

Saltos del Duero¹

Aprovechamiento de aguas del río Esla

III

Obras de desviación del río

Se ha dado este nombre a las obras conducentes a dejar en seco el recinto que ha de ocupar la presa



Revestimiento de la galería de la margen izquierda

del embalse, y se reducen a la construcción de dos galerías, una ataguía para desviar las aguas del río a dichas galerías y una contra-ataguía para contener las de retroceso procedentes de la salida de las galerías.

Este programa, sencillo en apariencia, tenía dos dificultades distintas: la primera inherente a la magnitud de la obra total y al gran caudal del río Esla en el sitio del salto (galerías para desviación de caudales hasta 300 m³/s, ataguía de 17 m de elevación); la segunda, originada por la necesidad de ejecutar estas obras preparatorias aprovechando el estiaje de este año, condición precisa para trabajar durante la casi totalidad del invierno próximo en la excavación y base de la presa y ganar, en definitiva, un año en la totalidad de la obra.

Es nuestro propósito hacer una ligera descripción de los trabajos llevados a cabo en este estiaje, que comenzados desde el primer azadonazo el 15 de mayo, están de hecho terminados, habiéndose, por tanto, realizado con la rapidez que su objeto requería.

Galerías.—Se proyectaron dos galerías, una en la margen izquierda, cuya sección es de 23 m², y otra en la margen derecha de 30 m². La clave de ambas en su origen está a la misma cota, resultando, por tanto, el umbral de la segunda un metro más bajo que la primera, lo que permite en estiaje dejar en seco ésta, tanto para su inspección como para ejecutar en ella las obras de cierre necesarias a su transformación en desagüe de fondo del pantano.

Sus longitudes respectivas son 297 m y 343, previéndose el ataque de la primera por sus dos extremos y el de la segunda, además, por dos bocas late-

rales intermedias en la terminación de una ventana transversal de 18 m de longitud.

A medida que el nivel de las aguas lo fué consintiendo y escalonadamente, según se disponía de mayor número y potencia de compresores, se comenzaron la limpieza y trincheras de acceso de las distintas bocas, emboquillando las galerías en las siguientes fechas:

Galería margen izquierda

Boca de agua arriba, 3 de julio.

Boca de agua abajo, 21 de julio.

Galería margen izquierda

Boca de agua arriba, 24 de julio.

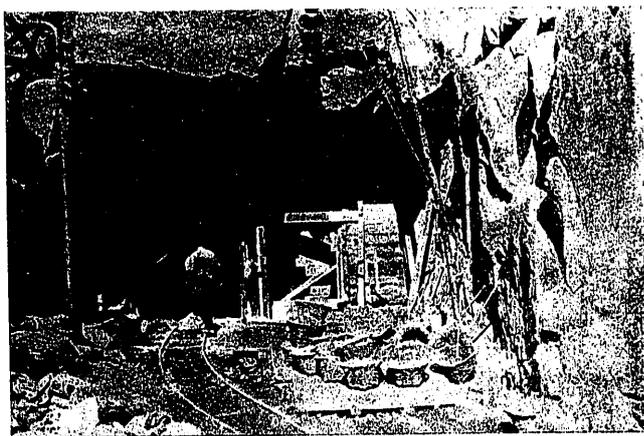
Boca de agua abajo, 15 de agosto.

Ventana lateral, 5 de agosto.

Sistema de ejecución.—Presentando el terreno suficiente resistencia, se consideró conveniente ejecutar la excavación de las galerías llevando casi juntos el avance y la destroza. En cada uno de los frentes trabajaban cinco martillos que, inmediatamente de roto el avance, pasaban a la destroza, una vez completamente hecho el desescombro. Esta operación se realizaba por medio de vagonetas de tres cuartos de metro cúbico de capacidad y mesillas arrastradas por mulas, llevándose los escombros paralelamente a las laderas, con objeto de no ocupar el lecho del río.

El explosivo empleado ha sido casi exclusivamente dinamita goma de primera, y el número de tiros por cada frente de unos 20 a 25 por pega realizada por cada relevo después de las ocho horas de jornada.

El día 6 de octubre se caló el túnel número 1 (margen izquierda), y los días 8 y 13 del mismo mes, respectivamente, los de los dos tramos que constitu-



Boca de entrada de la galería de la margen derecha con la defensa para las crecidas

yen el túnel número 2 (margen derecha). Por último, el día 22, después de limpiadas todas las destrozas, se cerró la ventana lateral de la galería número 2, y al día siguiente comenzó a discurrir el agua por los túneles, terminándose así felizmente la primera y esencial parte del programa propuesto.

¹ Véase el número anterior, página 421.

El avance medio realizado por día ha sido de 1,80 m en la galería número 1 y de 1,50 en la número 2,

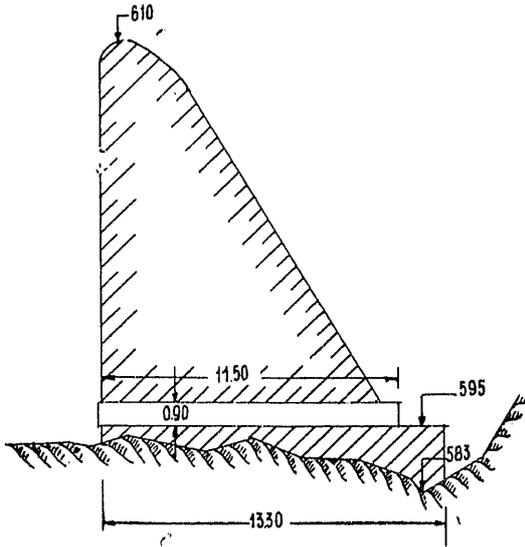


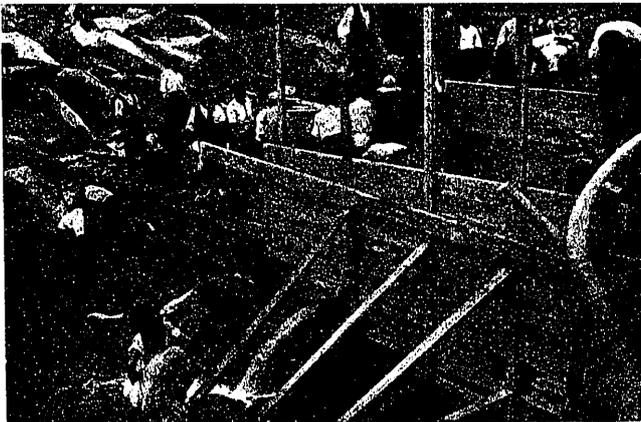
Fig. 1.ª Perfil de la atagüa

y el consumo total de explosivos 20.000 kg en ambas, para unos 8 500 m³ de excavación.

El terreno atravesado es todo él granito, y, en su mayor parte, de gran dureza y excelente calidad. Únicamente en algunos tramos muy cortos de la galería de la margen izquierda se encontraron algunos lisos de granito descompuesto, pero de suficiente consistencia, excepto en uno de ellos, de 3 m de longitud, que tuvo necesidad de ser entibado y en el que, antes de ponerse en servicio la galería, se hizo un revestimiento de mampostería hormigonada.

Atagüa.—Si grande era el agobio de tiempo para la construcción de las galerías, aún era mayor en lo referente a la construcción de la atagüa, ya que su comienzo estaba supeditado a la fecha de los mayores estiajes, que tienen lugar a mediados del mes de agosto.

Esta atagüa no sólo desvía el agua a los túneles, sino que por su altura (coronación a la cota 610, clave de los túneles 602,50) ha de dar carga a los mismos, consiguiéndose así un desagüe de 300 m³/s entre los dos, caudal muy inferior al de las avenidas or-



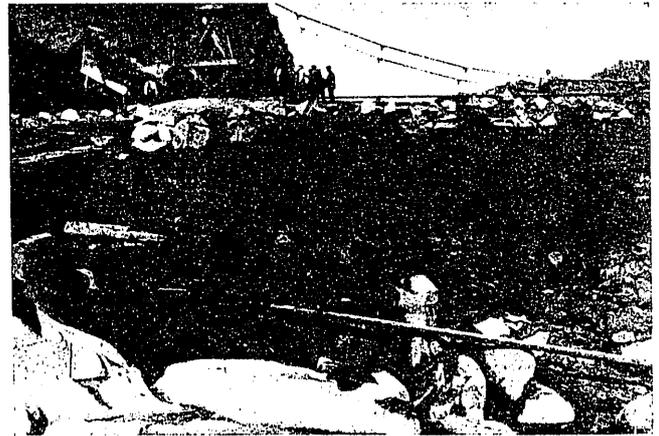
Preparación del cierre de la atagüa provisional

dinarias del Esla, por lo cual, y durante ellas, la atagüa funcionará como presa vertedero, habiéndose

adoptado para la misma el perfil apropiado a tal fin, en la forma y dimensiones que se indican en la figura 1.ª

La fábrica empleada ha sido el hormigón de 200 kg de cemento y el cubo total de unos 5 000 m³.

La necesidad de construir en seco esta obra, ya de bastante importancia, requirió la construcción de



Paramento de aguas abajo de la atagüa provisional

una atagüa provisional y una desviación del río, es decir, una repetición, salvo la escala, del problema objeto de los trabajos preliminares.

Esta atagüa provisional fué ejecutada del modo siguiente: Sobre el fondo del río, previamente limpio de los bloques que en toda esta zona presenta el cauce, se formó con sacos de hormigón y trabajando con buzos un recinto de altura variable (hasta el nivel de las aguas); este recinto fué rellenado de hormigón sumergido, y sobre éste, a modo de cimiento, se construyó el cuerpo de atagüa, todo ello en la disposición y dimensiones que se señalan en la figura 2.ª. Tanto los sacos como el relleno del recinto se ejecu-

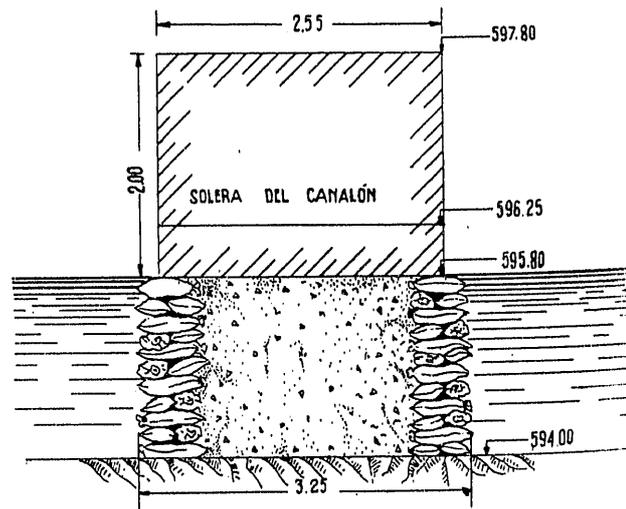


Fig. 2.ª Perfil de la atagüa provisional

taron con hormigón de cemento rápido con la dosificación 1 : 1 1/2 : 3.

La desviación del agua se realizó por medio de un canalón de madera apoyado sobre caballetes asentados en el fondo del río, y por uno de sus extremos en la atagüa provisional. Dicho canalón, de sección útil de 2,50 × 1,25 m; se prolongó hasta pasados los pri-

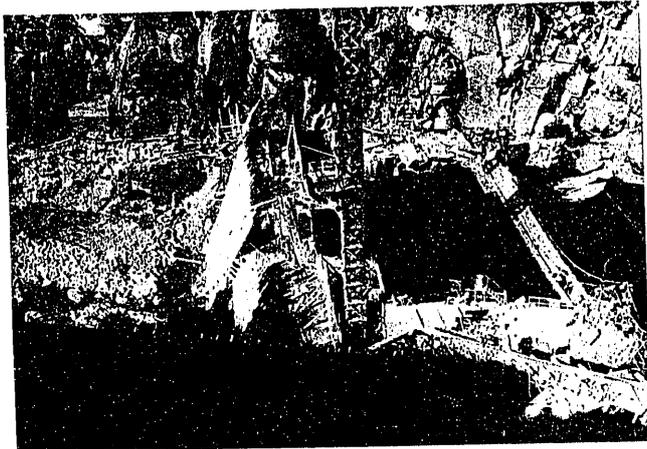
meros rápidos del río, y de este modo pudo dársele una pendiente aproximada de 1 por 100, con lo cual, y con la carga que le proporcionaba la ataguía provisional, podía desaguar $8 \text{ m}^3/\text{s}$, que se estimaba suficiente *normalmente* para el paso del caudal del río, mientras se sacaba de cimientos la ataguía definitiva.

La construcción del canalón fué simultaneada,

de la ataguía, que se están hormigonando al escribir estas notas. En todas ellas no ha habido otro contra-



Ataguía y canalón



Vista general de la ataguía

como es lógico, con la de la ataguía provisional, y empezada ésta el 19 de agosto, el 3 de septiembre el agua circulaba por el canalón, es decir, la instalación prestaba servicio.

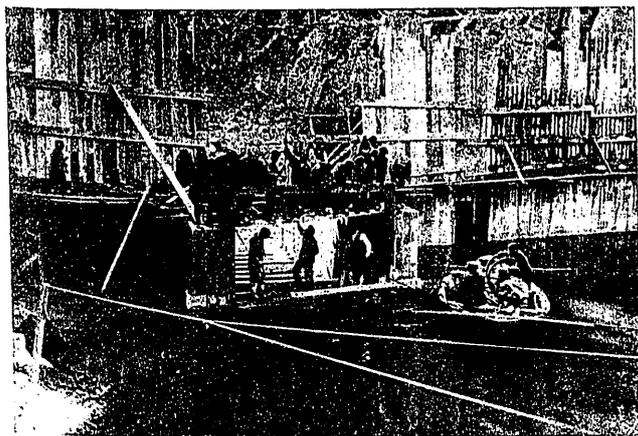
Inmediatamente de quedar en seco el asiento de la ataguía definitiva, se comenzó la limpieza y excavación para cimientos de la misma. Las inevitables filtraciones de la ataguía provisional fueron fácilmente dominadas con dos bombas de agotamiento instaladas sobre ella y accionadas por motores de gasolina de 15 CV.

El día 11 de septiembre se comenzó el hormigonado (del que hablaremos ligeramente al hacer la descripción de las instalaciones), que se ha continuado sin otra incidencia que la interrupción debida a una

tiempo que la paralización de los trabajos durante el tiempo en que el agua ha subido por encima de la obra, ya que un servicio sistemático de avisos en las estaciones de aforos permitía prevenir los efectos de la riada y poner en salvo el material que estaba en peligro.

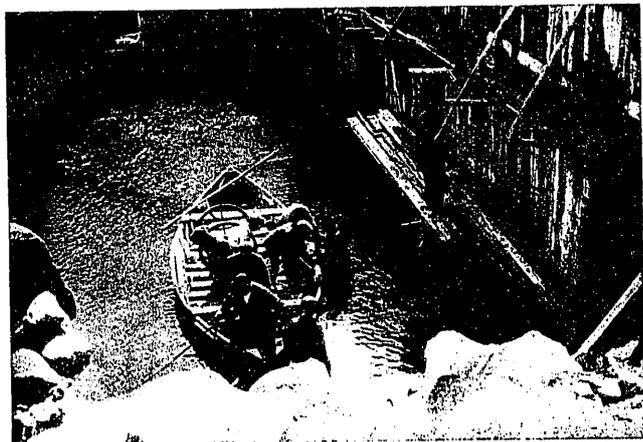
En el cuerpo de la ataguía se han dispuesto tres juntas de contracción separadas entre sí 14 m (la longitud de aquélla en la coronación es de 60 m), que arranca de las cotas 596, 603 y 605, respectivamente. De dichas juntas la última es de paramento liso y las otras dos escalonado. En todas ellas la separación se ha realizado por medio de papel embreado, y en su intersección con el paramento de aguas arriba de la ataguía van provistas de una lona, igualmente embreada, que se introduce en forma de V para evitar las filtraciones a través de las soluciones de continuidad. En las dos juntas escalonadas se han colocado, a 3 m del paramento de aguas arriba, pozos practicables de registro que no han acusado prácticamente ninguna filtración.

Asimismo, y para estudiar los efectos de la subpresión, se han colocado cinco tubos de 2 pulgadas de diámetro apoyados directamente sobre la base de ci-



Cierre del canalón de la ataguía

pequeña crecida durante la ejecución de la parte baja de la ataguía; otra, de relativa importancia ($25 \text{ m}^3/\text{s}$) en los primeros días de octubre, cuando estaba enrasada la ataguía a la cota del umbral de la galería derecha, y la última, del 8 de noviembre, cuando ya estaba la obra virtualmente terminada, pues sólo quedaban los dos últimos metros de elevación del cuerpo



Un buzo preparándose para reconocer el cierre de los tubos de desagüe de la ataguía

mientos y en distintos puntos de la misma. Estos tubos se reúnen en un registro practicable, desde el

cual puede medirse la altura alcanzada por el agua en los mencionados tubos.

Por último, en el cuerpo de la presa y a la cota 595 se han dejado dos tubos (uno de ellos se señala en el perfil de la figura 1.^a) cerrados aguas arriba por medio de compuertas y aguas abajo con bridas ciegas; de este modo, en el próximo estiaje, y antes de comenzar el hormigonado de la base del cimiento de la

presa, puede desaguar el pequeño embalse creado por la ataguía y dejar en seco la galería de cota más baja para su inspección.

Dejamos para un segundo artículo el examen de los medios auxiliares e instalaciones que se han empleado en la ejecución de estas obras, para completar la esquemática reseña que de las mismas hacemos.

Manuel ECHANOVE
Ingeniero de Caminos

Tracción eléctrica

La línea aérea y las tomas de corriente del Metropolitano Alfonso XIII, por Carlos Laffitte, ingeniero industrial, subdirector del Metropolitano Alfonso XIII.

PRIMERA PARTE

ESTUDIO DE LA LINEA AEREA

Consideraciones generales y resumen

Al proyectar el Metropolitano Alfonso XIII se adoptó la alimentación por línea aérea, al contrario de lo que hasta entonces se había hecho, puesto que el empleo del tercer carril era general entre los ferrocarriles de esta clase. Las razones en que se apoyó esta elección fueron, sin duda, el evitar las molestias y el peligro que ofrece el tercer carril tanto para el personal encargado de la conservación de la vía como a los viajeros, cuando por causa de accidente descienden a la vía, y la mayor sencillez del sistema de alimentación por línea aérea, que se suponía con fundamento había de traducirse en mejor servicio y entretenimiento más sencillo. Contribuyeron también a esta elección los informes facilitados por los ingenieros del Ferrocarril Metropolitano Nord-Sud, de París. En este ferrocarril se utilizó el sistema de distribución a tres hilos, estando constituido el hilo neutro por la vía y los positivo y negativo por un hilo aéreo y un tercer carril; es, por tanto, una instalación en la que pueden compararse los dos sistemas en igualdad de condiciones; de dicha comparación, hecha durante bastantes años de explotación, se deduce, según los ingenieros de la Compañía, una superioridad manifiesta de la línea aérea.

Posteriormente se ha utilizado también la línea aérea en el Gran Metropolitano de Barcelona y en la electrificación de varias secciones de las grandes líneas españolas, lo que demuestra que fué acertada la elección del sistema de alimentación en el caso que nos ocupa.

Una vez adoptada la línea aérea, cabía elegir para su construcción la suspensión ordinaria o transversal y la catenaria o suspensión longitudinal. Esta última es la universalmente adoptada en las líneas de ferrocarriles de superficie, y sus ventajas son bien conocidas, especialmente cuando se trata de líneas recorridas por trenes rápidos. Tratándose de una línea enteramente subterránea, donde se pueden multiplicar con poco coste los puntos de suspensión, en que la temperatura es casi constante, y de un servicio a velocidad moderada, desaparecen en gran parte, si no del todo, las ventajas de la suspensión cate-

na, y éstas fueron, sin duda, las razones de que se prescindiera de ella, adoptando la ordinaria, que es más sencilla, y cuyos resultados en el Nord-Sud habían sido, según los informes de los ingenieros de la Compañía, completamente satisfactorios.

Los resultados obtenidos en el Metropolitano Alfonso XIII son también muy satisfactorios y demuestran el acierto de los ingenieros que estudiaron este ferrocarril al adoptar las disposiciones indicadas.

Al hacerse cargo el que suscribe este artículo de la Jefatura de la Explotación del Metropolitano—lo que sucedió en los principios de la misma—ocurrieron algunos accidentes, tales como la rotura de los transversales de suspensión, que a veces traían como consecuencia la del hilo de trabajo y la interrupción del servicio; se observaron también desgastes excesivos del hilo de trabajo que reducían su vida en algunos vanos de un modo inadmisibles. El remedio de estos defectos fué sencillo. Se observó pronto que la rotura de transversales se presentaba en vanos reducidos y en aquellos en los que existía desnivel entre los puntos de apoyo; se reforzaron los transversales en estos puntos peligrosos, con lo que se hicieron muy raras las roturas de transversales. En cuanto al desgaste del hilo, se presentaba en vanos normales de doble conductor, de los cuales se prescindió por no ser indispensables, y se corrigió el desgaste. A pesar de lo expuesto, y considerando la importancia que en un servicio como el del Metropolitano tiene el evitar las interrupciones, creímos de interés investigar las causas de los fenómenos expuestos, que no encontramos explicada en los tratados ni en las revistas dedicados a la tracción eléctrica. El resultado de esta investigación lo damos en la segunda parte de este trabajo, dedicada a la teoría de la línea aérea y descripción de la del Metropolitano, en la cual demostramos que los fenómenos de referencia son debidos a los rozamientos y defectos de construcción de las tomas de corriente que en un principio se utilizaron, y se traducen en que existe una diferencia notable entre el esfuerzo que éstas desarrollan en el sentido ascendente y el necesario para hacer descender las tomas de corriente.

En dicha segunda parte se ve claramente que en los vanos en los que se produce al paso de las tomas de corriente una contraflecha, al llegar éstas al punto alto tienden a mantenerse los frotadores en una horizontal, por no ser suficiente la presión de la línea