

EL PUENTE, LA PRESA Y EL RÍO

Por EDMUNDO SANTOLARIA, Ingeniero de Caminos.

En tono humorístico describe el autor las vicisitudes por que ha pasado la hinca de cajones de cimentación de un puente, que presenta la particularidad de estar sometido al régimen de embalse y desembalse que produce una presa situada unos dos kilómetros aguas abajo del mismo, aportando con ello interesantes pormenores y detalles de los procedimientos constructivos adoptados.

CIMENTACIONES POR AIRE COMPRIMIDO DEL NUEVO PUENTE PARA LA RENFE EN CASTRONUÑO (VALLADOLID)

I. El motivo.

En noviembre de 1946 nos atrevimos a publicar en nuestra REVISTA un articulo sobre compacidad de hormigones, que dedicábamos a nuestros más jóvenes compañeros, y en el que se perseguía, relatándoles sencillamente nuestras ilusiones, triunfos y desaciertos en la construcción de cierto puente, despertar en ellos ese amor al detalle y cuidado en la ejecución de las obras que se nos encomiendan, poniendo de manifiesto lo que allí denominábamos enorme "agradecimiento" del hormigón, del que conseguimos casi duplicar su resistencia a la rotura con unos simples ensayos de compacidad que, por su sencillez y escaso material de laboratorio precisos, brindábamos a cuantos enamorados de su profesión sientan, al salir de nuestra Escuela, ese anhelo de la construcción de la obra bella y bien ejecutada.

Con el mismo afán de estímulo y superación para todos ellos, nos atrevemos hoy a relatar desde aquí las "vicisitudes" sufridas, los afanes logrados... y los no conseguidos en esa apasionante lucha entre el ingenio y la dificultad, de la previsión y el contratiempo... "de la ataguía y el río" en nuestro *argot*, que constituye para muchos de nosotros el acicate más intenso de nuestro cometido a pie de obra.

II. El puente.

Se trata de la sustitución del puente metálico sobre el río Duero, próximo a la estación de Castronuño (Valladolid), en la línea de Medina a Zamora, por otro paralelo a él, de hormigón, para doble vía, cimentado por aire comprimido y constituido por nueve robustos arcos ligeramente armados, de 22 m. de luz libre y rebajamiento 1/5.

La hinca de los cajones de cimentación en terreno de acarreo, con capas alternadas más o menos compactas de areniscas y conglomerados de espesor variable hasta apoyar y empotrar las cuchillas en el banco calizo-arcilloso que constituye el terreno de fundación, no presentó en sí dificultad ni particularidad alguna;

pero si se tienen en cuenta los caudales, rapidez y régimen de las avenidas de este río (hasta 900 m.³/seg.) y la existencia poco más de un par de kilómetros agua abajo del puente, de una presa (la de San José), cuyo embalse, por razones agrícolas y precisamente en estiaje, anegaba completamente la obra con láminas de agua hasta de 7 m. en algunos puntos, se comprenderán las características especiales que ha presentado su ejecución, y el sinfín de ocasiones que como Ingeniero de la contrata a *plazo fijo* ha tenido el que suscribe para "disfrutar" todo tipo de *rabietas, sustos y sinsabores*.

III. La obra.

El día 2 de marzo de 1945 se hizo el replanteo del proyecto definitivo, empezándose al mismo día siguiente la explanación y excavaciones de uno de los estribos, y el 13 del mismo mes el hormigonado de la cámara de trabajo de su cajón de cimentación mientras, animados de un espíritu deportivo de competencia entre las distintas brigadas, se acometían el del estribo del otro lado y los de las pilas extremas, 1 y 8 hormigonados en turnos forzados, ya que aproximadamente sólo un mes más tarde (22 de abril de 1945) nos cerraron bonitamente las compuertas de la presa citada, inundando totalmente la obra, pudiéndose afortunada-

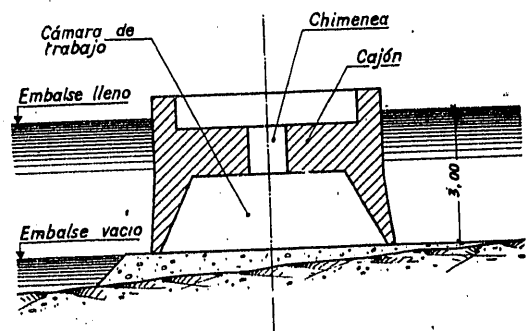


Fig. 1.ª — Cajón de cimentación inundado por el embalse durante su construcción.

mente continuar los trabajos, gracias a que con el *sprint* emprendido se logró, en los cuatro cajones empezados, alturas de hormigonado superiores a los 3 m. de embalse, quedando todos ligeramente por encima

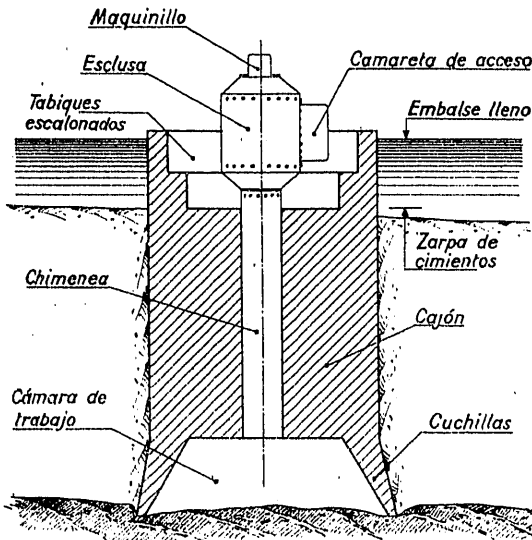


Fig. 2.ª — Cajón de cimentación terminado de hincar a embalse lleno, con auxilio de unos tabiques escalonados laterales.

del nivel de aguas, con lo cual y aunque con los encofrados sumergidos, pudo continuarse su recrecimiento y posteriormente su hincada y macizado (fig. 1.ª).

El 15 de mayo realizó la casa instaladora de las compuertas de la presa una prueba de las mismas vaciando el embalse, y aunque no se pudo entrar en el cauce hasta dos días más tarde a causa de los fan-

gos, se abandonaron completamente todos los demás trabajos, acometiéndose otra vez "a plena carga" las explanaciones, encofrados, colocación de armaduras y hormigonado de los cajones de las pilas números 2 y 3, *únicas accesibles*, mientras por todos los medios y casi de rodillas tratábamos de conseguir de nuestros compañeros de la Confederación no elevaran de nuevo el embalse, los que, por otra parte y pese a sus buenos deseos, presionados por la sequía y demanda extraordinaria de agua en los campos de remolacha de la zona, no tuvieron más remedio que volver a embalsar diecisiete días más tarde (2 de junio de 1945), manteniendo el nivel a la máxima altura durante todo el verano y otoño siguientes (hasta 30 de noviembre de 1945), llegando nuestra *desesperación* hasta el punto de estudiar con el entonces Ingeniero encargado del puente por parte de la RENFE, nuestro distinguido compañero Alberto Viader, la posibilidad de flotar unos cajones desde la margen del río para acometer la cimentación de las pilas centrales, mientras, en vista de las circunstancias, se montaban dos instalaciones completas e independientes de hincada de cajones por aire comprimido (una en cada orilla), con las que se lograron en esa fecha y pese a todas las contrariedades, construir e hincar, dejándolos perfectamente empotrados en el banco de cimientos y a unos 8 m. de profundidad, los dos cajones de los estribos, los correspondientes a las pilas 1 y 2 y la mitad del de la 8, con auxilio de unos tabiques escalonados de hormigón que se demolieron al bajar el embalse (fig. 2.ª).

En el gráfico de la figura 3.ª se destacan los períodos de embalse lleno y riadas que por ocupar los primeros el verano y otoño y las segundas las primaveras, no daban lugar, a menos que se *apechugara* con una solución de cajones flotantes, más que a *intentar cons-*

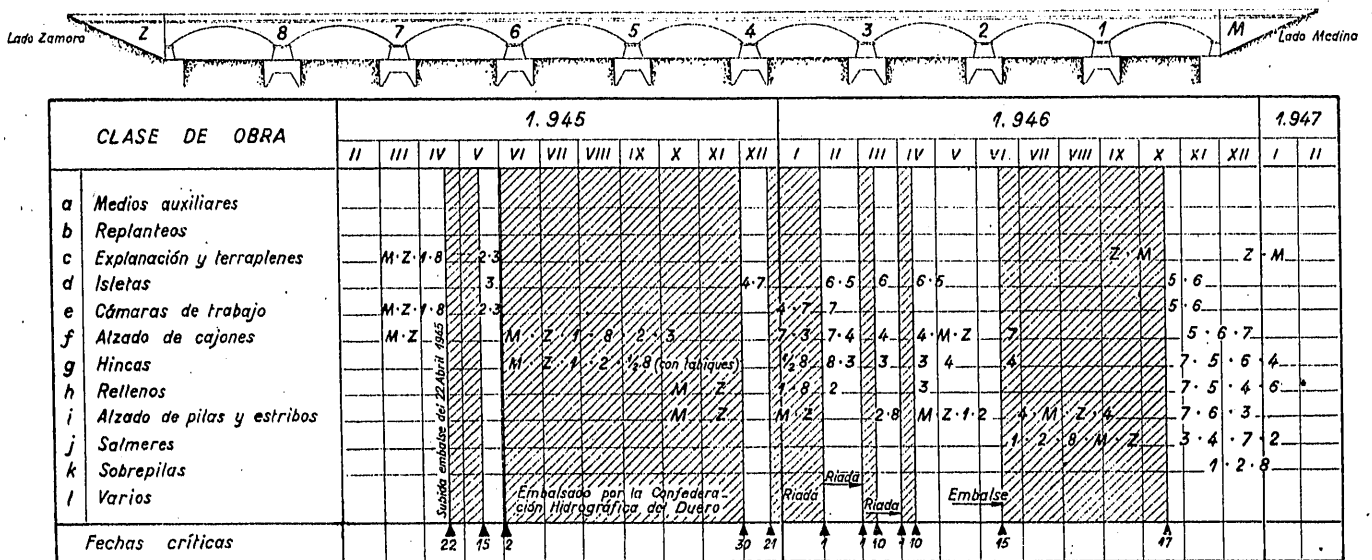


Fig. 3.ª — Gráfico de obra ejecutada, en el que se destacan los períodos de embalse lleno y riadas.

través los cajones durante el invierno, con el inconveniente de un río como el Duero, de gran caudal, fuertes avenidas y láminas de agua normales, entre 3 y 7 m.

Así se hizo al bajar el embalse el 30 de noviembre de 1945, en que, a pesar de lo disparatado de la fecha y confiando sólo en la Divina Providencia, se acometió la construcción de las isletas núms. 4 y 7, sobre las que habían de construirse los cajones, mediante tendido de unos 20 m. de pasarela desde cada orilla y

fuimos, metiéndonos de nuevo con el río, ya bastante *menos bravo*, consiguiendo, pese a las bajas temperaturas a causa de las nieves y averías de la cámara de trabajo del cajón 7, su total hormigonado e hínca,

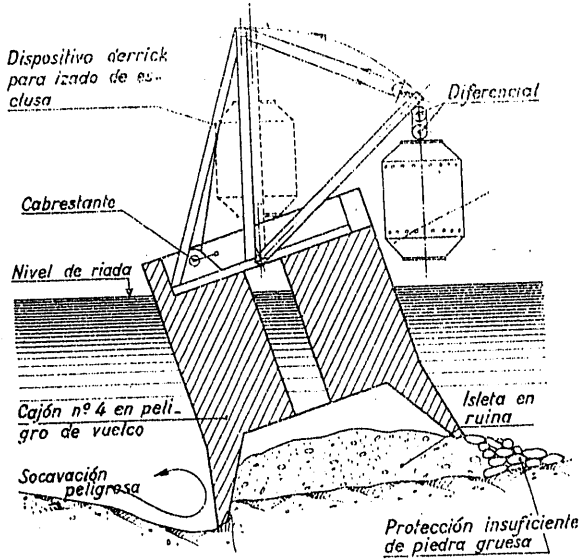


Fig. 4.ª — Estado en que quedó el cajón núm. 4 después de la riada del 21-XII-45, y dispositivo derrick improvisado que se empleó para izar la esclusa, transportada en balsa hasta su pie.

hacia el centro del río con vía Decauville, consiguiéndose montar sobre ellas el encofrado de ambas cámaras de trabajo con sus armaduras y terminar casi su hormigonado, previsto para el día de Navidad, si la riada del día 21 de diciembre de 1945 no nos hubiera puesto en grave aprieto al arrastrar la isleta núm. 4 en que se apoyaba el cajón (construido sólo en diez días) y que con grave peligro de vuelco quedó atrozmente inclinado (fig. 4.ª), y la núm. 7, cuyo cajón, con sólo 1,50 m. de altura de hormigonado en cuchillas, se abrió al quedar trabajando en ménsula por arrastre de su base de apoyo (fig. 5.ª), amén de las pasarelas y tinglados que no desaparecieron, pese a la furia de la avenida verdaderamente impresionante, por haber tenido la precaución, ante la posibilidad de este contratiempo, de anclarlas al puente metálico, pudiéndose posteriormente recogerlas íntegramente, pues al arrancarlas el río quedaron colgadas de uno de sus extremos, flotando paralelamente a la orilla.

Y aunque hemos de confesar que bastante asustados, como no era cosa de desistir ni retrasarse, pasada ya la riada y con los ánimos más serenos y quizá algo optimistas a consecuencia de las Pascuas, allá que nos

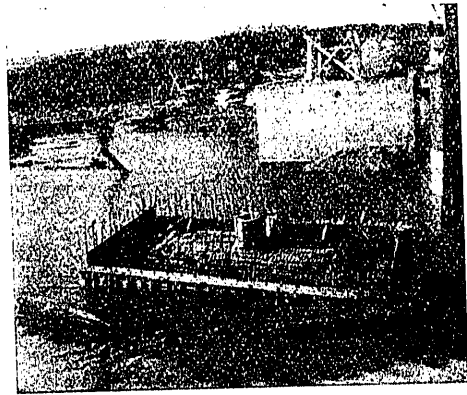


Fig. 5.ª — Estado en que quedó el cajón núm. 7 después de la riada del 21-XII-45.

esta vez sin interrupciones, y del núm. 4 tan fuertemente inclinado hacia la madre del río y hacia agua arriba (fig. 6.ª), no sólo su enderezamiento durante los 8 m. de hínca, sino corregir su posición centrándolo en el eje del puente por traslado progresivo hacia agua arriba según la diagonal de su planta (10,90 X 6,40), que a nuestro juicio constituyó un triunfo rotundo de nuestro encargo de obra, al que la Empresa, al terminar estos trabajos, felicitó y gratificó en reconocimiento de su esfuerzo y eficacia, así como a todos los que intervinieron en la hínca.

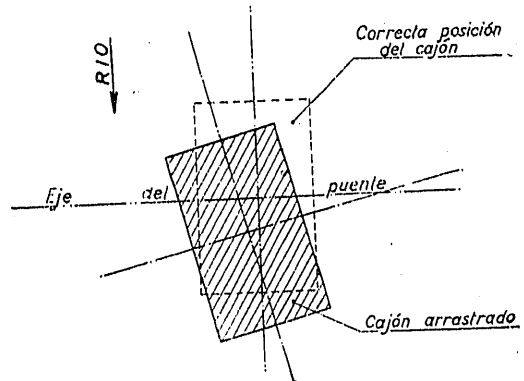


Fig. 6.ª — Desviación en planta del cajón núm. 4 al ser arrastrado, con grave peligro de vuelco, por la riada del 21-XII-45

IV. Anécdotas y lucubraciones.

El gráfico de la citada figura 3.ª indica la sucesión de riadas y períodos de embalse que gentilmente acompañaron la cimentación de nuestro puente hasta su total terminación (diciembre de 1946), siendo, como

hemos dicho, esta particularidad de embalse lleno en estiaje para hincar cajones la que dió lugar a multitud de incidencias, soluciones rápidas y hasta anécdotas, como fué la de uno de los cajones que empezado a

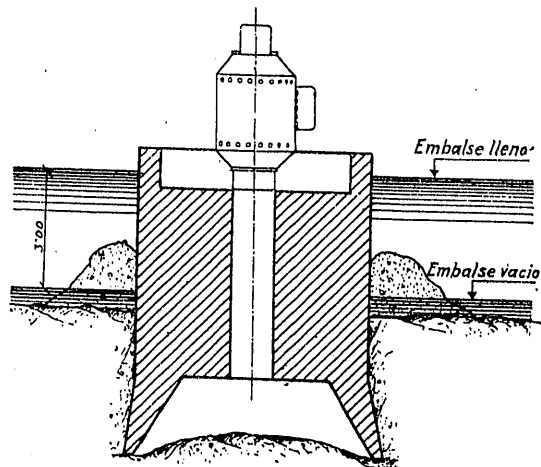


Fig. 7.ª — Cajón con hinca, afortunadamente retrasada, al elevar el embalse.

hincar a embalse vacío, elevaron de repente su nivel cuando a causa de unos "imprevistos" que retrasaron la hinca y que costaron muy fuertes voces por parte de todos, sólo se había hincado su mitad (fig. 7.ª).

Si llegamos a correr un poco más y nos quedamos como en figura 8.ª, nos lucimos; pero afortunadamente nos habíamos retrasado y pudo continuarse tranquilamente la hinca, con auxilio de unos simples tabiques escalonados.

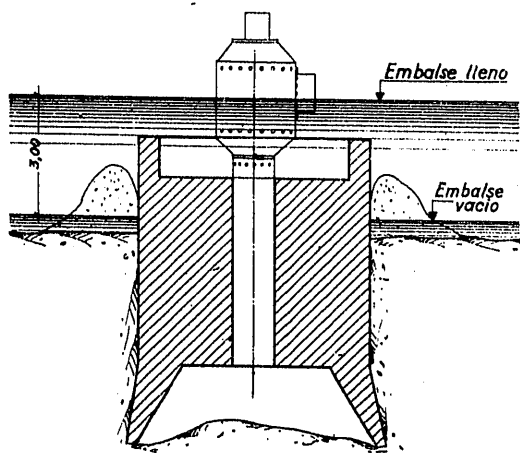


Fig. 8.ª — Cajón con hinca casi terminada al elevar el embalse.

Una solución que pese a su ingenuidad nos dió unos resultados maravillosos, fué la adoptada para la construcción de las isletas núms. 5 y 6, ya en plena

madre del río y altura de agua a embalse vacío de 3 a 3,20 m.

Dice el libro de Ribera, nuestro maravilloso e inacabable consultor en el capítulo correspondiente a Procedimientos de cimentación: "Construcción de cajones. Es conveniente construir los cajones "in situ" y lo hemos conseguido hasta con alturas de agua de 2,50 m. Para ello levantábamos un terraplén (isleta) en el cauce del río, hasta sobresalir 0,20 m. por encima de su nivel de estiaje. Sobre este terraplén, que a veces había que defender contra las erosiones de la corriente con ligeros recintos o con escollera, se construía in seco el cajón de hormigón que dejábamos endurecer un mes."

Nuestras preocupaciones podrían resumirse en las tres siguientes:

p₁) Alturas de agua de algo más de 3 m., cuando nada menos que D. Eugenio Ribera decía haberlas construído por este método sólo hasta 2,50 m.

p₂) Protección del terraplén, que al no disponer de escollera de tamaño suficiente en las proximidades de la obra y estar las isletas emplazadas en la zona de

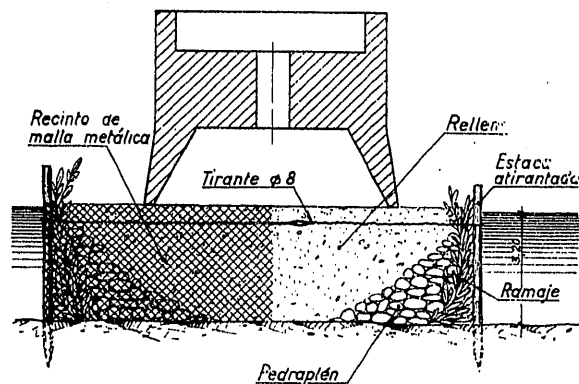


Fig. 9.ª — Cajón sobre isleta de malla metálica, entre estacas atirantadas, con 3,20 m. de altura de agua.

mayor corriente de la sección del cauce, no era "pecata minuta" y podía, si la descuidábamos, darnos un disgusto pero que muy serio.

p₃) Eso de que había que dejar el cajón un mes sobre la isleta para su endurecimiento en pleno período de riadas y con el terraplén inundado y sometido a erosiones de base que nos ponía los pelos de punta...

Acabamos por adoptar las tres *contra*preocupaciones p' siguientes:

p'₁) Si D. Eugenio las había construído hasta con 2,50 m. de altura de agua, no querría seguramente decir que se trataba de un *record*; sino sencillamente que él había empleado el procedimiento con toda seguridad hasta con 2,50 m. de terraplén, y que *con las*

debidas precauciones bien podría intentarse con "un poquito" más.

p'2) No había más que encontrar una solución

vecina y colocarlo por el interior del recinto de malla, sujetándolo con grava gorda volcada en su interior con vagonetas desde la pasarela; y c) Rellenar el re-

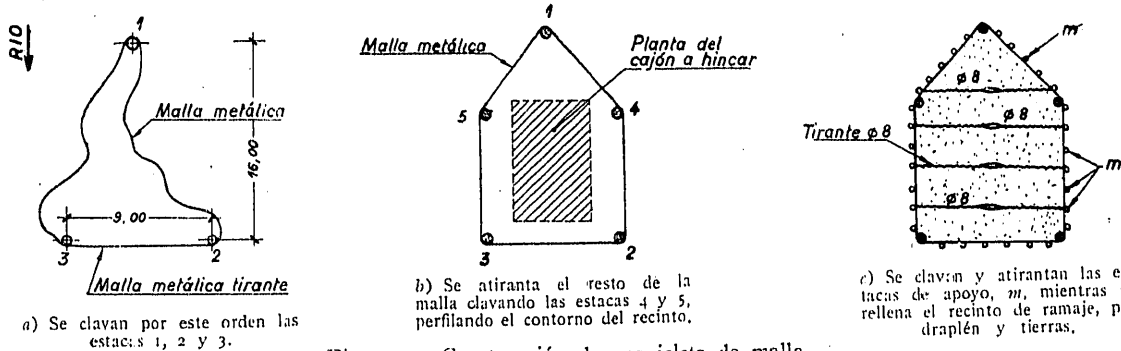


Fig. 10. — Construcción de una isleta de malla.

"protectora" segura, barata y de rápida ejecución... que para eso estábamos.

p'3) Si lo que nos "intranquilizaba" era dejar un mes el cajón sobre la isleta, nadie nos impedía montar la esclusa sobre él una vez terminado y con muy poquita presión (0,4 Kg./cm.² era suficiente) para "no estropearlo", atravesar la isleta y dejarlo apoyado en el lecho del río, "en cura húmeda", y no un mes como D. Eugenio decía, sino todo lo que le diera la gana hasta que le llegase el turno de hinca.

cinto así limitado con terraplén corriente mientras se clavaban alrededor de la malla unas estacas que atirantábamos transversalmente con alambre φ 8 dándole garrote... y con gran sorpresa nuestra todo resultó mucho mejor de lo previsto.

Otra solución "rápida" por cierto, surgida entre bromas y chirigotas, pero que estudiada después dete-

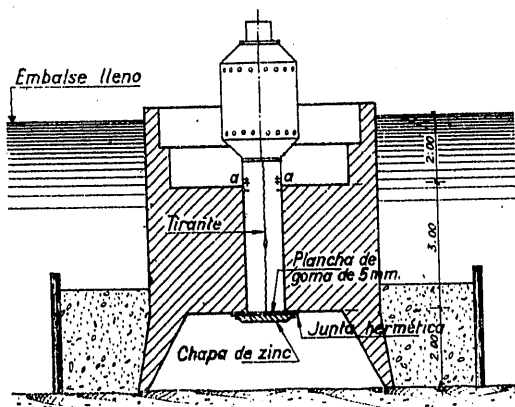


Fig. 11. — Dispositivo de cierre hermético para sacar la esclusa y tubo de amarre, con 2,00 m. de presión hidrostática

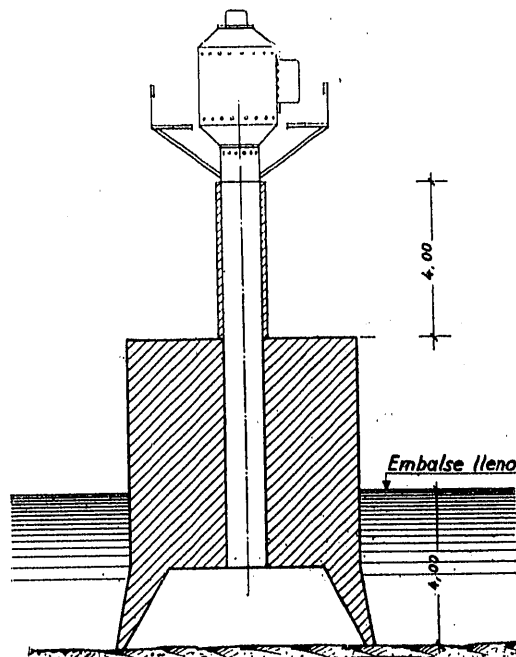


Fig. 12. — Hinca de cajón a embalse lleno, con esclusa montada sobre chimenea auxiliar.

Y ahí va la ingenua "solución protectora" de las isletas 5 y 6, que aguantó impertérrita el continuo intento de erosión de las aguas en el centro del río (figuras 9.^a y 10).

Consistió sencillamente: a) En agenciarnos los metros cuadrados de malla metálica de vallado de carreteras suficientes para rodear el recinto que había de constituir la isleta. b) Despojar de ramaje la arboleda

nidamente y llevada a la práctica con fe y con esmero dió un resultado digno del entusiasmo con que se acometió, fué la adoptada para sacar una esclusa de donde la habíamos metido.

Habíamos construido un cajón sobre una isleta, según los cánones citados anteriormente, y como no podíamos darle más altura para que el peso no reventara la malla metálica que sostenía su base, decidimos, de acuerdo con nuestra *contrapreocupación p'2*, montar sobre él la esclusa, darle aire y atravesar la isleta hasta apoyarlo en el lecho del río.

Pero como antes de poder terminar la operación elevaron el embalse, nos quedó la esclusa en la posición que indica la figura 11, viéndonos además precisados a recrecer los tabiques escalonados de los lados para que el agua no nos inundara la base del tubo de

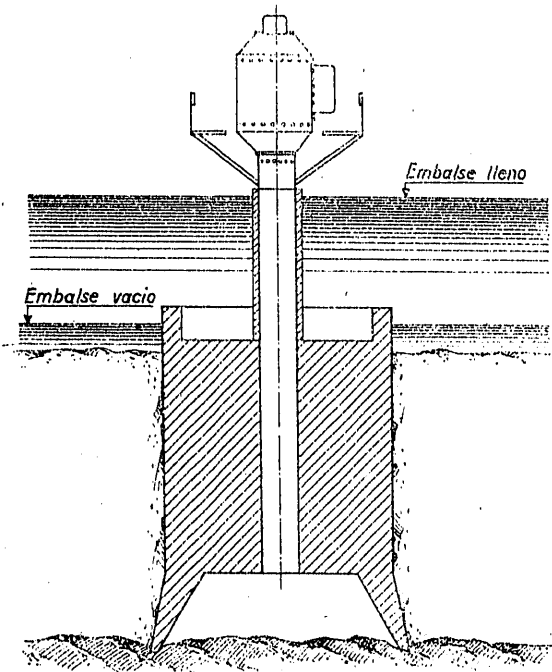


Fig. 13. — Cajón hincado a embalse lleno, con auxilio de chimenea auxiliar.

amarre que con la esclusa precisábamos para otras hincas.

El problema consistía en sacar estos dos elementos, para lo cual era imprescindible soltar los 24 pernos *a* que sujetaban el tubo de amarre, lo que no nos hacía ninguna gracia teniendo dentro del tubo una presión hidrostática de más de 2,00 m. de altura.

Construimos en obra una especie de tapadera circular, de diámetro 1,20 m., desmontable, de tabloncillos, chapa de zinc y plancha de goma de 5 mm., para que su adaptación al techo de la cámara de trabajo del cajón y cierre de la chimenea resultase hermético, capaz de resistir algo más de 1 Kg./cm.² de presión.

Dimos aire a la esclusa para expulsar el agua, bajaron los carpinteros a la cámara, montaron la tapadera humedeciendo las juntas con pasta "Hermetic"

atirantándola luego desde la parte superior con cables de 6 mm., dándoles garrote.

Bastó soltar aire de la esclusa para que la diferencia de presiones entre la cámara y la chimenea apretara cada vez más la tapadera contra el techo, cerrando herméticamente la chimenea, pudiendo entonces tranquilamente quitar la presión de la esclusa y soltar los 24 pernos *a*, el tubo de amarre y demás elementos de hincas, abandonándose después el cajón ya apoyado en el lecho del río y sin peligro, hasta que condiciones más favorables del embalse hicieron posible continuar la cimentación.

A otro cajón que empezó a hincarse con el embalse lleno, y del que por los contiguos ya se sabía con bastante exactitud la profundidad de hincas para alcanzar el firme, se le prolongó la chimenea lo suficiente (figura 12) para que al colocarle en la parte superior la esclusa y proceder luego a su hincas pudiera terminarse ésta, quedando según la figura 13.

Esta chimenea prolongada quedaba después embebida en el alzado de la pila del puente, realizado al bajar el embalse, quedando según se indica en la figura 14.

Todos estos movimientos de esclusa (2 000 Kg.),

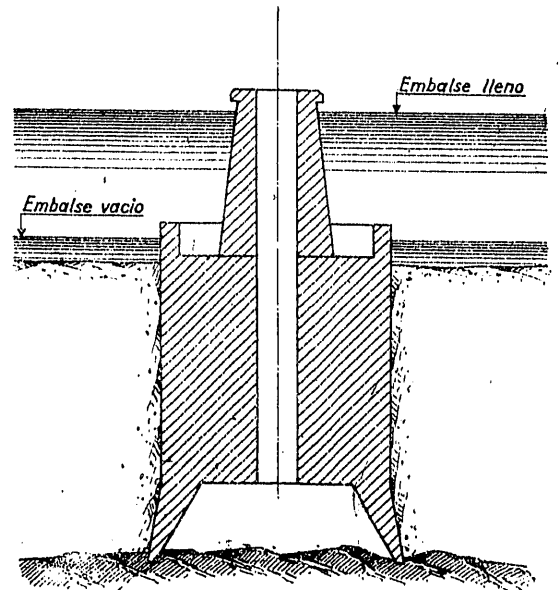


Fig. 14. — Alzado de pila, hormigonado a embalse vacío, absorbiendo la chimenea auxiliar empleada para su hincas a embalse lleno.

maquinillo (dispositivo elevador de los productos de excavación), etc., por tratarse de elementos pesados y voluminosos, resultan engorrosos y conviene estudiarlos y disponerlos con todo detalle a fin de ahorrar jornales y tiempo en falsas maniobras.

Nosotros utilizamos para su transporte a embalse

lleno una balsa de tabloncillos perfectamente calafateada con alquitrán, de 4 Tn. de desplazamiento útil y un

mero a jornal, para destajarlos luego, unos cuantos horricos que debían hacer el acopio de arena. Pregunta-

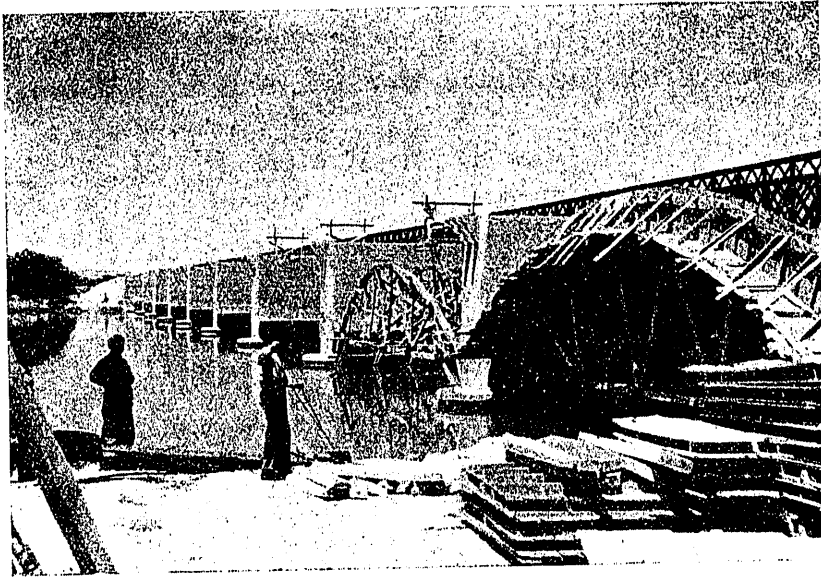


Fig. 15. — Terminada la hinca de cajones y el hormigonado de pilas (anegadas en la fotografía hasta nivel de impostas), se ejecutaron rápidamente y ya sin impedimentos todas las sobrepilas y salmeres, mientras se construían y montaban las cimbras y tableros para el hormigonado de arcos.

dispositivo "derrick" improvisado en obra (figs. 4.^a y 15), que nos dió muy buenos resultados.

Entre los sucesidos anecdóticos podría citarse al que dió lugar el modo especial y sencillo de hablar de uno de los trabajadores. Se trataba de contratar pri-

tado el dueño lo que quería cobrar, nos dijo: "Por menos de cinco duros "ca uno", ni hablar..." Es decir, que al día...? "... Pues mire, cinco burros y yo seis, "treinta duros". La verdad es que *el último* es el que nos pareció más caro...