

Recalce y consolidación de la sexta pila del puente sobre el Ebro, en Zaragoza, de la línea del ferrocarril de Zaragoza a Alsasua

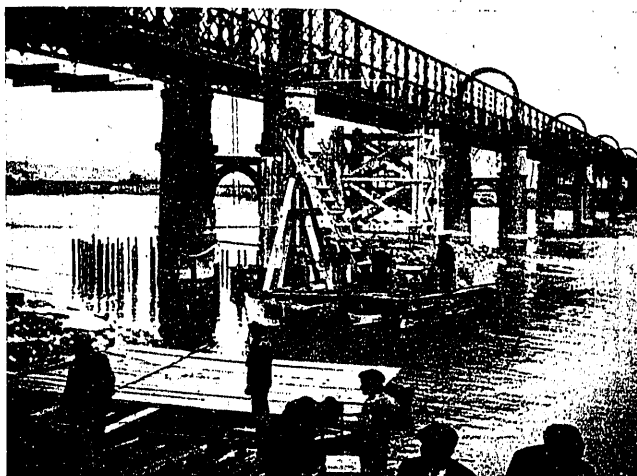
La línea del ferrocarril de Zaragoza a Alsasua cruza el río Ebro, en Zaragoza, con un puente metálico de ocho tramos continuos de 340 m de longitud total, con pilas formadas por dos tubos de palastro ligeramente cónicos, arriostrados en su parte superior con un fuerte arco metálico, cuyos tubos, según el plano de construcción, debieron ser hincados por aire comprimido hasta llegar a la grava conglomerada, menos en la pila sexta, que debía haberse llegado a la arcilla, según indica la figura 1.

Posteriormente, en el año 1880, con motivo de una amenaza de inundación de la ciudad de Zaragoza, atribuida a falta de desagüe superficial de dicho puente, se elevó su rasante, suplementando las pilas con cilindros de sillería de 2,60 m de altura.

Un día apareció un torcido en la vía del puente, coincidiendo con su sexta pila, con una desviación máxima del carril de 6 cm, y en seguida fué reconocido detenidamente el puente para hallar la causa de ese torcido, pudiendo observar que se había producido sin desgarramiento de las traviesas de la vía, lo mismo en la sujeción del carril a ellas por los tirafondos, que en la sujeción de las traviesas a los largueros del puente por unas uñas metálicas, sacando la consecuencia de que el movimiento de la vía había tenido lugar juntamente con el tramo metálico. Asimismo se reconocieron los rodillos de apoyo del tramo metálico sobre la sexta pila, y se vió que no se habían desplazado con relación a la coronación de la pila; y como, por otra parte, se notaba una desnivelación transversal en el tramo metálico de 4,5 cm, coincidiendo con el eje de esa pila, y además se

pudo precisarse si también se había movido, haciendo creer que no el hecho de que el arriostramiento metálico de los dos tubos de la pila no tuviera grieta alguna, ni roblón flojo, ni saltada su pintura.

Aun cuando el río se había llevado parte del terreno de su margen derecha, dejándolo como se in-



El 26 de febrero continúa la hinca de carriles para la atagüa



El 20 de febrero queda el cajón sin fondo relleno de hormigón sumergido

pudo apreciar un ligero desplome hacia aguas abajo en el cilindro de sillería que remata la pila, se dedujo que el tramo metálico se había movido solidariamente con dicho cilindro de sillería. El resto de la pila, por su conicidad y por tener taludes distintos en sus paramentos, por defecto de construcción, no

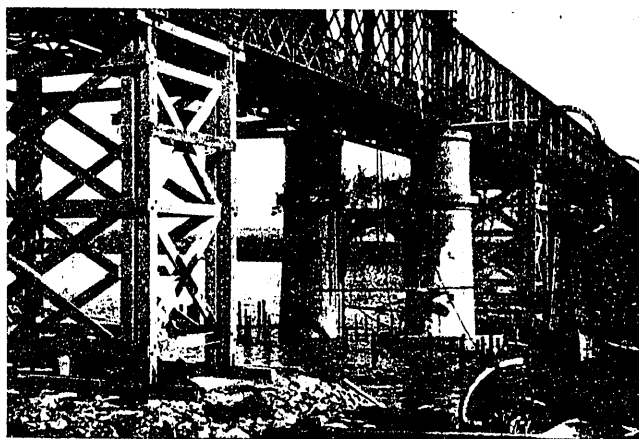
dica de trazos en la figura 1, el hecho de figurar en los planos antiguos la sexta pila con la profundidad de cimentación que se indica en dicha figura hacía creer que no podía haberse movido. Sin embargo, como el río, en sus crecidas, se había llevado el terreno de la margen correspondiente a esa pila, produciendo un pozo alrededor de ella, aunque con profundidad tal que no constituía motivo de alarma, y en vista de que no se encontraba fuerza alguna capaz de mover el tramo y parte superior de la pila sin que hubiera sufrido ésta un asiento en el cimiento de su tubo de aguas abajo, se supuso que ésta tenía que ser la causa: o sea que la pila no estaba cimentada a la profundidad que señalaba el plano de construcción y que había sido socavada por el río durante las crecidas del otoño último. Para comprobar este supuesto fué reconocida la base de la pila por un buzo, el cual lo confirmó, levantándose con sus indicaciones un perfil del terreno, transversal al puente por el eje de la pila, que es el indicado en la figura 2, y por el cual se ve que el tubo de aguas abajo de esa pila tenía su base a unos 75 cm del terreno, o sea, que había quedado completamente colgado, cayendo de su interior el hormigón del relleno, según las muestras que extrajo el buzo, y el tubo de aguas arriba seguía apoyado en el terreno, pero con una socavación en todo su contorno, con una entrega máxima de 80 cm y mínima de 10 cm.

En cuanto se notó el torcido de la vía se restableció la alineación de ésta y se puso precaución con parada y piloto por el puente para todas las circula-

ciones, y a partir del día 16 de febrero, en que se tuvo exacto conocimiento de la situación por el reconocimiento que hizo el buzo, se suspendió el paso de máquinas por los dos tramos adyacentes a esa pila, pasando los trenes empujados por sus extremos, y se organizó el transbordo de viajeros en autobuses desde la estación de Arrabal hasta el apartadero de la Industria Química, precauciones que siguieron hasta que se terminó la obra de consolidación de la pila.

Se tenía, por lo tanto, el problema de hacer el recalce y consolidación de la pila antes de que se pre-

ra del agua, de un grado sobre cero, impidió que el buzo pudiera trabajar, y entonces se construyó un cajón sin fondo, de madera, envolviendo el tubo socavado, de 4,5 m de diámetro, de forma octogonal y 3 m de altura, y se bajó, convenientemente lastrado, hasta apoyarlo en el terreno, rellenándolo des-



El día 3 de marzo quedan los castilletes terminados, sólo a falta de sus tajamares

pues con hormigón en sacos, como procedimiento más rápido.

El día 20 de febrero quedó relleno el cajón sin fondo indicado, con hormigón en sacos, y entonces se perforó su relleno hasta llegar al terreno en dirección al corazón del tubo de la pila, en dos puntos señalados con las letras *a* y *b* en la figura 3, inyectando mortero de cemento por ellos hasta una presión de 6,5 atmósferas, con lo cual se consiguió llenar los huecos que quedasen entre los sacos de hormigón. Hecho esto se perforó el palastro del tubo de la pila a nivel del hormigón del cajón sin fondo, en el punto *c* de la figura 3, el cual confirmó la caída del hormigón del interior en su base, pues se



Terminación de la línea de carriles para la atagüa el 5 de marzo

encontró un gran vacío en ella, y por él se inyectó mortero de cemento hasta una presión de 6,5 atmósferas, metiéndose 194 sacos de cemento y 36 de arena. También se abrieron 12 taladros en el alzado de ese tubo de la pila, los cuales demostraron que el interior del tubo en su cuerpo estaba lleno con grava

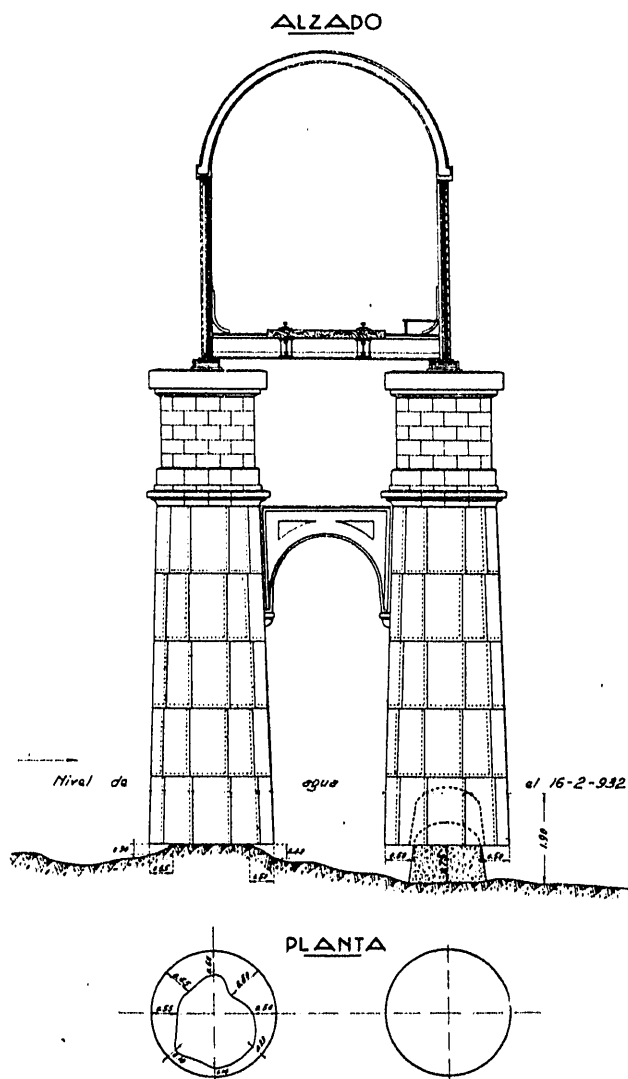
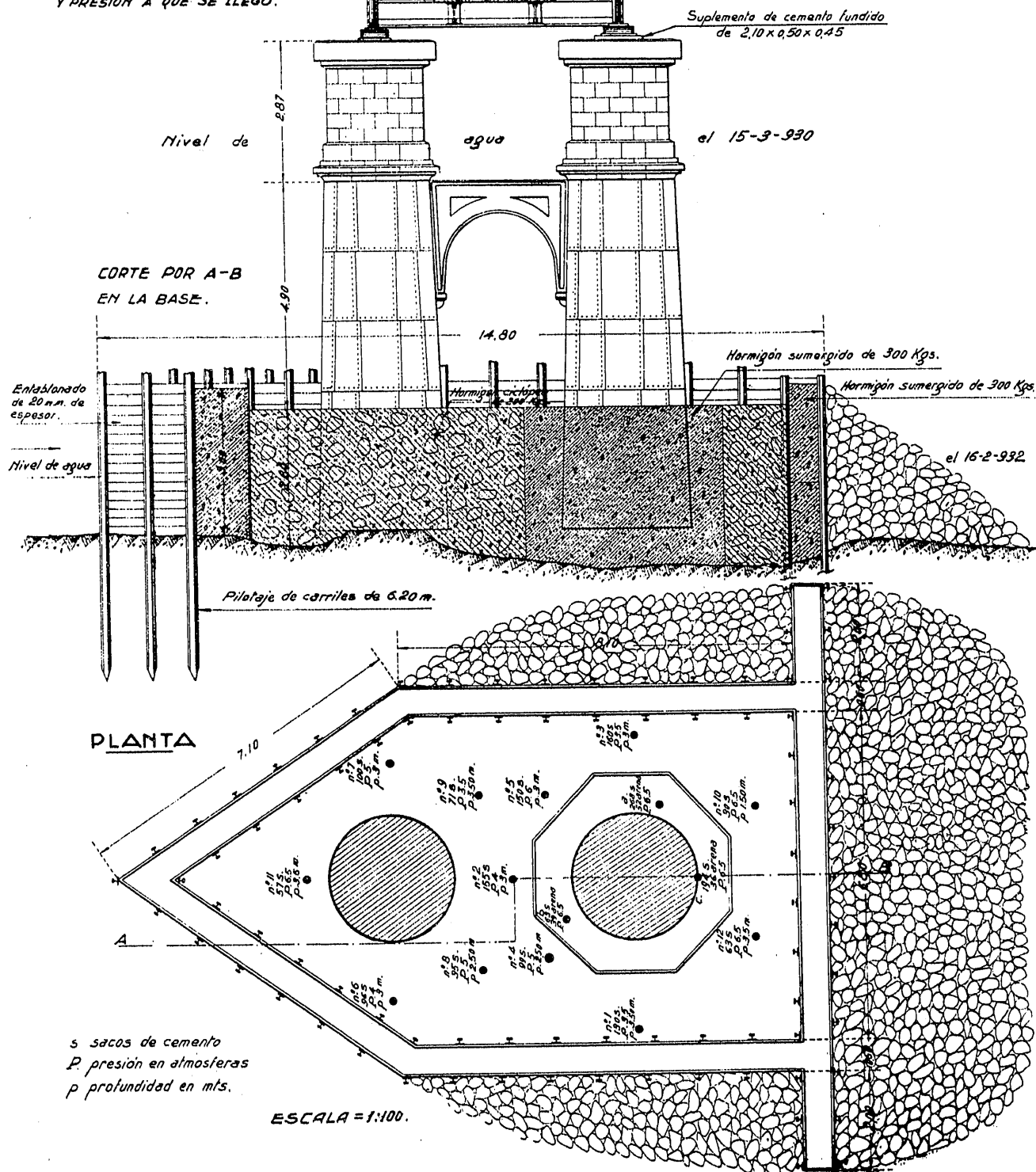


Fig. 2.-SITUACION DE LA PILA EL DIA 16 DE FEBRERO DE 1932.

sentaran las grandes crecidas extraordinarias de primavera, que en los años 1928 y 1930, en que tuvieron lugar las mayores crecidas conocidas, alcanzaron una altura de agua de 7 a 7,15 m, respectivamente, sobre el nivel de estiaje, y tuvieron lugar en los días 14 y 15 de marzo. A ese fin se tendió primero a restablecer el apoyo sobre el terreno del tubo de aguas abajo, y para ello se intentó la colocación a su alrededor de un recinto formado por hiladas de sacos de hormigón, que colocase el buzo a una distancia de 2 m del paramento del tubo de la pila, para rellenar luego el recinto con hormigón sumergido; pero hubo que desistir del procedimiento, porque la temperatu-

ALZADO

Fig 3. SITUACION DE LA PILA EL DIA 26 DE MARZO DE 1932 CON INDICACION DE LOS PUNTOS POR DONDE SE INYECTO CEMENTO EN EL TERRENO A PROFUNDIDAD DE MAS DE 3 MTS, CON EL NUMERO DE SACOS DE CEMENTO GASTADOS, Y PRESION A QUE SE LLEGO.

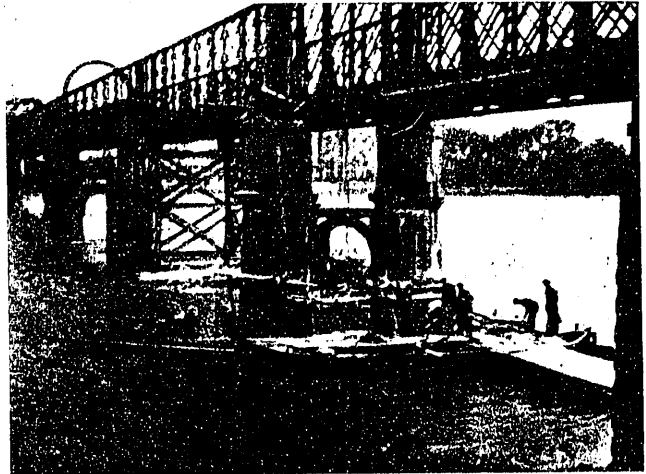


sin mortero, y que la pila no había sido cimentada por aire comprimido, sino por el método indio, ya que no se encontró el techo de la cámara de trabajo. Por dichos taladros se inyectó lechada de cemento, a presión hasta de 2,5 atmósferas, consiguiendo que la lechada rezumara por las juntas de los palastros y de los sillares del cilindro de sillería que remata la pila, razón por la cual no se aumentó esa presión. El día 29 de febrero quedó inyectado todo el tubo de aguas abajo de la pila, y, por lo tanto, apoyado en el terreno, y al mismo tiempo convertido su relleno de grava en hormigón.

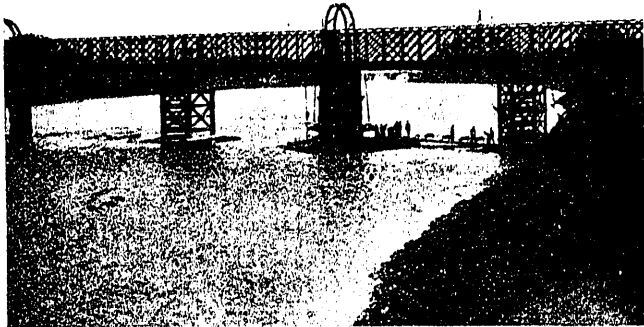
A la vez, y ante el temor de una crecida presentada prematuramente, que hubiera podido llevarse la pila al no estar consolidada, se comprobó el puente metálico considerando como un solo tramo los dos adyacentes a la pila socavada, de 43 m de luz cada uno, y se vió que justamente resistiría sin caer a su propio peso, y por eso, ante la gran importancia que tiene el no suspender el tráfico por ese puente —lo que hubiera supuesto una pérdida enorme para la Compañía, de bastantes millones de pesetas—, se

ción de cemento en el terreno hasta una profundidad de más de tres metros, para dejar un buen apoyo a la pila y envolver la base de sus dos tubos en un macizo de hormigón que impidiera futuras socavaciones.

Para esto se comenzó por hacer una ataguía de



Hormigonado de la ataguía e inyección del terreno durante la crecida del río, el 14 de marzo



Vista de la obra durante una de las crecidas del río (la del 10 de marzo)

pensó en apearse en seguida el tramo sobre dos castilletes, uno a cada lado de la pila socavada.

Para ello se hicieron trenes de escollera, la cual se vertió desde el puente en los sitios donde se iban a montar los castilletes, que se pusieron con sus ejes a 17,75 m a cada lado del eje de la pila socavada para dejar espacio libre para poder trabajar con libertad alrededor de la pila, y con esa escollera se formó una base para cada castillete, sobre la que se hizo una losa de hormigón de 30 cm de espesor, armada con seis carriles inútiles, en sentido transversal al puente, y cuatro en sentido longitudinal, coincidiendo los ángulos del rectángulo formado por esos carriles con los ejes de los cuatro pies derechos del castillete.

Sobre esa losa se montó el castillete de madera conforme indica la figura número 4, quedando los dos castilletes terminados el día 3 de marzo, con sus cuñas templadas, para poderlas apretar en un momento dado en caso de necesidad y apoyar en los castilletes el tramo metálico. Estos castilletes fueron convenientemente sujetos a la losa de hormigón que les sirve de base, para evitar que fueran arrastrados por el río en sus crecidas extraordinarias.

En el plan de trabajo trazado figuraba la inyec-

60 cm de espesor con dos filas de carriles viejos hincados a tres metros de profundidad, separados entre sí un metro, apoyándose en ellos por el interior unos tableros de madera, según indica la figura 3, quedando hincados todos los carriles el día 5 de marzo, y entonces se comenzó la inyección de cemento en el terreno, hincando los tubos por el orden que se indica en dicha figura, en la que se señala para cada inyección el número de sacos de cemento que admitió la presión a que se llegó (la que se aumentaba hasta que el terreno no admitía más) y la profundidad a que se hincó el tubo. Conforme se llegaba al máximo de presión que admitía el terreno a la pro-



Terminada la construcción de la ataguía se rellena su interior con hormigón ciclópeo, al mismo tiempo que se termina la inyección de cemento en el terreno profundo el 25 de marzo

fundidad del tubo a que se había hincado, se subía éste un metro y medio aproximadamente y se continuaba la inyección, claro que a menor presión, por acercarse a la superficie del terreno, graduándose ésta de modo que no se acusara en el agua la salida de lechada, la que se acusa en ella en seguida que sale

Al mismo tiempo que se hacían los trabajos detallados para consolidar la pila se hacían los necesarios para llevar el tramo metálico a su primitiva posición,

pila, dos para cada una de las vigas del puente, y por no poder levantar el tramo poniendo directamente los gatos debajo de las vigas, hubo que ponerlos a sus costados y transmitir su presión por un puntal de 25 X 25 centímetros de escuadra para cada uno a la cabeza superior de la viga. Se apoyó el tramo sobre los castilletes de madera, para lo cual previamente se habían colocado en cada viga principal, coincidiendo con cada pie derecho de cada castillete, unos montantes, formados cada uno por dos de 20 X 75 cm, y dos angulares, de 90 X 90 X 10 mm, y se suplementó el tubo de aguas abajo de la pila con una losa de hormigón con cemento fundido de 4 cm de altura, según indica la figura 3.

Al levantar el puente con los gatos dió una sacudida y se corrigió en parte su deformación, y por sucesivas operaciones de apoyarlo alternativamente en la pila y en los castilletes se consiguió que fuera desapareciendo dicha deformación.

Quedó el tramo metálico colocado en su posición definitiva el día 23 de marzo.

El importe de la reparación completa que se hizo con motivo de la socavación de esa pila ha sido de 162 202,72 pesetas, con arreglo al siguiente detalle:

	Pesetas
Recalce y consolidación de la pila.....	97 139,34
Apeo del tramo sobre los dos castilletes.....	34 639,61
Gastos de tracción motivados por no poder pasar las máquinas por el puente.....	11 211,32
Gastos de explotación motivados por el transbordo de viajeros.....	6 700,00
Gastos auxiliares.....	12 512,45
TOTAL.....	162 202,72

Mientras estuvo interrumpido el paso de máquinas por el puente éstas daban vuelta y tomaban agua en el depósito de máquinas de la Compañía de M. Z. A. en Zaragoza, dando al efecto toda clase de facilidades dicha Compañía.

Todos los trabajos fueron hechos por administración, excepto las inyecciones de cemento, que fueron contratadas con la Casa "Agromán", como especializada en esa clase de trabajos.

Carlos MEJON
Ingeniero de Caminos, jefe de V. y O.
de la Compañía del Norte

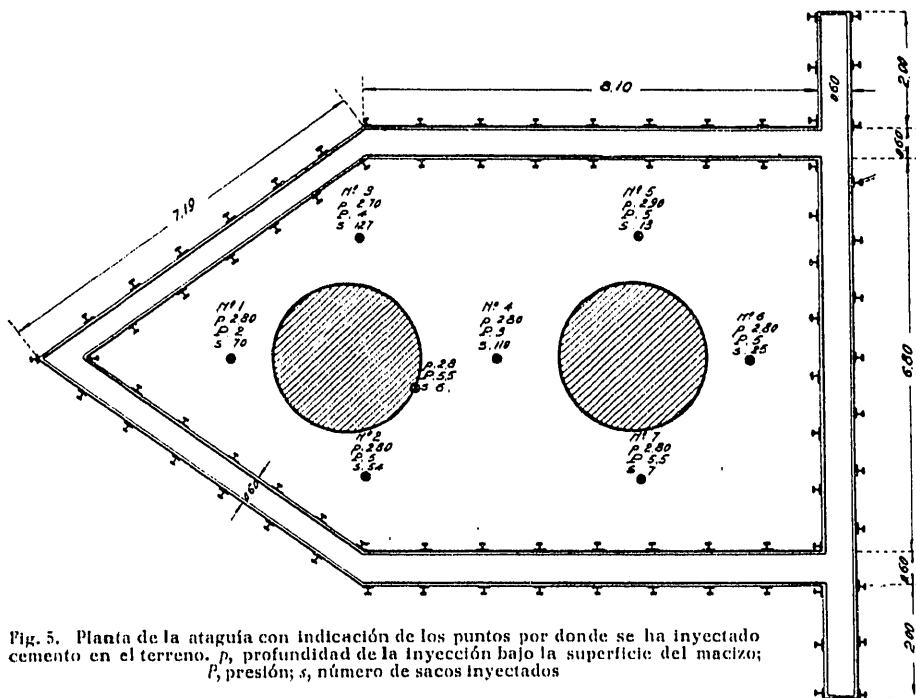
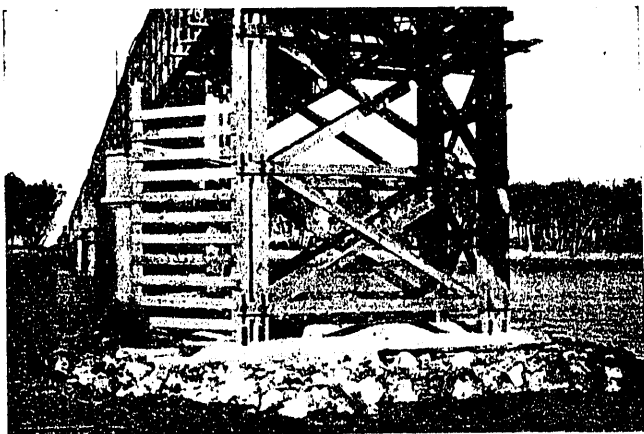


Fig. 5. Planta de la atagüa con indicación de los puntos por donde se ha inyectado cemento en el terreno. p, profundidad de la inyección bajo la superficie del macizo; P, presión; s, número de sacos inyectados

ya que había que nivelarlo en sus apoyos de esa pila y corregir la deformación sufrida por sus vigas principales, que, efecto de la desnivelación transversal del



Detalle de uno de los castilletes con el ramaje depositado al pie de su tajamar por una crecida del río

tramo de 4,5 cm, habían quedado con una flecha de 9 cm en el sentido longitudinal al puente. A ese fin se levantó el tramo con cuatro gatos hidráulicos de 100 ton cada uno, colocados en la coronación de la