

“Nuevo embarcadero de hormigón armado  
en el Guadalquivir”

Juan Manuel de Zafra

*Revista de Obras Públicas* vol. 58, tomo I,  
nº 1.806, mayo de 1910, pp. 209-216



## Nuevo embarcadero de hormigón armado en el Guadalquivir.

El tráfico de minerales del puerto de Sevilla se desarrolla rápidamente. Para servirlo existen:

Tres instalaciones provisionales de madera, hechas por la Junta de Obras, en las que, por medio de carretillas de gran capacidad (1), se puede efectuar un embarque diario de 3.000 toneladas.

Dos embarcaderos de hormigón armado, que hemos construido para la Sociedad Minas de Cala (2), susceptibles de embarcar 6.000.

Otro, también de hormigón armado, que acabamos de construir para la Compañía Gaditana de Minas, capaz para 2.000.

El ferrocarril de las minas de Aznalcóllar al Guadalquivir, construido por dicha Compañía, sirve un importante núcleo de explotaciones de pirita ferrocobrizada. Tiene 35 kilómetros de longitud, y los tres últimos se desarrollan en la vega del Guadalquivir, la que cortan hasta alcanzar la orilla derecha, 3 kilómetros agua abajo de Sevilla y á 97 del Atlántico.

La vega, de una altitud media de 5 metros sobre bajamar, se inunda durante las medianas y grandes avenidas, que alcanzan niveles hasta de 9 metros. De adoptar una rasante de 10, levantada hasta 15 junto á la orilla, se hubiera conseguido á un tiempo hacer la vía insumergible y realizar el embarque simplemente por la acción de la gravedad.

Á esta solución, radical, pero muy costosa, por implicar la construcción de la casi totalidad del cruce de la vega en viaducto, se ha preferido, racionalmente, la de ceñir el trazado al terreno y hacer el embarque por medios mecánicos. La vía quedará sumergida algunos días en los años de avenidas; habrá que limpiar los tarquines depositados por las turbias aguas del Guadalquivir; pero estos inconvenientes, á más del gasto correspondiente á los medios de embarque, representan mucho menos que el aumento de intereses y amortización inherentes al trazado alto.

Decidida la Compañía á transportar el mineral en cajas basculantes, dos por vagón, de 5 toneladas útiles cada una, para ser vertidas por medio de grúas eléctricas, solicitó diversas proposiciones para la construcción del embarcadero, metálico, ó de hormigón armado, con arreglo al siguiente programa general:

Un muelle de ribera que avance desde la orilla y á nivel con ella, hasta alcanzar, paralelamente á la ría, longitud y calado suficientes para el atraque de un buque de 4 á 5.000 toneladas de porte.

Una vía central, de 1 metro entre bordes, para locomotoras y vagones.

Otra vía, coáxica con la anterior, de 5 metros entre ejes de carriles, para las grúas de embarque, de 12 metros de alcance, 5 toneladas de potencia ordinaria, y 10 en una de ellas.

Fué adoptada nuestra propuesta, cuyo presupuesto era tan sólo el 60 por 100 del correspondiente á alguno de los embarcaderos metálicos.

En el plano (fig. 1.ª) aparece la disposición del conjunto: en tierra, á lo largo de la orilla, arrancan de la vía general: la de carga, que con curva y contracurva de 100 metros de radio adelanta 23 respecto de aquélla, y un apartadero. Hay, en total, capacidad para 20 vagones á la carga y 60 en depósito.

Forman el embarcadero: la estructura resistente, viaducto de 5,30 m. de ancho y 162,50 de longitud, 51,00 de ellos en la curva de entrada, que arranca de un terraplén á talud perdido; la estructura de atraque, constituida por 11 castilletes metálicos, á 11 metros entre ejes y enrasados 0,70 por delante del borde del viaducto; y los accesorios de servicio, noraves de amarre y pasaderas de comunicación, todos de hormigón armado, con una escala de embarque al final del viaducto.

La estructura resistente (figs. 2.ª y 3.ª) está formada por un forjado continuo de 5,30 metros de anchura y espesor variable y dos nervios de 1,00 de altura total, á 3,30 entre ejes; el conjunto, que figura una pi mayúscula, estriba sobre parejas de pies derechos de 0,36 de escuadría, que son prolongaciones de pilotes de 0,40  $\times$  0,40, hincados hasta profundidades de — 8,00 á — 9,50 y espaciados longitudinalmente 5,50 metros.

Un arriostrado ortogonal enlaza todos los pies derechos á la altitud + 1,20. Un segundo arriostrado, solamente en sentido transversal, los liga por parejas al nivel de arranque de los nervios, para contrarrestar ciertos efectos de torsión que las sobrecargas pueden producir. Por último, los nervios y pies derechos se consolidan en su unión por cartabones de 0,36 de lado.

Los carriles de 28 kilos que forman la vía de carga están simplemente envueltos en largueros de hormigón en la parte recta. En la curva, además de estar atirantados, unas armaduras transversales los ligan directamente con el forjado.

Los carriles de 42 kilos que componen la vía de grúas van en los bordes del forjado, sobre aleros, volados 0,85 metros respecto á los ejes de los nervios. Dichos bordes están reforzados por otros carriles de 28 kilos, invertidos, anegados en hormigón y ligados con los de 42 por armaduras transversales de 12 milímetros, espaciadas á 0,40, no figuradas en el dibujo. Además, barras de 12 milímetros, espaciadas 0,50 m. sostienen lateralmente los carriles de 42, para contrarrestar la tendencia al vuelco.

Disponer la vía de grúas sobre voladizos parece, á primera vista, excesivamente osado y censurable, tanto más si se considera la cuantía de las sobrecargas aisladas que aquélla ha de soportar.

La grúa pesa, en vacío, 74,50 toneladas, y produce sobre cada uno de los cuatro pies del pórtico presiones, variables con el giro, desde 13,27 hasta 25,79. Con la carga de 5 toneladas oscilan entre 18,50 y 21,33, y con la de 10, varían de 13,57 á 31,78. Como cada pie del pórtico distribuye su carga, por medio de balancines, sobre dos ruedas en tandem, á 1,30 metros entre ejes, la presión por rueda oscila entre 6,14 y 15,89 toneladas.

Estos guarismos son los estrictamente calculados: aunque no es fácil de apreciar cuánto, sí es seguro que las inevitables desigualdades de asiento de la vía han de aumentar bastante el correspondiente al máximo. De todos modos, dichas presiones *por rueda* son muy superiores á las de las más pesadas locomotoras españolas, 8, y aun á las de las gigantescas americanas, 12 toneladas.

(1) REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, 22 de Julio de 1897.

(2) REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, 16 de Noviembre de 1905; *Beton und Eisen*, Enero y Febrero de 1906; *Engineering*, 18 de Octubre de 1907.

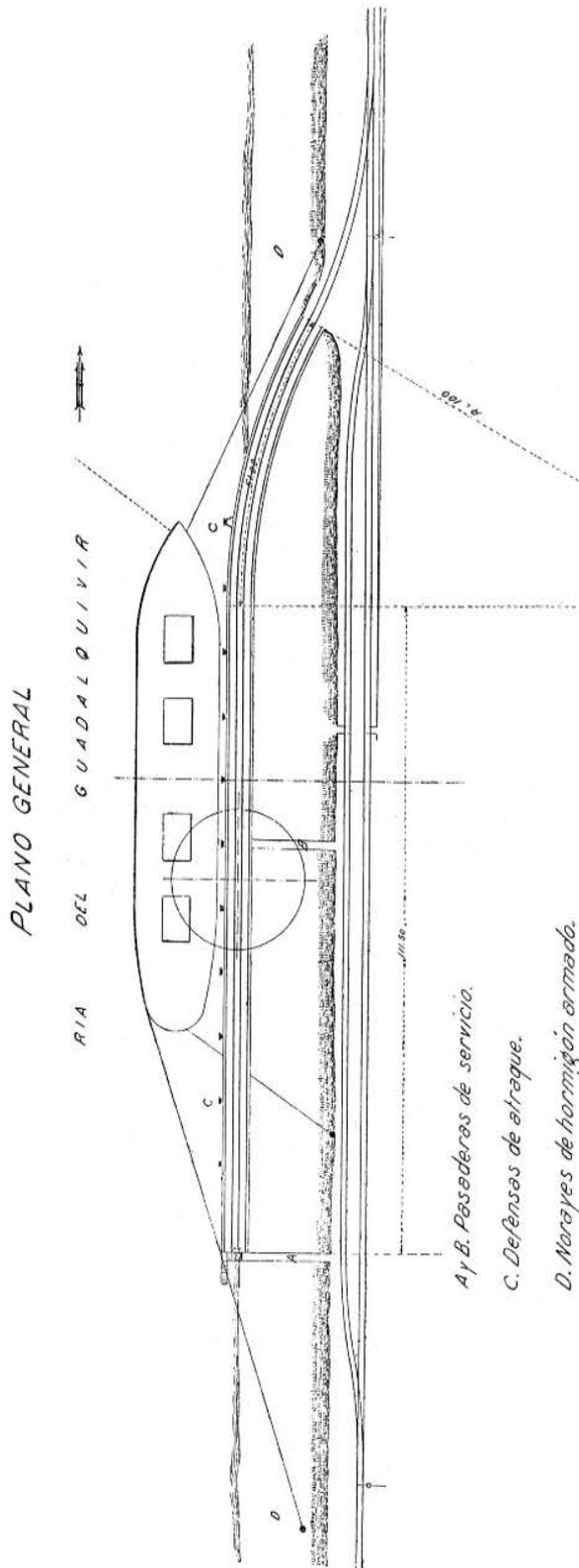


Fig. 1.ª

Prescindiendo, por ahora, de la solución práctica dada al problema de la distribución de cargas aisladas tan grandes, razonaremos la disposición en voladizo, censurable, en efecto, á primera vista; y, sin embargo, más lógica, sencilla y económica que cualquiera otra.

Desde luego no cabe admitir que una plataforma para vía de 5 metros esté sustentada por más de dos líneas de apoyo. Parece lo más práctico situar estas líneas bajo las de carga y distanciarlas los mismos 5 metros. El forjado, que ha de salvar este vano, nada soporta de las acciones de la grúa, que directamente gravitan sobre los nervios; pero, en cambio, recibe la sobrecarga central, vagones y locomotoras en condiciones muy desfavorables. Á menos de tener un espesor muy grande necesita un refuerzo de nervios transversales, que forzosamente resultarán de importancia y coste poco inferiores al de los nervios longitudinales.

Si en lugar de distanciar 5 metros las líneas de apoyo las colocamos con separaciones decrecientes, el trabajo del forjado, nulo siempre en el borde, aumenta hasta alcanzar sobre el apoyo un máximo, á partir del cual, ó bien decrece hasta un mínimo en el centro, ó bien decrece, se anula y crece con signo opuesto hasta alcanzar un nuevo máximo, en el centro también.

La condición de sencillez y economía, para que las dos sobrecargas puedan ser sostenidas por un simple forjado, sin nervio transversal alguno, es la de separar las líneas de sustentación, de modo que los dos máximos antes enunciad<sup>os</sup> tengan el mismo valor absoluto.

Cuando la sobrecarga es uniforme en todo el ancho  $a$ , de un forjado apoyado, la separación  $s$ , que con los vuelos  $v$ , conduce al mínimo de flexión, está dada por las condiciones:

$$a = s + 2v; \frac{s^2}{8} - \frac{v^2}{2} = \frac{v^2}{2};$$

de las que resulta:

$$s^2 = 8v^2; s = 0,586a; v = 0,207 a.$$

El máximo momento es:

$$\pm \frac{v^2}{2} = \pm 0,0214a^2;$$

Mientras que con la separación extrema,  $a$ , llega á:

$$+ \frac{a^2}{8} = + 0,1250a^2;$$

5,84 veces mayor. Así, pues, con la misma sección resistente y á igualdad de trabajo molecular, la sobrecarga admisible llega á ser 5,84 veces mayor con la disposición en voladizos. De esta ventajosa propiedad, debida á la compensación de flexiones, hemos hecho frecuente uso en obras definitivas y en andamios, etc.

En el caso presente, por necesidades de la construcción, los nervios han de tener un ancho considerable y el forjado ha de únrseles, para arriostarlos bien, por amplios cartabones y resulta prácticamente empotrado en aquéllos.

Sobre la base de que en una misma zona de cierta longitud se localicen las acciones de dos pies de la grúa y de los cuatro ejes de la locomotora, la condición que determina la separación de ejes de nervios más favorable es la que expresa la igualdad de momentos de empotramiento.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

SECCION TRANSVERSAL EN CONJUNTO

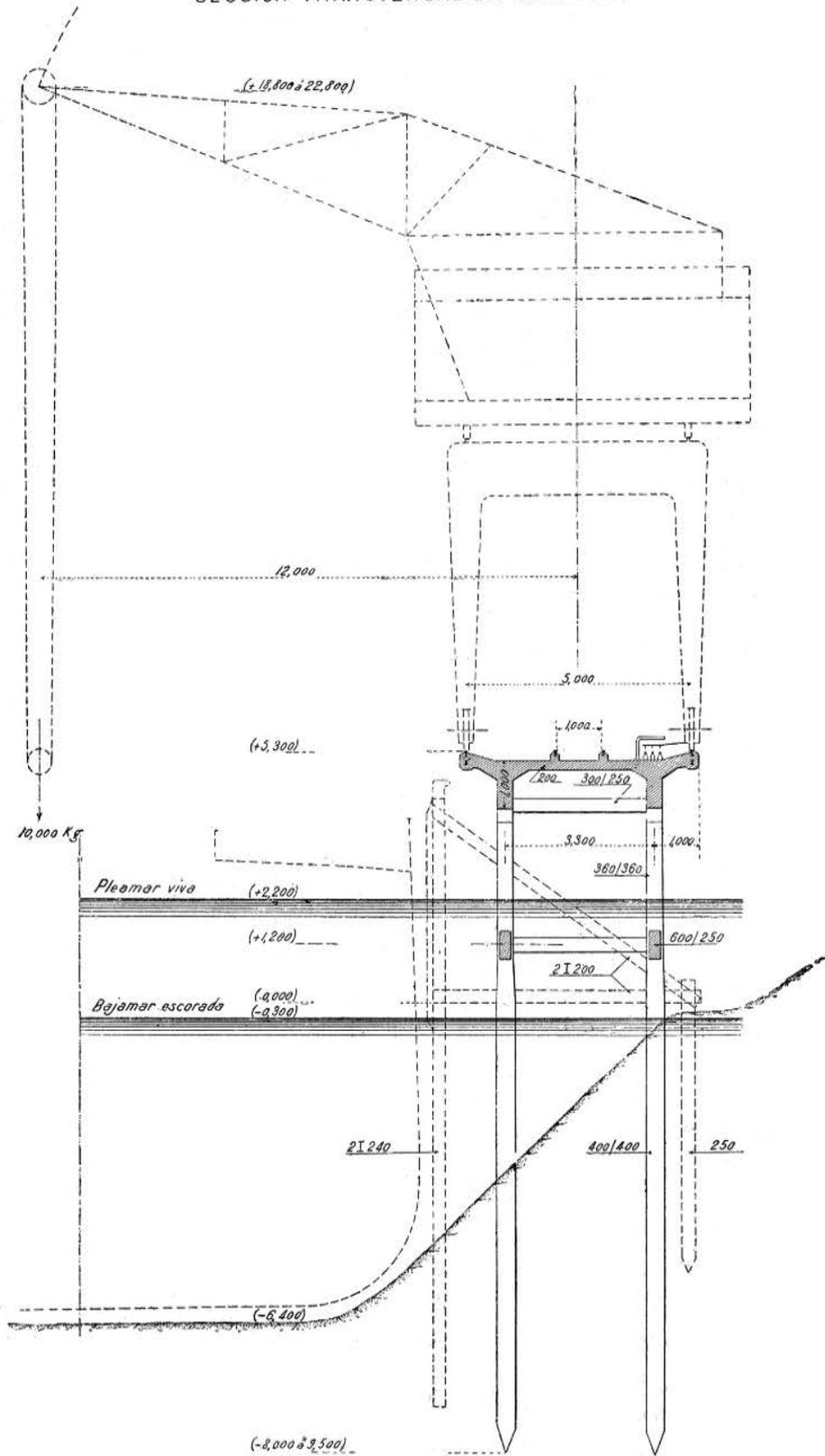


Fig. 2.<sup>a</sup>

SEMISECCION TRANSVERSAL

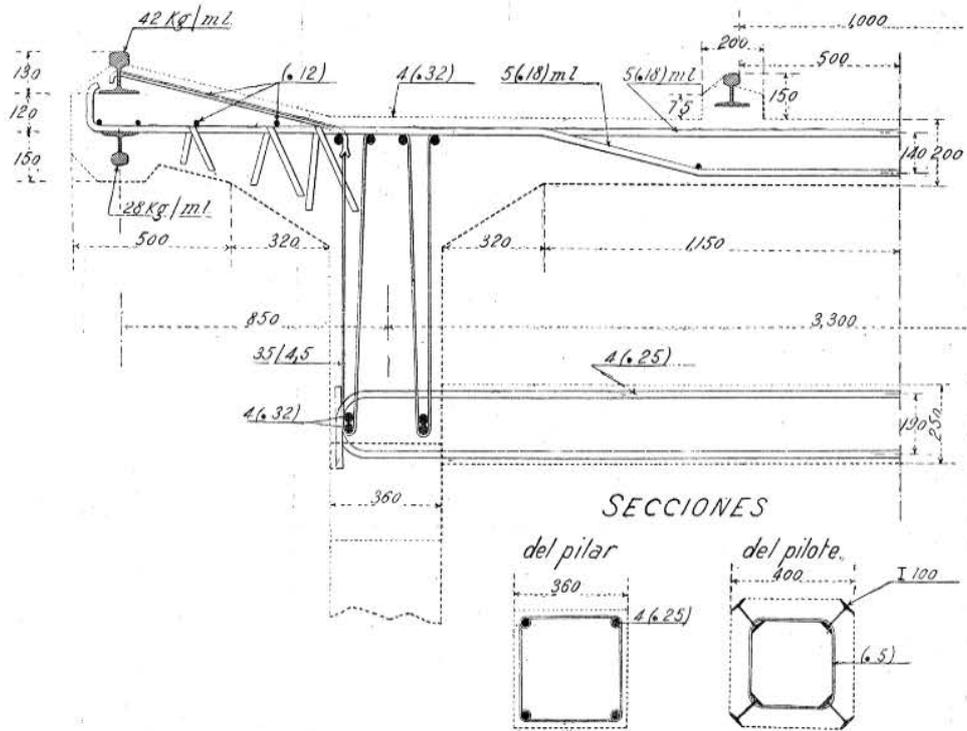


Fig. 3.<sup>a</sup>

Aunque en el tren tipo reglamentario la locomotora sólo es de 36 toneladas, tenemos en cuenta una de 48, tal como en muchos ferrocarriles mineros, como el de Cala, se emplea. Consideramos la grúa con la carga ordinaria de 5 toneladas, como casi exclusivamente ocurrirá en la explotación, caso en que las presiones de cada pie oscilan muy poco alrededor de 21. Resulta:

$$21v = \frac{48}{2s^2} \times \frac{s+1}{2} \times \frac{s-1}{2} \times \left( \frac{s+1}{2} + \frac{s-1}{2} \right) = 6 \frac{s^2-1}{s}$$

que, eliminando  $v$ , da:

$$33s^2 - 105s - 12 = 0; s = 3,30; v = 0,85.$$

Claro es que con sobrecargas variables, que pueden no coexistir, la ventaja de la compensación no es tan marcada como con sobrecargas continuas; pero es innegable que la disposición adoptada reduce á un mínimo práctico el trabajo del forjado, cuya ejecución resulta así sencillísima y económica.

La repartición de sobrecargas aisladas sobre superficies resistentes es un problema muy difícil de resolver de un modo exacto, en general, pero susceptible de solución sencilla, prácticamente satisfactoria, en el hormigón armado. Disponiendo en éste dos armaduras ortogonales se puede realizar la distribución que se requiera; y si la sobrecarga

obra por intermedio de un elemento rígido, un carril, basta con una sola, normal á la dirección de éste.

La presión de una rueda,  $P$ , se debe considerar uniformemente repartida en una longitud  $l$ , de carril, siempre que el momento resistente del mismo iguale á  $\frac{Pl}{8}$ , momento producido por la reacción uniforme,  $\frac{P}{l}$  (kg./m. l.), sobre los dos brazos de una balanza, de longitud total  $l$ .

Si el momento resistente de la faja de forjado de anchura  $l$  iguala á  $\frac{Pl}{8}$ , la acción de la rueda resultará equivalente á la de una carga superficial  $\frac{P}{l'}$  (kg./m<sup>2</sup>), que afecte uniformemente al rectángulo  $l'$ .

Si no existe carril intermedio, siempre se podrá obtener la misma repartición disponiendo dos armaduras ortogonales, de modo que los momentos resistentes de las fajas de anchura  $l$  y  $l'$ , sean, respectivamente,  $\frac{Pl}{8}$  y  $\frac{Pl'}{8}$ .

El máximo de la superficie  $l'$  corresponde á  $l = l'$ , y lo más ventajoso será hacer las dos armaduras iguales.

Fuera de esta solución general, la práctica demuestra cuánto influye la solidaridad de la masa en la repartición del efecto de los pesos aislados.

De la experimentación sobre suelos del Palacio de Letras, Ciencias y Artes de la Exposición de París (1), resultó

(1) *Rapports de la Commission du Ciment armé.*

que en uno de 7 metros de luz, con nervios espaciados á 3, sobrecargado uno sólo de éstos, su flexión no correspondió á la totalidad de la carga, sino al 51 por 100, afectando un 20 á cada uno de los contiguos, un 3,5 á los siguientes, y todavía un 1 por 100 á los subsiguientes, á 9 metros á uno y otro lado del nervio cargado. El efecto de la sobrecarga aislada equivalió, por tanto, al de la misma, uniformemente repartida á lo largo de las armaduras del forjado en una extensión de 2,98 metros, algo superior á 0,40 de la luz de los nervios.

Cuando sólo existen armaduras en una dirección, la solidaridad de la masa basta para que una fuerza aislada se reparta igualmente sobre una faja cuyo ancho, normalmente á aquéllas, es como mínimo, el espesor total del forjado más el del intermedio de transmisión; á menos que, como hemos visto, este intermedio tenga una rigidez propia, por cuyo efecto la repartición se extiende á un ancho proporcional á su momento resistente.

Así, en nuestro caso, cada rueda de locomotora reparte su acción: en sentido transversal, sobre una faja de 0,35, altura de carril, larguero y forjado; longitudinalmente, para un momento resistente del carril de 800 metros kilogramos, que corresponde á un trabajo de 8 kg./mm<sup>2</sup>, sobre una zona de  $\frac{8 \times 800}{6.000} = 1,07$  metros. Prácticamente, la acción de los cuatro ejes de la locomotora está repartida por igual en más de 4 metros lineales de vía.

El carril de la vía de grúas sólo repartiría la sobrecarga máxima en una longitud de  $\frac{8 \times 1.230}{15.890} = 0,65$  metros. Nótese que, á pesar de tratarse de acero duro, sólo consideramos un trabajo de 8 kg./mm<sup>2</sup>, porque es preciso, para asegurar la igualdad de repartición, que la deformación del intermedio rígido sea relativamente pequeña.

La doble T disimétrica formada por los dos carriles ofrece, siempre á 8 kg./mm<sup>2</sup>, un momento resistente de 7.200 metros kilogramos, y reparte eficazmente aquel máximo sobre  $\frac{8 \times 7.200}{15.890} = 3,62$  metros. En realidad, no es la doble T sola, sino la viga de hormigón con doble armadura disimétrica la que debiéramos considerar: su momento lo evaluarían la mayor parte de los constructores á razón de 16 en lugar de 8 kg./mm<sup>2</sup>.

La acción total de las dos ruedas del pie de pórtico, distantes 1,30 metros, resulta holgadamente distribuída en una zona de más de 4,00. Aun así, para calcular la armadura del forjado, que trabaja en el borde por esfuerzo cortante, hemos supuesto que la repartición uniforme sólo alcanza á una zona de 2,60, doble del entre ejes de las ruedas y admitido tan sólo un trabajo al corte de 5 kg./mm<sup>2</sup>. Dichas armaduras, colocadas todas en la cara superior en los vuelos, están alternadas, arriba y abajo, en la parte central; el suelo así constituido arriestra energicamente y contribuye mucho á la resistencia de los nervios.

La armadura de éstos es simétrica, como es lógico tratándose de vigas continuas de muchos tramos de luz tan corta, 5,50 metros y, en realidad, no sobre apoyos, sino sobre semiempotramientos en los pies derechos.

Durante el giro de la grúa las diferencias de presión entre dos pies homólogos del pórtico llega á ser de 31,77 — 19,58 = 12,19 toneladas y origina una torsión que se traduciría en flexión de los pies derechos y descentramiento de las acciones verticales que sufren. Las riostras especiales á

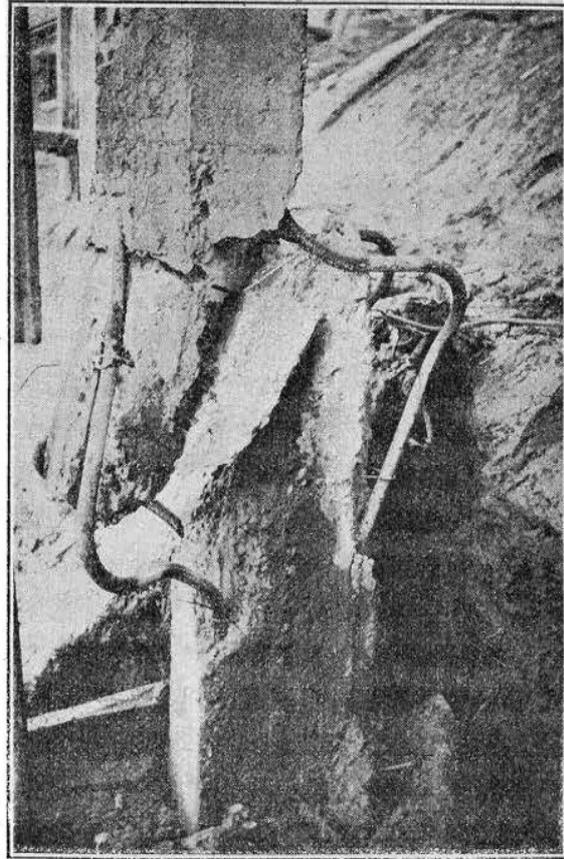


Fig. 4.ª—Rotura de un pilote de hormigón armado,

la altura de arranque de los nervios contrarrestan, juntamente con el forjado, aquel efecto.

Con la combinación más desfavorable de sobrecargas, la presión sobre un pilote al nivel de bajar puede llegar á 58 toneladas, que corresponden, en el arranque del pie derecho de 0,36 metros de escuadría, á una presión aparente de 43 kilogramos por centímetro cuadrado y real de 36,5 en el hormigón.

Los pilotes, de 0,40 de escuadría y 13,20 metros de longitud de fabricación, están armados con 4 dobles T de 0,10 de altura, cuyas alas exteriores forman los chafanes de la sección. Esto último no tiene inconveniente alguno en el Guadalquivir, cuyas aguas, siempre cargadas de un limo arcilloso finísimo, forman sobre el metal un depósito delgado y muy adherente que lo preserva por completo de la herrumbre. Y obedece tal disposición al fin de obtener la mayor rigidez no sólo en el pilote, sino también en la armadura aisladamente considerada.

La hincá á través de los acarrees modernos que hasta la cota — 7 recubren la formación diluvial de arenas, gravas y cantos rodados, es bastante difícil, por encontrarse frecuentemente trozos de construcciones, troncos de árboles, anclas y restos de embarcaciones, etc., que ofrecen gran resistencia y que desvían los pilotes.

Dos de los hincados para el segundo embarcadero de las minas de Cala llegamos á romper. El grabado (fig. 4.ª) da clara idea de la forma de rotura y muestra la enorme flexión

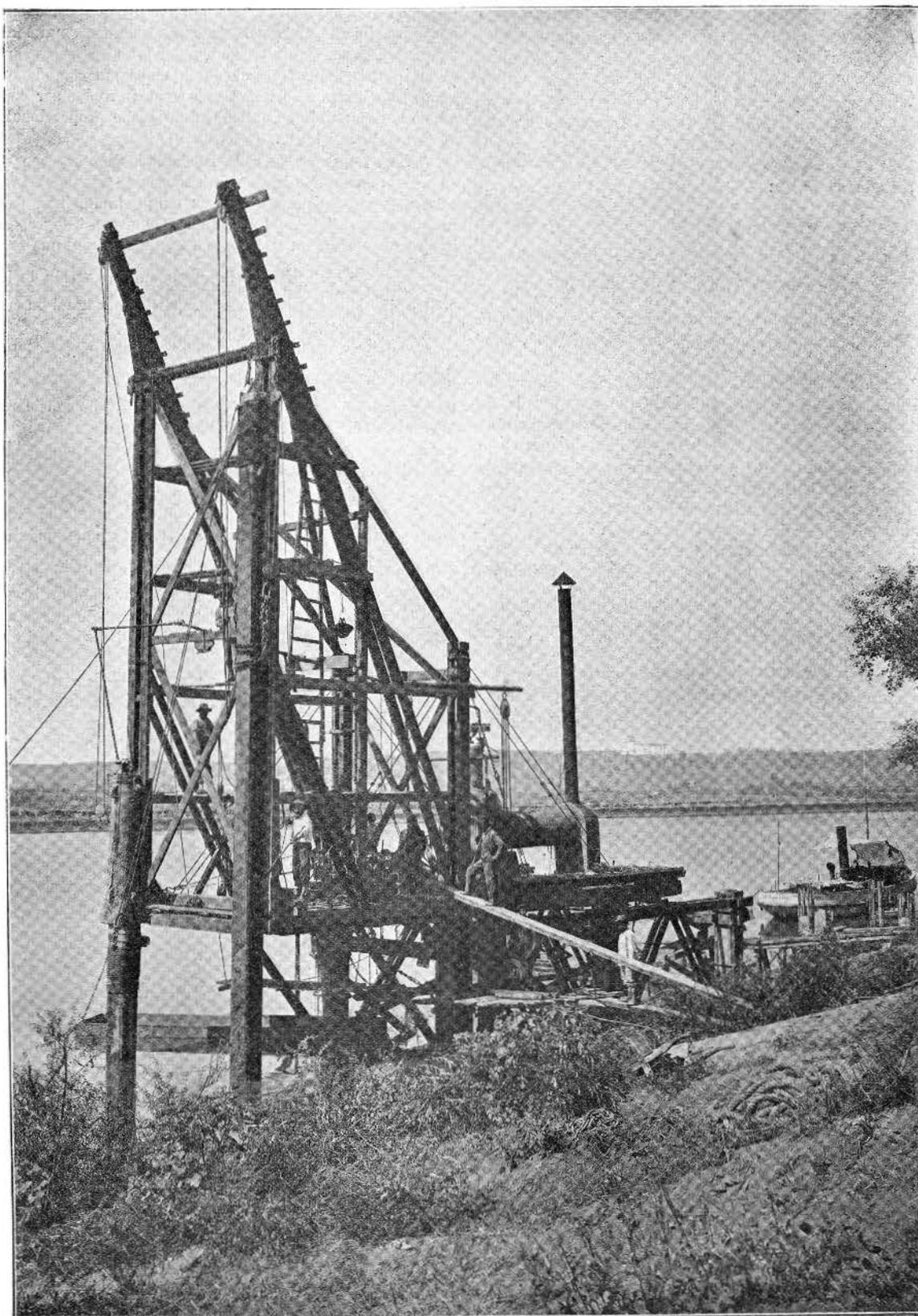


Fig. 5.ª—Pilotes, martinets y plataforma de hınca.

lateral tomada por las cuatro barras de armadura principal, de 25 milímetros, á pesar de estar sujetas á distancias de 0,30 metros por cercos de alambre de 5 milímetros, que aparecieron todos rotos por tracción, con estricción marcadísima, señal de haber trabajado de un modo gradual y no brusco.

Esos pilotes eran de 0,32 metros de escuadría; en los del nuevo embarcadero, de 0,40, además de tener las dobles T rigidez propia, mucho mayor que las simples barras, hemos reforzado la armadura secundaria de alambres de 5 milímetros, espaciando los cercos desde 0,25 en los dos tercios inferiores del pilote, hasta 0,10 en 1,50 metros de la cabeza. Para proteger esta región contra el efecto local de los mazazos, ha bastado zuncharla con cabo de cáñamo, fuertemente arrollado en seco y después empapado en agua, é interponer, como botador, entre las caras del pilote y de la maza, otro cabo, arrollado en espiral, que, á los primeros golpes, se convertía en una torta homogénea, compacta y muy elástica.

Los pilotes han sido construídos en la orilla, sobre el terreno explanado con pendiente de 30 por 100 y corridos, á los treinta días, al agua, para poderlos tomar á pique con el andamio martinete. Éste (fig. 5.ª) se componía de una plataforma de 11,50 metros de longitud, montada sobre dos largueros á 3,30 entre ejes. En la mitad posterior iban un torno de 5 toneladas, una bomba inyectora y una caldera para alimentar de vapor á éstos y á la maza automotriz; en la mitad anterior dos martinetes, en la posición correspondiente á los dos pilotes de cada pareja.

Construído el andamio en tierra, montado sobre rodillos y una vez hincados los dos primeros pilotes, se recortaron, enceparon y arriostraron con tablones hasta poder afirmar sobre ellos dos rodillos de madera, enrasados con la cara inferior de los largueros del andamio. Afirmado también allí un cable, que, después de pasar por una polea de retorno en la cola de la plataforma, se arrollaba en el torno de vapor, se corrió el andamio longitudinalmente hasta quedar los dos martinetes en la posición relativa á la segunda pareja de pilotes. Como las diez primeras palizadas corresponden á la curva de 100 metros de radio, se necesitó, al mismo tiempo, ir forzando transversalmente el andamio. Hincada la segunda pareja, se corrió análogamente sobre los nuevos rodillos, apoyada la cola en los de la primera, y así hasta el final.

La operación, enojosa en la parte en curva, llegó á hacerse tan fácil, ya hecho el aprendizaje del personal y dentro de la recta, que en dos días se realizaban todas las faenas correspondientes á una pareja de pilotes: presentación, hinca, recorte, encepado y arriostrado de éstos y corrimiento del andamio.

Una vez éste en posición, se hacía bajar en el emplazamiento de cada pilote, ínterin se zunchaba y arbolaba, un tubo de hierro, inyectando por él agua á 6 atmósferas. Desagregado así el terreno (cuyo perfil era entonces mucho más alto que el de la figura 2.ª, obtenido con el dragado), el peso del pilote, 5 toneladas, bastaba en general para que se hincara 2 á 3 metros y quedara sobre su cabeza altura de martinete bastante para la colocación y funcionamiento de la maza. Á veces no fué así, y resultó preciso continuar la inyección lateralmente y cargar sobre el pilote el peso de la maza y parte del del andamio.

La maza, de 3 toneladas, del tipo Lacour más moderno, principiaba á dar golpes de escasa altura y á razón de 50 á 60 por minuto, ayudando á la hinca la inyección de agua

hasta alcanzar el azuche la cota 5,50, y se proseguía en seco y con golpes de altura creciente hasta obtener un rechazo correspondiente á carga práctica superior á 62,5 toneladas.

Esta carga, calculada por la fórmula americana (que implica un coeficiente de seguridad de 4).

$$C = \frac{M}{G} \times \frac{g}{h} = \frac{3000}{G} \frac{g}{h} = 500 \frac{g}{h},$$

se obtenía sin pasar, en general, de  $g$ , altura del golpe, 600 milímetros; la penetración del pilote,  $h$ , deducida como media de una andanada de 10 golpes, y cuyo máximo debía ser 4,8 milímetros, no pasó en casi ninguno de 3, á lo que corresponde una carga práctica de 100 toneladas.

Los castilletes metálicos que fijan la línea de atraque están compuestos por dos viguetas de 0,24 metros de altura, arriostradas con lacos de madera y revestidas con tablones por la cara exterior, hincadas hasta — 8,00 y referidas por dos tornapuntas horizontales y dos oblicuas, todas de viguetas de 0,20, á dos pilotes de madera, firmemente hincados en tierra y espaciados 4,50 metros. La parte fuera de agua viene á constituir un tetraedro muy resistente y de gran elasticidad, gracias á la cual contrarresta, á modo de resorte, los pequeños choques originados por el atraque, ó producidos al pasar un buque frente al amarrado en el embarcadero.

Si los choques llegan á tener mayor intensidad, las piezas del castillete, fácilmente renovables, pueden deformarse y hasta romper las uniones, absorbiendo mayor fuerza viva, y aminorar así la que finalmente pueda alcanzar á la estructura de hormigón. Y en último caso, la solidaridad del conjunto y la gran rigidez horizontal del forjado hacen que, á no ser en una embestida excepcional, el daño se reduzca á averías locales, fáciles de reparar.

Los norayes de amarre son de hormigón armado; cuatro viguetas de 0,12, dispuestas según las aristas de una pirámide de 5 metros de altura y 2,50 de base cuadrada, hincadas en el terreno y encepadas en los 2 metros superiores por un bloque de hormigón de 2,00 de diámetro inferior sobresaliendo de aquél en forma de noray de 0,50 de grueso. Las del mismo tipo, en servicio en los embarcaderos de las Minas de Cala, dan excelente resultado.

Las pasaderas de acceso desde tierra al medio y al final del embarcadero son también de hormigón armado; tramos de 6,50 metros de luz, de sección en T de 1,40 de ancho y 0,70 de altura, sobre pilas en forma de A, cuyos montantes son viguetas de 0,12 envueltas en hormigón.

La grúa, cuyas imponentes dimensiones se aprecian en las figuras 2.ª, 5.ª y 6.ª, tienen tres motores, accionados por corriente trifásica, á 500 voltios. La elevación, producida por uno de 50 caballos, se efectúa con velocidad de 0,50 metros por segundo para la carga ordinaria de 5,80 toneladas y con la mitad para la de 10, trabajando el amante sobre polea móvil. Los movimientos de virada y traslación son rápidos, y el manejo de todos los mecanismos, hecho por dos combinadores, uno solo para virada y elevación, y un pedal de freno, resulta muy sencillo.

Los hilos corren sobre el embarcadero, simplemente sustentados por aisladores y protegidos por un encajonado de madera sobre bastidores de escuadras empotradas en el forjado. El trole penetra lateralmente y lleva tres cables aislados, que terminan en manguitos que abarcan y van le-

vantando, á su paso sobre los aisladores, los hilos respectivos.

La capacidad de embarque práctica es, por hoy, de 20 cajas, ó 100 toneladas útiles por hora, con una sola grúa, á la que en breve se unirá otra de tipo análogo, pero de potencia limitada á 5 toneladas útiles.

Para facilitar el movimiento de los vagones, que sucesivamente han de ir pasando dentro del círculo de acción de la grúa, lo que hoy se hace á brazo, se instalará en el eje de la parte recta un cable sin fin accionado por motor eléctrico. Se llegará entonces, bien adiestrado ya el personal en el manejo de las cajas basculantes, á un embarque práctico de 2.500 toneladas diarias.

El coste del embarcadero ha sido el siguiente:

Estructura resistente.. . . . .	182.000
Estructura defensiva.....	14.800
Amarres.....	1.000
Pasaderas, escalas y accesorios....	4.000

En total, 202.000 pesetas ó 1.243 por metro lineal, de las que corresponde al embarcadero propiamente dicho 1.121,25.

Los cementos empleados han sido todos de fabricación nacional, Olazagutia y Rezola.

Las deformaciones de los volados y nervios han resultado completamente inapreciables.

JUAN MANUEL DE ZAFRA.

Ingeniero de Caminos, Profesor de Puertos  
en la Escuela especial del Cuerpo.

