

mediante los cálculos corrientes de distribución de tensiones entre hierro y hormigón proporcionalmente a sus coeficientes elásticos.

A este objeto son muy interesantes las últimas investigaciones del American Concrete Institute precisamente sobre pórticos sencillos sometidos a esfuerzos permanentes durante dos años. Es de advertir que en los pórticos de la primera serie la carga permanente produce aproximadamente del 30 al 50 por 100 de las tensiones máximas totales.

Teniendo en cuenta que siempre se trata de losas empotradas y que, por consiguiente, hay inversión de momentos desde el centro a los extremos, hacemos pasar en estas últimas zonas una parte de los hierros de la región inferior a la superior, utilizando este traslado para encauzar las tensiones principales, realizando lo que corrientemente se llama absorber las cargas tangenciales. Por ejemplo, en las losas del tablero de la serie 2.^a existen dos grupos de barras dobladas, que se obtienen con hierros de la misma plantilla, pero colocados alternativamente, de modo a alcanzar la zona superior en el plano interior de cada una de las vigas correspondientes. Como en los extremos el momento flector es mayor que en el centro, son precisas más barras, lo que se consigue naturalmente al reunirse las barras dobladas de los dos tramos adyacentes.

Las losas de los tableros inferiores se han armado teniendo en cuenta el trabajo a que están sometidas; desnivelación de los apoyos por flectar desigualmente las vigas que enlazan.

En las losas verticales proyectamos armadura transversal para contener la dilatación transversal del hormigón y enlazar las armaduras, dándoles rigidez durante construcción, y consiste en alambres de 5 milímetros, que pasan en zig-zag de una cara a la otra, con inclinación de unos 45°.

El armado de las vigas se dispone en cuchillos, combinando una barra de compresión, dos de tracción y los estribos correspondientes; resultan cinco cuchillos, que se componen de tres partes independientes, una central y dos extremas simétricas. Habíamos proyectado enlazar las tres partes del cuchillo atando barras inclinadas entre sí; pero teniendo en

cuenta que esta precaución no se ha tomado en consideración en puentes de este tipo de mayor importancia que los nuestros (así, por ejemplo, el de Martínez sobre el río San Antonio, en Texas, con 31 m de luz), hemos decidido no llevarla a nuestros modelos, uniendo únicamente las barras rectas de las zonas superior e inferior.

En el codo no disponemos hierros especiales para resistir a compresión, pues se prolongan en las zonas correspondientes los de tabique y dintel, y únicamente se colocan hierros en forma de horquilla, según ya justificamos al tratar de este elemento estructural.

La unión del tabique con los cimientos se refuerza con barras dobladas en ángulo recto, dispuestas a 45°, de modo a absorber las tensiones de tracción y contribuir a la buena transmisión de las compresiones. Además se disponen tres cuchillos longitudinales, que forman una sólida viga, para reparto de presiones al macizo de cimentación.

Hemos procurado no emplear hierros de diámetro importante; así en los forjados utilizamos de 8 y de 10, y en las armaduras principales calibres hasta 22 en las losas y hasta 35 en las vigas.

Carlos FERNANDEZ CASADO
Ingeniero de Caminos

BIBLIOGRAFIA

- HAYDEN: "The Rigid Frame Bridge". New York, 1931.
TAYLOR, THOMSON & SMULSKI: "Concrete Plain and Reinforced". New York, 1925.
"Ten Years of Achievement with Rigid-Frame Bridges". *Engineering News-Records*, 27 abril 1933.
HAJNAL KONGI: "Weitgespannte Eisenbeton-Balkenbrücken". *Beton und Eisen*, 5 diciembre 1933.
BERETTA: "Rigid Frame Concrete Bridges". *Journal of American Concrete Institute*. Enero-febrero 1934.
MEILMOYLE: "Reinforced Concrete Railway Bridges". *Concrete & Constructional Engineering*. Enero 1930.
POWELL: "Bridges on Grud Central Parkways". *Engineering News-Records*. 9 marzo 1933.
HAYDEN: "Tests of several Reinforced Concrete Knees". *Engineering News Records*. 18 enero 1923.
MITSUHI ABE: "Analysis and Tests of Rigidly Connected Reinforced Concrete Frames". *Boletín 107 de la Universidad de Illinois*.

Las obras de reconstrucción del cuarto paso sobre el río Matarraña, en la línea de Zaragoza a Barcelona por Caspe

Desde la época de su construcción, la línea de Zaragoza a Barcelona por Caspe cruzaba por cuarta vez el río Matarraña, en el kilómetro 148,850, por una obra (fig. 1) constituida por tres tramos metálicos de viga continua, de 47,50 m de luz teórica los laterales y de 57 m de luz teórica el tramo central. A continuación del tercero de dichos tramos, y arrancando de la pila-estribo en que se apoyaba el extremo del mismo, lado de Barcelona, existía una bóveda escarzana de sillería, de 6 m de luz, cuyo otro arranque insistía sobre un estribo que recibía, en su parte superior, los astiales de una galería o túnel artificial de pequeña longitud, que servía de ingreso al

túnel de 1 848,60 m que se desarrolla a continuación, atravesando la denominada montaña de Bugarraig, para desembocar en la misma entrada de la estación de Fayón.

Dicha montaña, en el lugar de emplazamiento del puente, presenta un escarpe o cantil de una elevación de 125 m sobre el nivel superior de los carriles, nivel que está a 20,50 m por encima del cauce del río. De dicho escarpe, que está formado por estratos sensiblemente horizontales de caliza, alternando con delgadas capas de arcilla, se produjo en 20 de julio de 1931 el desprendimiento de un bloque en diferentes fragmentos, uno de los cuales, de un peso

de unas 32 toneladas, vino a chocar en su caída, desde una altura de unos 60 m, contra el borde de la boquilla del túnel artificial, cayendo después sobre el montante de apoyo de la viga izquierda del tercer tramo metálico, en tanto que la viga derecha, que no sufrió directamente el choque, saltó al tener

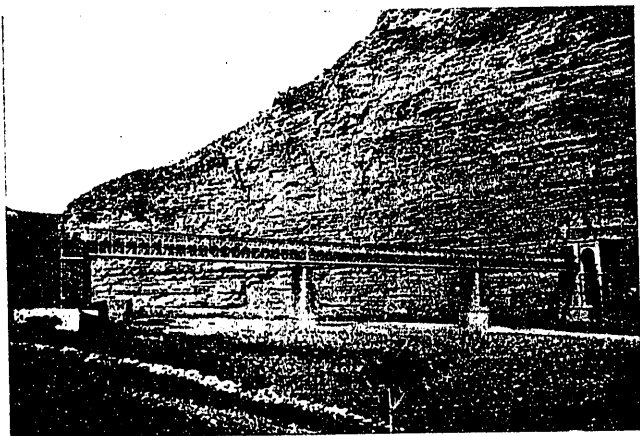


Fig. 1.

que resistir por sí sola la totalidad del peso de la estructura del tramo, produciéndose entonces el derrumbamiento de éste en la forma que representa la figura 2.

Con objeto de que el tráfico, que hubo necesidad de llevarlo por la línea de Zaragoza a Barcelona por Lérida, de la Compañía del Norte, quedara interrumpido durante el menor tiempo posible, se procedió, por los ingenieros de la División del Material fijo de la Compañía de M. Z. A., concesionaria de la línea en que tuvo lugar el accidente, a estudiar la solución más acertada para restablecer la circulación, y, después de desechar la posibilidad de una variación de trazado, a causa de impedirlo prácticamente la configuración del terreno, se resolvió proceder con toda rapidez a la construcción de un paso provisional, cuya ejecución se llevó a cabo en 28 días,

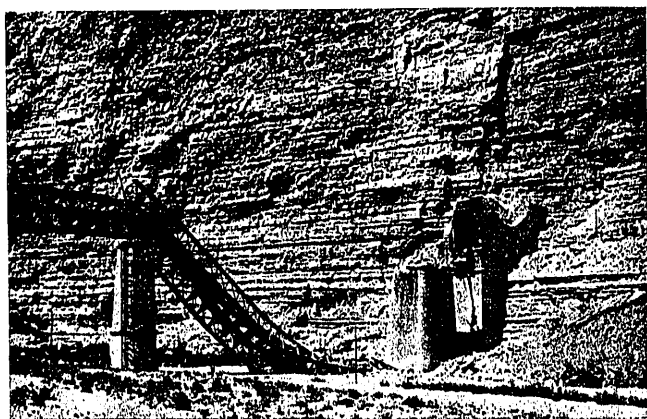


Fig. 2.

quedando de este modo restablecido provisionalmente el puente, que fué inaugurado el día 18 de agosto, con el paso de una máquina auxiliar, que estuvo circulando por la obra durante todo ese día, procediéndose al siguiente a verificar las pruebas de la estructura con una locomotora de la serie 1 700, las de

mayor peso de que dispone la Compañía de M. Z. A., obteniéndose en las referidas pruebas cargas de trabajo y flechas muy reducidas, por lo que al siguiente día, 20 de agosto, quedó restablecida la circulación por el puente de toda clase de trenes y máquinas, representándose en la figura 3, además de la disposición de conjunto del puente provisional, el paso del primer tren de viajeros por la obra, que fué el rápido de Zaragoza a Barcelona del expresado día 20.

La obra definitiva, que pone a cubierto la circulación de cualquier desprendimiento que pudiera provenir del cantil inmediato al puente, quedó totalmente terminada el 20 de julio del pasado año, habiendo comenzado su construcción el 27 de febrero de 1932, invirtiéndose, por consiguiente, diecisiete meses en su total ejecución.

Se ha construido dicha obra definitiva con arreglo al proyecto redactado por la Comisión designada por Orden del Ministerio de Obras públicas con fecha 26 de enero de 1932, integrada por D. José Cavestany, inspector general de Caminos, como representante del extinguido Consejo de Obras públicas; don Alfonso Peña Boeuf, en su calidad de profesor de

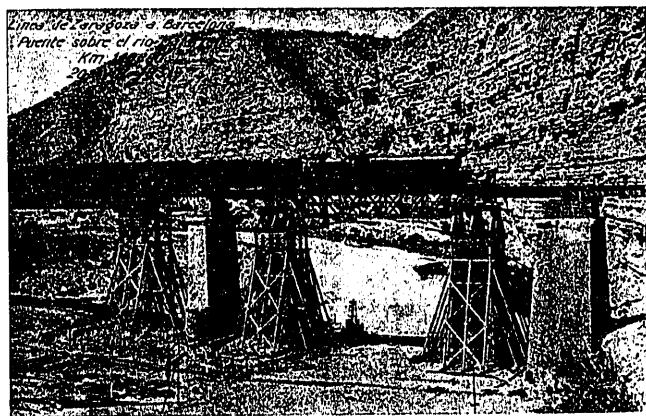


Fig. 3.

la asignatura de Hormigón armado, y por D. Francisco Bonal, ingeniero jefe adjunto de Vía y Obras de la Compañía de M. Z. A., en representación de dicha Compañía, habiéndome correspondido auxiliar a la expresada Comisión en todos los trabajos de cálculo y redacción del mencionado proyecto, cuya solución difiere muy poco de la ideada por mí, estando a pie de obra en uno de los días de la campaña de construcción del puente o paso provisional, y que, debidamente estudiada y comparada con otras diferentes soluciones, entre las que figuraban la de construcción de un terraplén, calado en su base por unos tubos de hormigón armado de gran sección oval, sobre cuyo terraplén se construiría un túnel o galería artificial, y la de forrar el cantil de la montaña con una pantalla de hormigón armado, fué aprobada por la Jefatura del Servicio de Vía y Obras de la referida Compañía, encargándoseme de la dirección de la parte de fábrica, y a mi compañero don Gerardo Roger, de los trabajos de sustitución de los tramos metálicos.

Consiste esencialmente la obra definitiva en establecer un túnel o galería artificial que ponga a cubierto, el resto de la obra y la circulación, de cualquier otro desprendimiento que pudiera provenir de

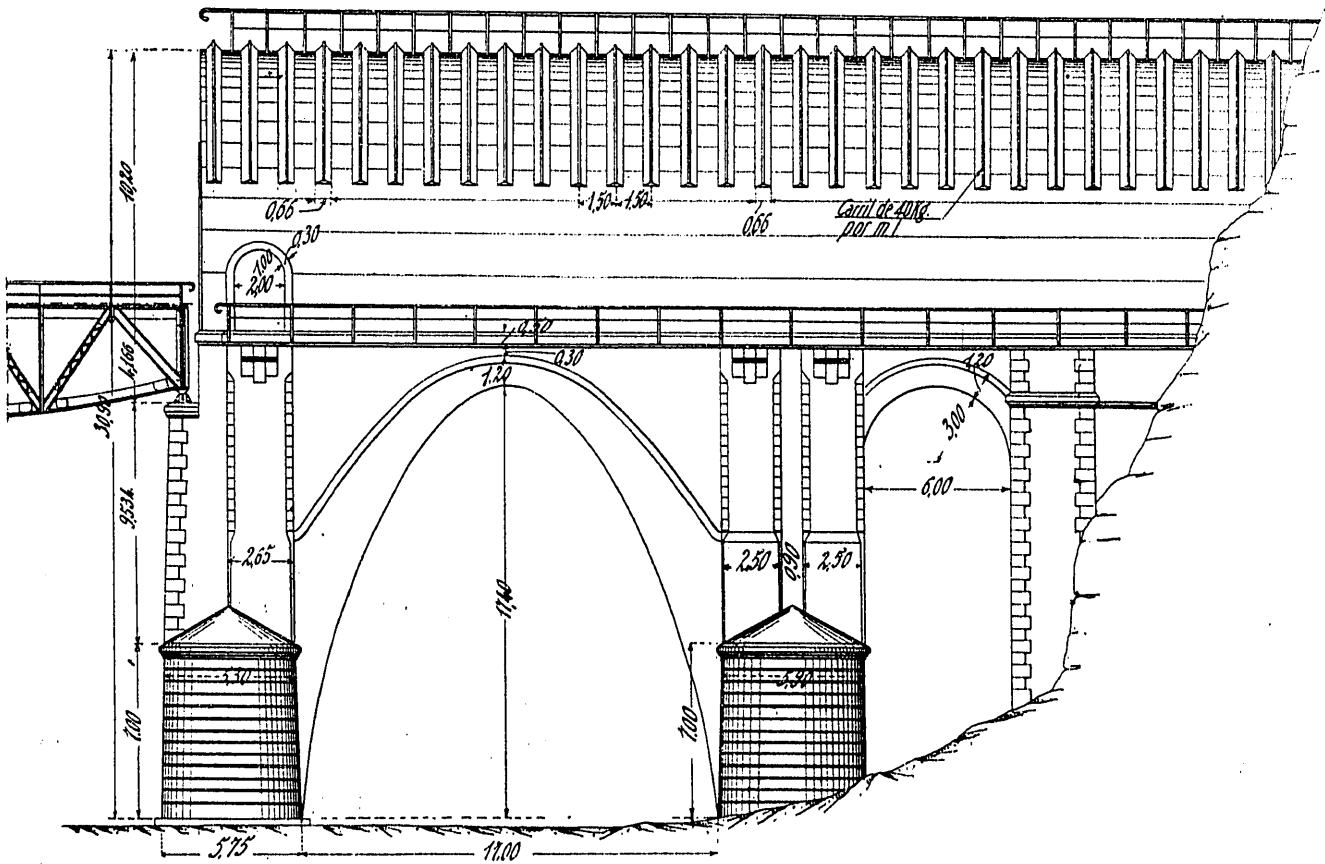


Fig. 4. Alzado del estribo y túnel de defensa del puente sobre el río Matarraña (cuarto paso) en el kilómetro 148,850 de la línea de Zaragoza a Barcelona

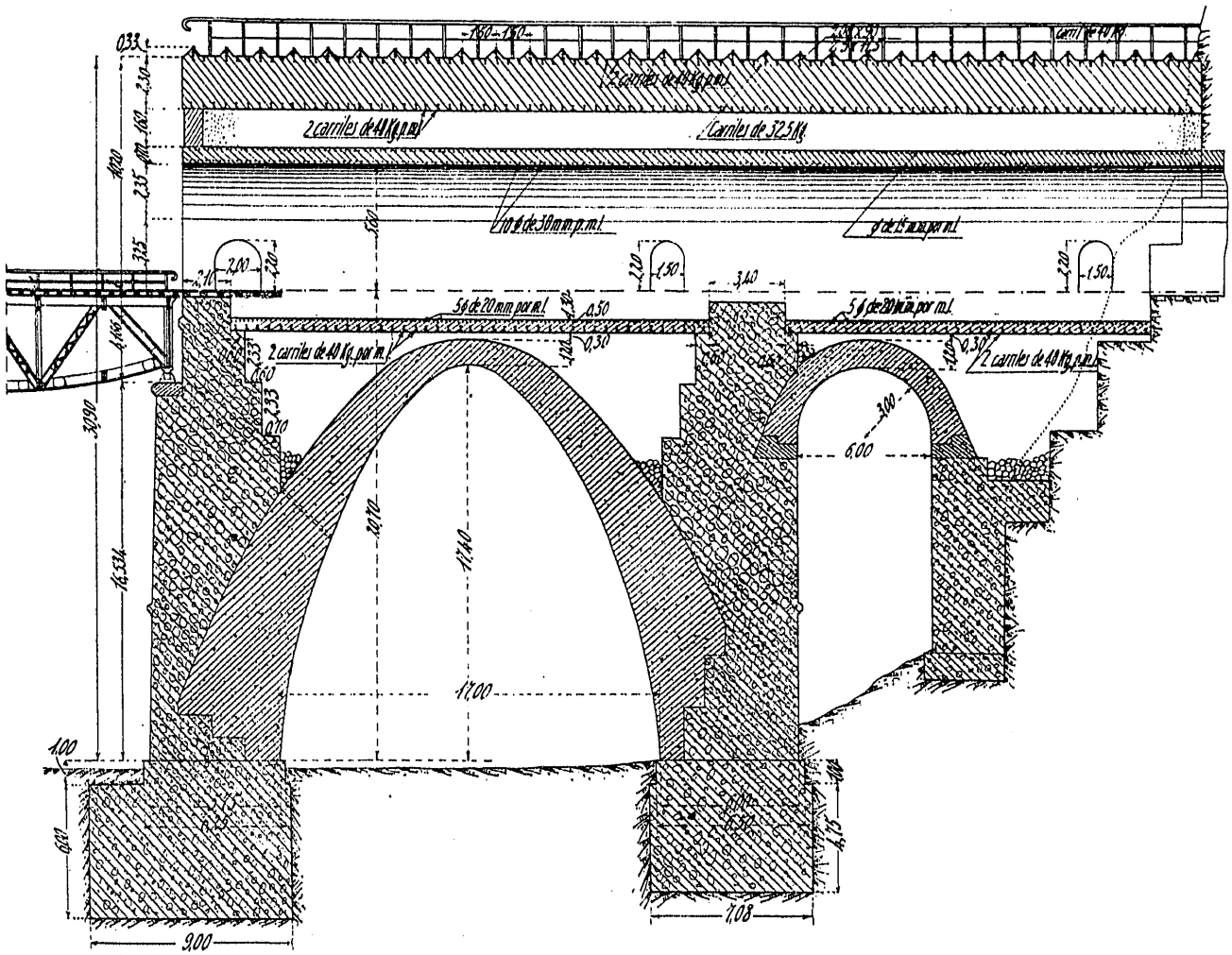


Fig. 5. Corte longitudinal

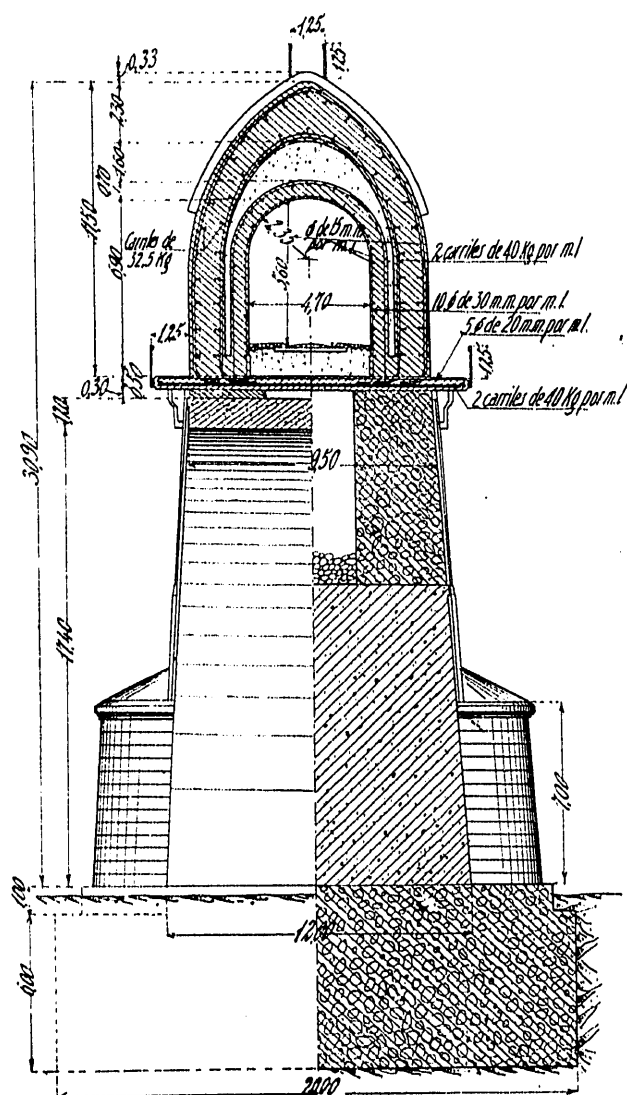


Fig. 6. Cortes transversales

la montaña. Las figuras 4 a 6 representan, en alzado, sección longitudinal y secciones transversales, la obra proyectada.

El referido túnel o galería artificial mide una longitud de 45 m, y su sección se halla constituida por dos bóvedas de hormigón armado, una exterior, que tiene forma de ojiva equilateral —que, como se sabe, es la más apropiada para resistir en las mejores condiciones la acción de una fuerza concentrada en la clave—, y otra interior, con astiales y arcos de medio punto, la que se circunscribe, con la necesaria holgura, para permitir la colocación de moldes, al gálibo de túneles de la referida Compañía. Ambas bóvedas han sido construidas con cemento aluminoso fundido "Electroland", y se han armado de acuerdo con las indicaciones y cotas de los dibujos citados, habiéndose admitido, como hipótesis de cálculo de estas bóvedas, las siguientes: para la

exterior, el impacto producido por un bloque de 50 toneladas cayendo desde 130 m de altura, y para la bóveda interior se considera que dicho bloque pueda quedar encajado sobre la bóveda exterior, actuando entonces sobre aquélla el peso propio de la parte de construcción que insiste sobre la misma, más el peso del bloque. Además, en el trasdós de la bóveda exterior se disponen unos nervios quebrantadores, distanciados 1,50 m entre sí, cuya misión es la de fraccionar el bloque desprendido al actuar sobre dichos nervios, con lo que se evita la acción directa, en un solo punto del trasdós de la bóveda, del peso total del bloque. Entre ambas bóvedas se dispone una capa de tierra



Fig. 7.

que tiene por objeto amortiguar las presiones al ser transmitidas a la bóveda interior.

La hipótesis sustentada para el cálculo del túnel artificial, que corresponde, según acabamos de indicar, al efecto dinámico de un bloque de 50 toneladas cayendo desde una altura de 130 m, constituye un límite de previsión muy lejano de la realidad, que da un margen de extraordinaria tranquilidad para la solidez de la obra, sin que por eso vaya a creerse que al proyectarla se ha prescindido del aspecto económico, porque, si se han admitido tan violentas condiciones de trabajo, ha sido porque, a pesar de todo, se ha llegado a espesores no solamente razonables, sino relativamente económicos, como se requiere en toda obra bien estudiada.

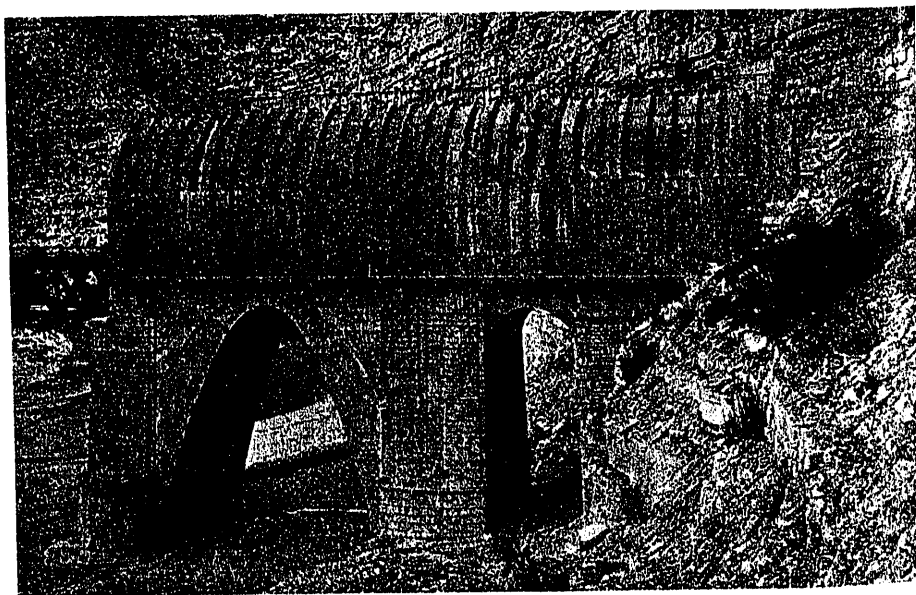


Fig. 8.

El túnel artificial se halla sustentado por una estructura toda ella de hormigón, formada por dos arcos de 17 y de 6 m de luz, empotrados en la pila y estribo de la obra primitiva, y en una pila de nueva construcción, que subdivide la luz del tramo derrumbado en el accidente en otras dos: una correspondiente al arco de 17 m antes mencionado, y la otra, a un tramo metálico de 22,72 m de luz teórica. Inferiormente a la vía, y enlazando ambos muros de tímpano, se dispone una losa de hormigón armado, cuyo objeto es repartir las presiones producidas por el choque a toda la masa de la estructura.

Asimismo la obra ha llevado consigo la sustitución de los dos tramos metálicos restantes, que eran de sistema anticuado y que quedaron resentidos a causa del accidente, por otros nuevos, calculados con arreglo a la Instrucción oficial vigente, de 56 y 46,88 metros de luz teórica. Las vigas principales de di-

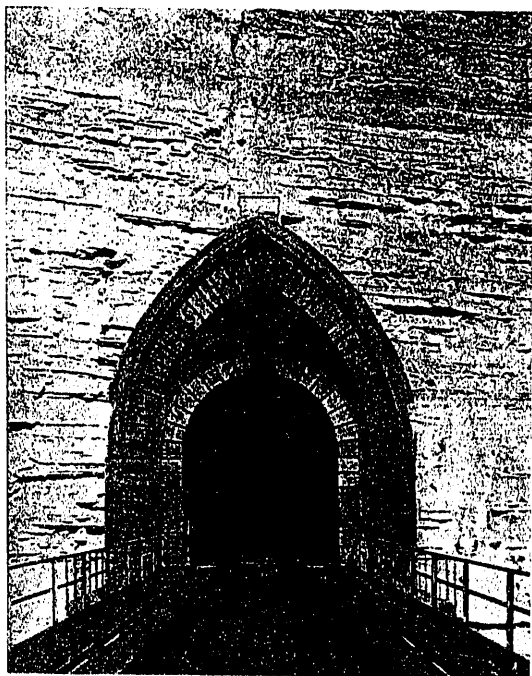


Fig. 9.

chos tramos, como la del antes citado de 22,72 m, son del tipo Warren, con montantes, con cabeza inferior parabólica y de piso o tablero superior.

La figura 7 representa una vista general de la obra totalmente terminada, y las figuras 8 y 9 se refieren a diversos aspectos parciales de la misma. A continuación se detallan los diferentes trabajos que ha requerido la construcción de dicha obra definitiva.

El primero de ellos consistió en desviar el cauce del río Matarraña, para que la corriente no afectase a la zona donde había de ser cimentada la pila de nueva construcción, desviación que fué efectuada mediante la construcción de una presa de escollera, revestida de tierras de naturaleza arcillosa, y la apertura de un cauce artificial o canal que, arrancando de dicha presa y pasando por el vano comprendido entre las pilas 1 y 2 del puente, devolvía las aguas al cauce principal del Matarraña, aguas abajo del emplazamiento del puente.

Simultáneamente con el anterior trabajo se procedió a construir la cubierta de protección, que to-

talmente terminada se representa en las figuras 10 y 11, cuyo principal objeto ha sido el de poner la zona de los trabajos más cercana a la montaña al abrigo de nuevos desprendimientos de piedras o bloques del cantil, y que a la vez ha servido de anda-



Fig. 10.

mio para todas las operaciones que ha exigido la ejecución de esta parte de la obra.

Mientras se realizaban estos trabajos se daba comienzo al montaje del cajón metálico para la fundación, por aire comprimido, de la pila de nueva construcción. El referido cajón mide 9 m de ancho por 20 de longitud, incluidos los tajamares semicirculares, y su hincia se hizo relativamente fácil hasta que se

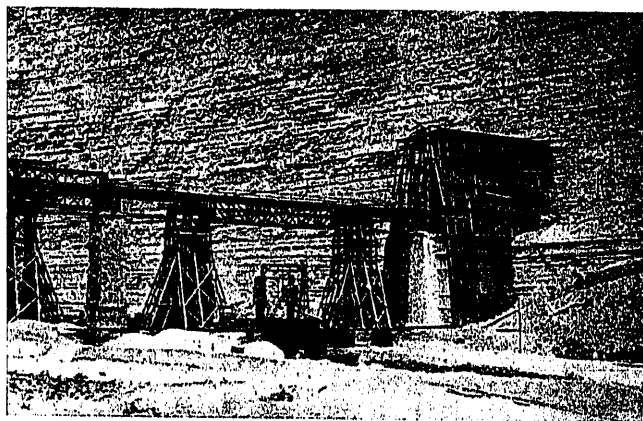


Fig. 11.

llegó a la profundidad de 2,26 m, en que aparecieron grandes y muy numerosos bloques, procedentes, sin duda, de muy antiguos derrumbamientos, y que se hallaban envueltos por la capa de grava que se atravesaba desde un principio. En estas condiciones

la hinca del cajón se hacía con suma dificultad, pues requería un trabajo muy laborioso para hacer descender el cajón, cuyo anillo cortante insistía en muchos puntos de su perímetro sobre los referidos blo-

na, buzába con una ligerísima inclinación en sentido favorable al empuje del arco parabólico que había de empotrarse en la pila; y comprobado que fué el espesor de este banco, mediante la ejecución de dos calicatas de $2 \times 2 \times 2,02$ m, situadas en los extremos del eje longitudinal del cajón, viéndose que aquél era suficiente, se procedió al hormigonado de la cámara de trabajo del cajón, después de introducir en dichas calicatas trozos o cupones de carril de 3 m y de 32,5 kg de peso por metro lineal, los que, dispuestos verticalmente, formaban un eficaz anclaje del cajón a la roca que constituía el asiento del mismo. En la figura 12 se representa una fase del montaje e hinca del citado cajón de fundación.

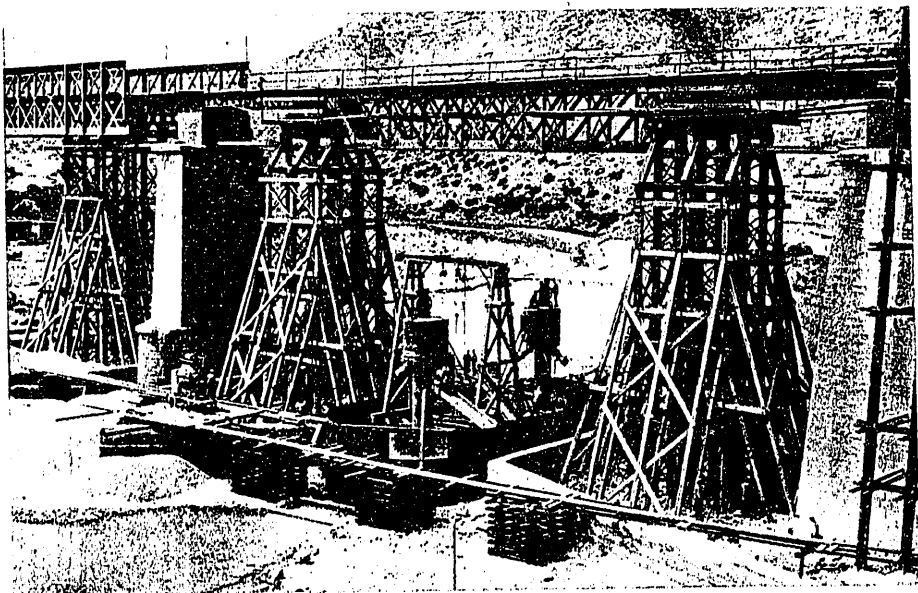


Fig. 12.

ques, algunos de piedra muy dura, teniendo necesidad de tapar con arcilla la superficie de contacto del citado anillo cortante con el terreno a lo largo de todo el perímetro de aquél, y descubrir solamente, de un modo paulatino, las zonas de este perímetro en que aparecían los bloques para poder cortarlos, habiendo veces que toda la superficie de la cámara

ques del arco, dejando alojados en el hormigón los carriles que servirían de ménsulas para apoyo de la cimbra recogida para su construcción, y, aunque no



Fig. 13.

de trabajo del cajón estaba constituida por bloques que había que quebrantar y trocear con frecuencia, mediante el empleo de barrenos, dados con las precauciones necesarias. En este terreno la hinca se hacía muy lenta y penosa, hasta que, al alcanzar la profundidad de 5,37 m, surgió un banco de roca de excelente calidad, cuya superficie, sensiblemente pla-

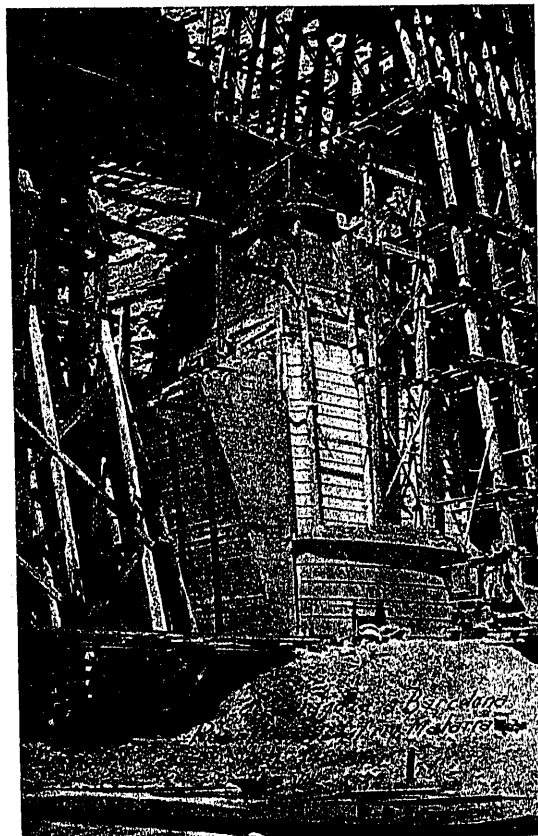


Fig. 14.

estaba previsto en el proyecto, al hormigonar este arco se colocó una armadura, formada por cerchas de carril de 32,5 kg por metro lineal, enlazadas

por varillas de redondo de 15 mm de diámetro, para aumentar la resistencia de este elemento de la obra, que, por su proximidad al cantil, ha de ser el más castigado en caso de un desprendimiento de la montaña. La figura 13 representa el arco terminado, en cuya construcción se empleó hormigón de 300 kg de cemento portland.

El arco parabólico, por las circunstancias en que la obra se ha desarrollado, que han obligado a mantener hasta el último momento el castillete número 3 del paso provisional hasta que fuese terminada la construcción de la pila nueva, ha sido ejecutado en tres partes. Primeramente se construyó la parte correspondiente al arranque del lado Barcelona, demoliendo previamente la zona de la pila-estribo en que



Fig. 15.

iba empotrado el citado arranque, que puede verse terminado en la figura 14, procediéndose después, una vez terminada la fundación de la pila nueva, a hormigonar el arranque del lado Zaragoza. Para ejecutar el hormigonado de la parte central del referido arco parabólico hubo necesidad de que estuviera terminada la pila nueva, sustituyéndose el tramo de 25 m de luz, que constituía una parte del paso provisional, por otro, también auxiliar, pero de piso inferior, que permitía que debajo del mismo pasara la cimbra para el hormigonado de esta parte central del arco. En la figura 15 puede apreciarse la cimbra utilizada para el hormigonado de la zona central, en la que también se dispusieron armaduras de carriles y redondos de acero, en igual forma que en el arco de 6 m, y la figura 16 muestra el arco parabólico terminado, habiéndose empleado para su construcción el hormigón de 300 kg de cemento portland. Sobre los muros de tímpano de ambos arcos des-

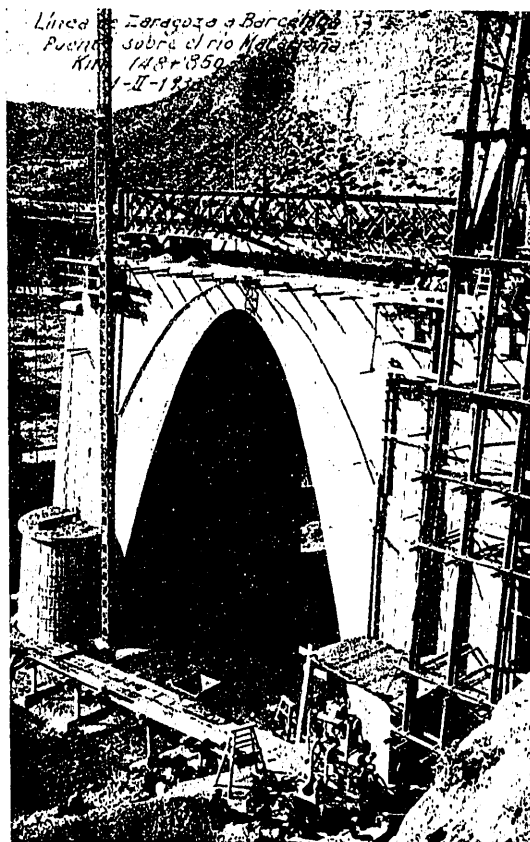


Fig. 16.

critos, y apoyada en la pila nueva, pila-estribo y estribo, se procedió al hormigonado de la losa de repartición en que quedan empotradas todas las arma-

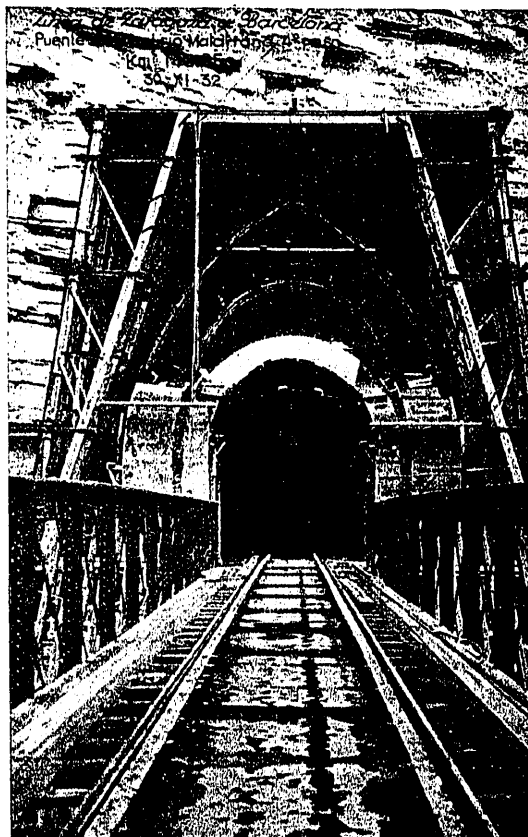


Fig. 17.

duras transversales de las dos bóvedas que componen el túnel artificial. Esta losa, que va armada con carriles de 40 kg de peso por metro lineal, distanciados 0,50 m y cruzados por varillas longitudinales de redondo de 20 mm de diámetro, se ha ido construyendo por zonas a medida que se terminaba la

Simultáneamente a estos trabajos de la parte de fábrica de la obra se venían realizando los necesarios para la sustitución de los dos tramos existentes por los nuevos, de 46,88 y de 56 m de luz teórica, pudiendo apreciar en la figura 19 una de las fases de su montaje en obra, anterior al momento de efectuar el corrido lateral de estos tramos y de los viejos, para llevar aquéllos a su posición primitiva; operación que, como todas las realizadas en esta obra, se llevó a cabo sin producir retraso ni trastorno alguno en la circulación.

El conjunto de las obras estaba presupuestado en pesetas 1 506 918,47, de cuya cantidad, 973 743,09 pesetas correspondían a la parte de fábrica, y pesetas 533 175,38 a la parte metálica. En la ejecución de las obras se ha rebasado dicho presupuesto, tanto por la realización de trabajos no incluidos en el mismo, pero que era indispensable ejecutar, tales que la consolidación de las pilas existentes mediante inyecciones de cemento y la disposición en ellas y en los estribos de losas de repartición arma-

das con carriles, como por el mayor gasto originado por la construcción de la cubierta de protección y por una serie de imprevistos, entre los que hay que citar como de mayor importancia los gastos motivados por cinco avenidas del río, que, aunque no produjeron daño ni perjuicio alguno en la obra propiamente dicha,

construcción de la correspondiente parte inferior, habiendo sido comenzada por el trozo que corresponde al arco de 6 m, continuando después con el trozo inmediato a la montaña, el que penetra dentro de la misma, y dividiendo, por último, en otros dos trozos la parte de losa que insiste sobre el arco parabólico. En el hormigonado de esta losa se empleó el cemento aluminoso fundido, dosificado a 200 kg por metro cúbico.

El túnel artificial, elemento característico de esta obra, se ha construido igualmente en cuatro trozos, que se corresponden con los citados para la losa de repartición, y el material empleado ha sido el hormigón de 300 kg de cemento aluminoso fundido. Las armaduras de las dos bóvedas del túnel artificial van dispuestas en obra idénticamente a como se representa en las figuras 4 a 6, y el hormigonado se ha efectuado comenzando por los astiales de ambas bóvedas, que se llevaban simultáneamente, siguiendo después hormigonando la bóveda interior, que servía de andamio para montar las partes superiores de las dos armaduras de carriles de la bóveda exterior, para, una vez montadas, proceder al hormigonado de dicha bóveda exterior. Las figuras 17 y 18 muestran detalles de la construcción del túnel artificial, y las figuras 8 y 9, antes citadas, representan totalmente terminada esta parte esencial de la obra.

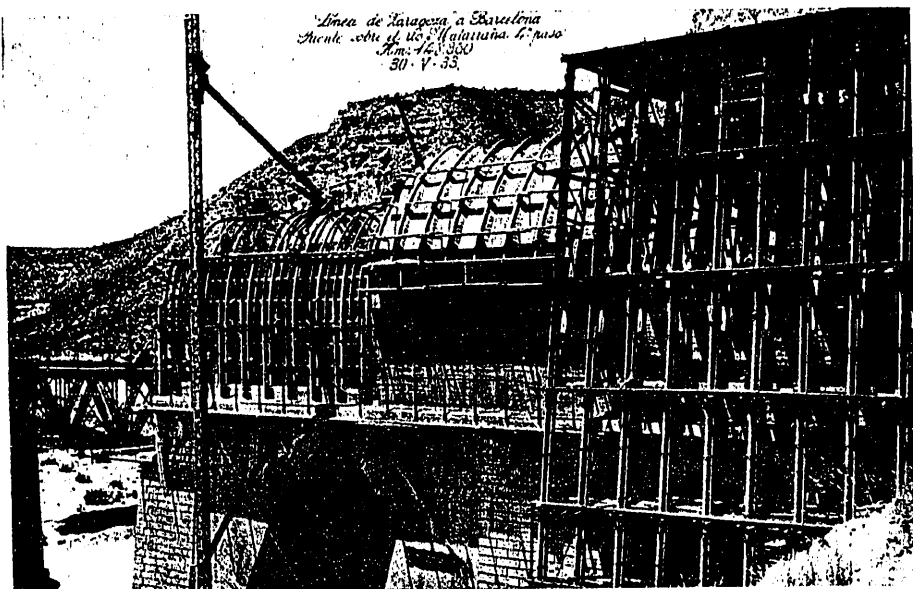


Fig. 18.

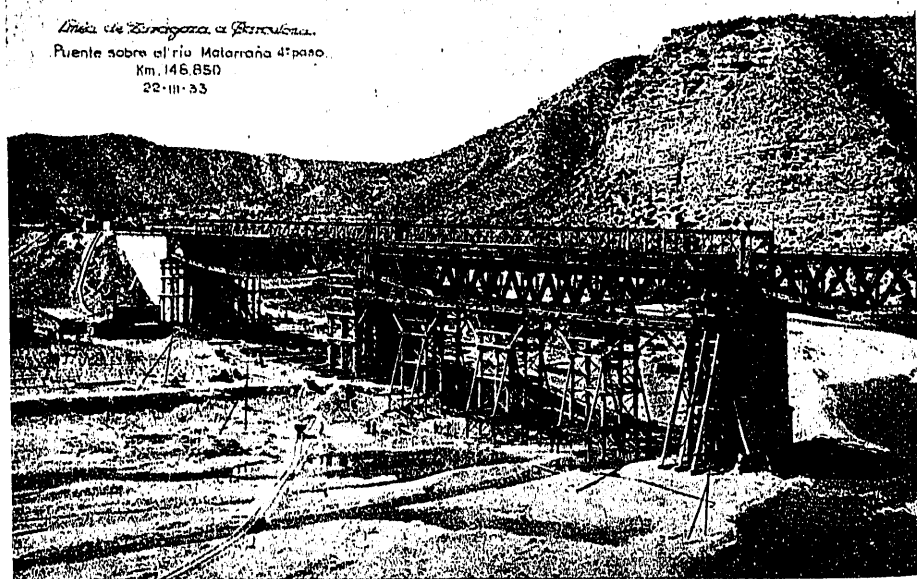


Fig. 19.

arrastraron elementos auxiliares de la construcción y materiales, principalmente grava y arena que se tenían acopiados a pie de obra, todo ello con el retraso consiguiente en las obras.

En la parte de fábrica se han empleado los siguientes volúmenes y pesos de materiales: 2 040,7 m³ de

hormigón de 250 kg de cemento portland; 1 373,1 metros cúbicos de hormigón de 300 kg de cemento portland; 51,5 m³ de hormigón moldeado, dosificado a 300 kg de cemento portland; 270 metros cúbicos de hormigón de 200 kg de cemento aluminoso fundido; 2 207,6 m³ de hormigón de 300 kilogramos de cemento aluminoso fundido; 66,7 m³ de madera en cimbras; 4,254 ton de acero en redondos de 15 mm; 6,808 ton de acero en redondos de 20 mm; 94,805 ton de redondo de 30 mm; 67,470 toneladas de acero en carriles de 32,500 kg de peso por metro lineal; 249,600 ton de acero en carriles de 40 kg de peso por metro lineal, y 11,835 ton de acero en viguetas de sección en doble T y del perfil número 20 de A. H. V., en cuyas cantidades no están incluidos los carriles empleados en las losas de repartición establecidas en las coronaciones de las pilas existentes y estribos ni el hormigón consumido en el hormigonado de estas losas, así como tampoco

figura en ellas la madera empleada en la construcción de la cubierta de protección, en los andamios y castilletes, ni los materiales metálicos, carriles y redondos de acero empleados en las armaduras de los arcos, ni tampoco las viguetas y carriles que han sido utilizados en la cubierta de protección.

En la parte metálica, el peso de la estructura de los tres tramos colocados es de 446,640 ton.

La especial estructura y disposición dada a la parte de fábrica de la obra definitiva construida en el cuarto paso del río Matarraña, en la línea de Zaragoza a Barcelona, con el objeto de defender la circulación de cualquier desprendimiento que pudiera sobrevenir de la montaña, constituye una original solución, que ha de estar indicada en todos aquellos casos de frentes de túneles y de trincheras de elevada cota en que sea de temer la caída de bloques que pueda afectar a la seguridad de la circulación.

Francisco MONEVA
Ingeniero de Caminos

Los diques de abrigo de los puertos¹

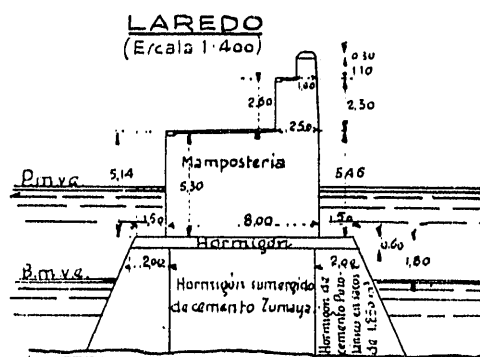
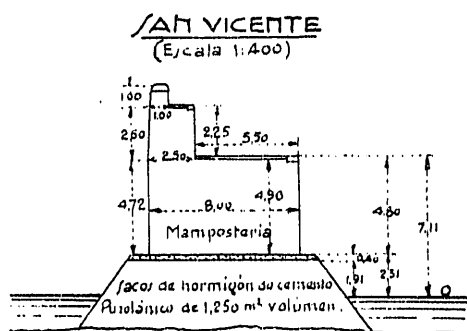
III

Santander

En esta provincia sólo se citarán las obras de tres puertos, dos en ejecución por contrata, que son las de San Vicente de la Barquera y Laredo y la de Castro-Urdiales, terminadas, puede decirse, desde hace dieciocho años, y que hoy exigen considerables gastos para su conservación y reparación.

Los perfiles que se indican, para los dos primeros, han sido objeto de estudios, que se concretaron en

canzar la altura de 2,30 m sobre b. m. v. e., por tratarse de una ubicación en que hay marejada continua, salvo contadísimos días del año, para poderse trabajar todos aquellos en que sea posible situar mamposteros en la obra. En Laredo, dicha altura se ha reducido a 1,80 m, y en la campaña del año 1933 se ha visto que ha sido suficiente para los mismos efectos de máxima utilización de jornales en el avance del dique. Como puede apreciarse, son dos sistemas distintos para ejecutar la infraestructura, que hasta la fecha no han motivado interrupciones de obra, por averías, ni por reclamaciones de



la forma que se detalla en los dibujos correspondientes, suponiéndose en ambos que la infraestructura es a base de sacos de hormigón y hormigón en masa, contenido en el recinto que forman los sacos, apoyándose el cimientto en roca firme. La supraestructura es análoga a la de los puertos de Guipúzcoa y Vizcaya, o sea de mampostería hidráulica sobre una tortada de hormigón de cemento de fraguado rápido, que sirve para iguala de la infraestructura mencionada, dejándose bermas mayores en Laredo que en San Vicente. En estos puertos, ambos paramentos del macizo de supraestructura son verticales. En San Vicente la tortada de hormigón se enrasa hasta al-

los contratistas, a base del empleo de cemento puzolánico para los hormigones, en todo el macizo para San Vicente de la Barquera, y en el recinto que preserva de la acción del mar, el hormigón sumergido de cemento rápido que forma el núcleo del dique de abrigo de Laredo. Ambas infraestructuras se van ejecutando por hiladas, como si se tratase de escolleras, y en el puerto de Laredo, al llegar con los macizos al nivel de bajamar viva equinoccial, se refuerza el número de obreros, para terminar rápidamente esta zona crítica, que exige un esmero particular, tanto en los materiales como en la mano de obra, y extender la tortada de hormigón, acumulándose en los talleres todos los elementos necesarios para

¹ Véase el número anterior, página 92.