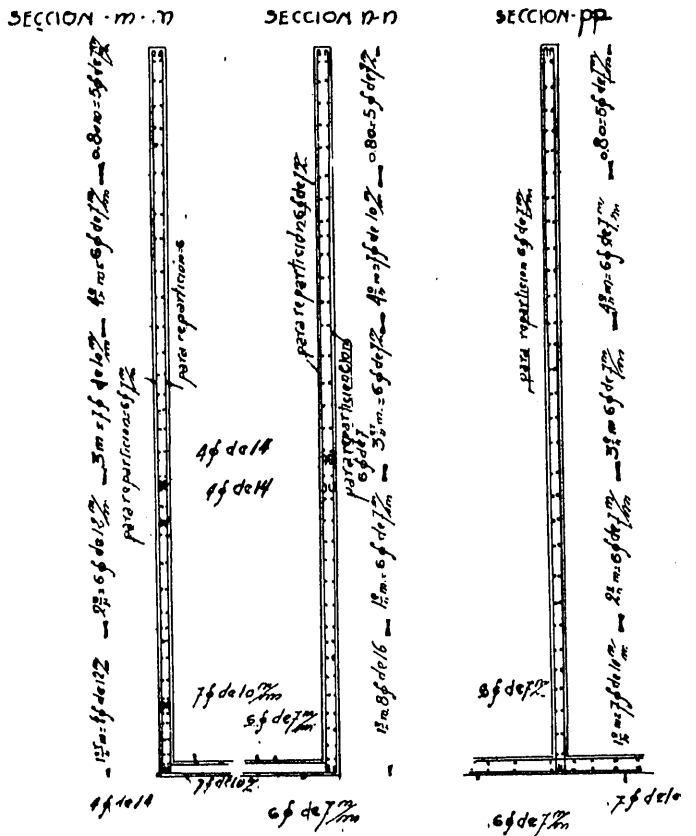


Fig. 10. Cortes de las paredes indicadas en la figura 8.ª

Las cuñas de deslizamiento, previamente enjalma- das, permanecían sujetas por medio de llaves de escape, por lo cual bastaba para la botadura hacerlas saltar y ejercer presión sobre el cajón por medio de fuertes gatos Duff.

Los cajones fueron calculados para los siguientes esfuerzos:

1.º El fondo, para una presión de dentro a fuera de toda la altura, y otra de fuera a dentro del mismo valor por el momento próximo a sumergirse.

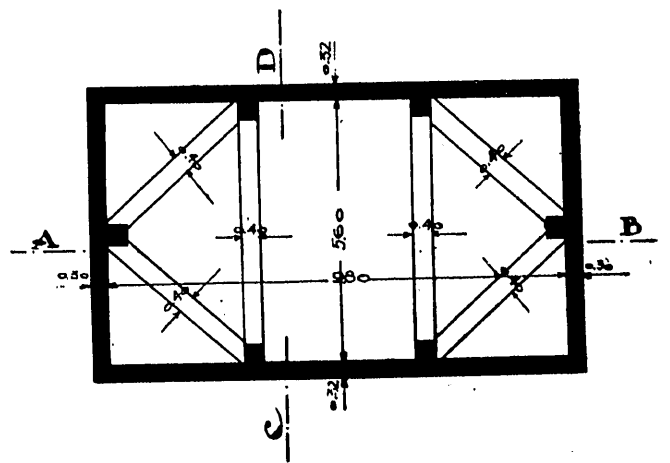


Fig. 11. Corte horizontal.

2.º Las paredes, para las presiones de agua correspondientes a su altura, tanto de fuera a dentro como

habían colocado para la construcción de la 6.^a y 7.^a pilas.

La preparación del recinto correspondiente a la

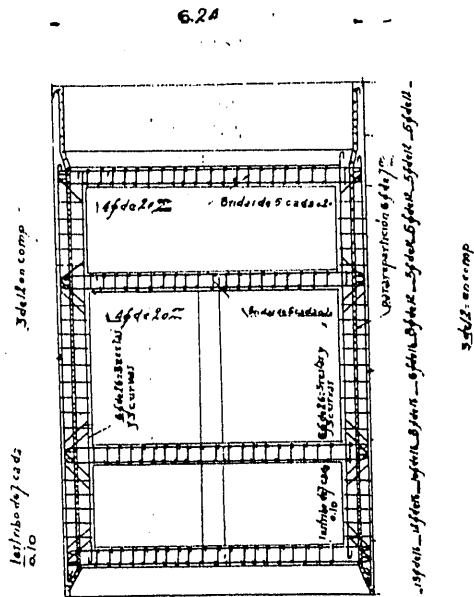


Fig. 16. Corte transversal.

2.^a pila comenzó el 28 de octubre de 1925, hincándose la primera parte hasta el 3 de diciembre, y cuando estaban preparadas las armaduras y enco-

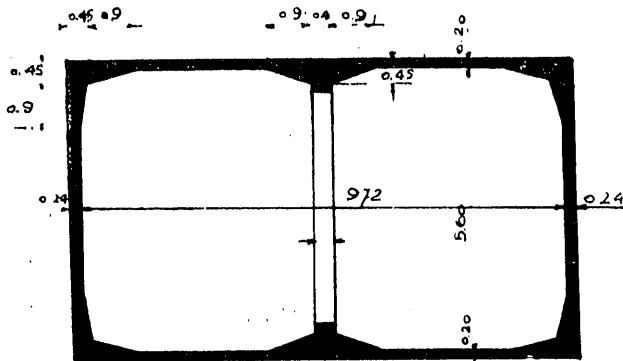


Fig. 17. Corte horizontal por AB.

frados del empalme sobrevino la riada de 8 de diciembre, que deshizo todo el trabajo. Se reanudó el 15 de febrero de 1926 y se terminó el 14 de mayo.

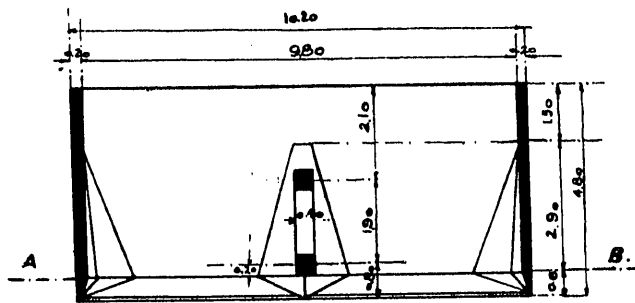


Fig. 18. Corte longitudinal.

Las dificultades que se presentaron en la hinca total de este recinto fueron grandes, teniendo que trabajar veintidós horas diarias durante treinta y cinco días, con el fin de poder mantener agotada la pila.

Los recintos restantes se fueron hincando con anterioridad a éste, pues las dificultades encontradas fueron muchísimo menores.

Durante el invierno se abandonó el trabajo en los alzados, continuándose en las cimentaciones, para lo cual se dispusieron vías a lo largo de las pilas para poder retirar las bombas, grúas y demás medios auxiliares, en caso de nuevas riadas.

Se continuaron los alzados en 1.^o de mayo, terminándose el 8 de diciembre y sufriendo los efectos de la crecida del 1.^o de noviembre, que arrastró la cimbra del 11 arco, que estaba preparado para llenarlo de hormigón y desniveló y casi desarmó la cimbra del arco 10.

Al desaparecer la cimbra del 11 arco faltaba que llenar de hormigón ese arco y el 12, cuyo apuntalamiento no había sufrido nada. Se procedió a llenar el último y el macizo sobre la pila 11 y nos servi-

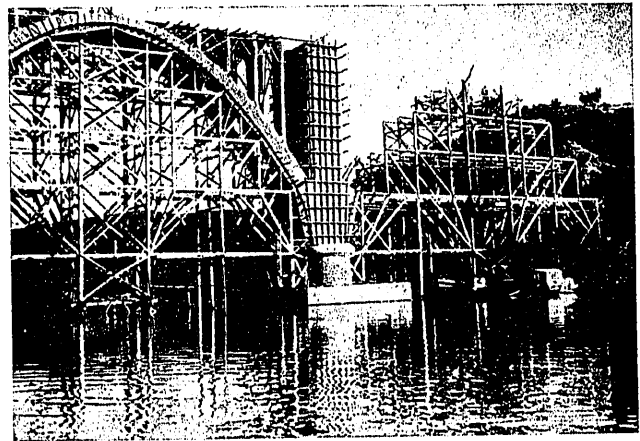


Fig. 19. Disposición de cimbras y encofrados.

mos de las cerchas metálicas para terminar el único que faltaba.

Para dar fin a esta descripción, consignamos algunos datos de coste de elementos o partes de obra que pueden ofrecer algún interés.

Se han construido cuatro tipos de recintos de pared sencilla, de alturas y refuerzos diferentes, oscilando su coste entre 5 300 y 10 300 pesetas, a excepción del recinto, que alcanzó la altura de 10,50 m y costó 26 500 pesetas.

Los cajones flotantes son de tres tipos, y el de coste más elevado asciende a 17 800 pesetas.

	Pesetas.
Importe total de recintos sencillos y cajones.....	128.000
Idem de cimientos de las 11 pilas.....	123.000
Idem de alzados de las 11 pilas.....	66.500
Idem de 4 cajones para anclaje.....	16.500
Idem de la grada para las botaduras.....	12.600
Idem total del puente.....	1.164.000
Andamios y medios auxiliares.....	75.000

Cipriano SALVATIERRA IRIARTE
Ingeniero de Caminos.