

ese patrimonio espiritual, que hay que cultivarlo con calor de hogar, se pierda al adoptar para nuestra venerada Escuela métodos automáticos y, por tanto, fríos.

Felizmente está al frente del Ministerio de Instrucción pública persona de alto nivel intelectual y gran sensibilidad moral, a la que seguramente harán mella las razones que acabo de exponer.

En mi concepto, el problema tiene fácil solución. Bastaría con que la designación la hiciera, como ahora, el Claustro, con carácter de propuesta razonada, y que la informase la Comisión creada en el Decreto con toda calma; pero la persona designada por el Claustro desempeñaría interinamente la cátedra, e incluso su actuación en el cargo se sumaría a los datos que reuniera la Comisión, para informar o rechazar la propuesta.

Esta solución la impondrá la realidad, pero sería mejor darle estado oficial con anticipación. Pensar

que pase un curso entero sin darse la asignatura de Puertos, o la de Ferrocarriles, o la de Hidráulica, o la de Ingeniería Sanitaria, etc., porque una Comisión muy escrupulosa invierta días y días en analizar cuidadosamente las condiciones científicas, técnicas y pedagógicas de los aspirantes, no es admisible. Además, ¿por qué la Comisión de los Cinco ha de ofrecer más garantías, en el acierto de la elección, que un Claustro de veinticinco personas selectas, consagradas a la enseñanza, que conocen a fondo los méritos de los concursantes y que tienen el máximo interés en llevar a su lado a personas de valer, que aumenten el prestigio de la Escuela de cuyo Claustro forman parte?

Y en la solución que propongo se suman ambas garantías: la del Claustro y la de la Comisión ratificadora.

Confío, por lo tanto, que será aceptada.

Vicente MACHIMBARRENA
Director de la Escuela de Caminos

Ataguías cimentadas en aluviones injectados

La S. A. Electra de Viesgo está en la actualidad construyendo un salto de agua en el río Navia, en la parte occidental de Asturias, que le suministrará 61 000 CV con que abastecer y mejorar sus antiguos mercados de las provincias de Santander, Asturias, Palencia y Lugo.

Los estudios para formalizar el proyecto de construcción empezaron el año 1933, sirviendo de guía el de concesión, estudiado por nuestro competente compañero D. Fernando Casariego.

El croquis general de la instalación es el señalado en la figura 1, forma clásica de los saltos de embalse

ESQUEMA DE VIESGO S. A.
PROYECTO DE OBRAS DE INGENIERIA.

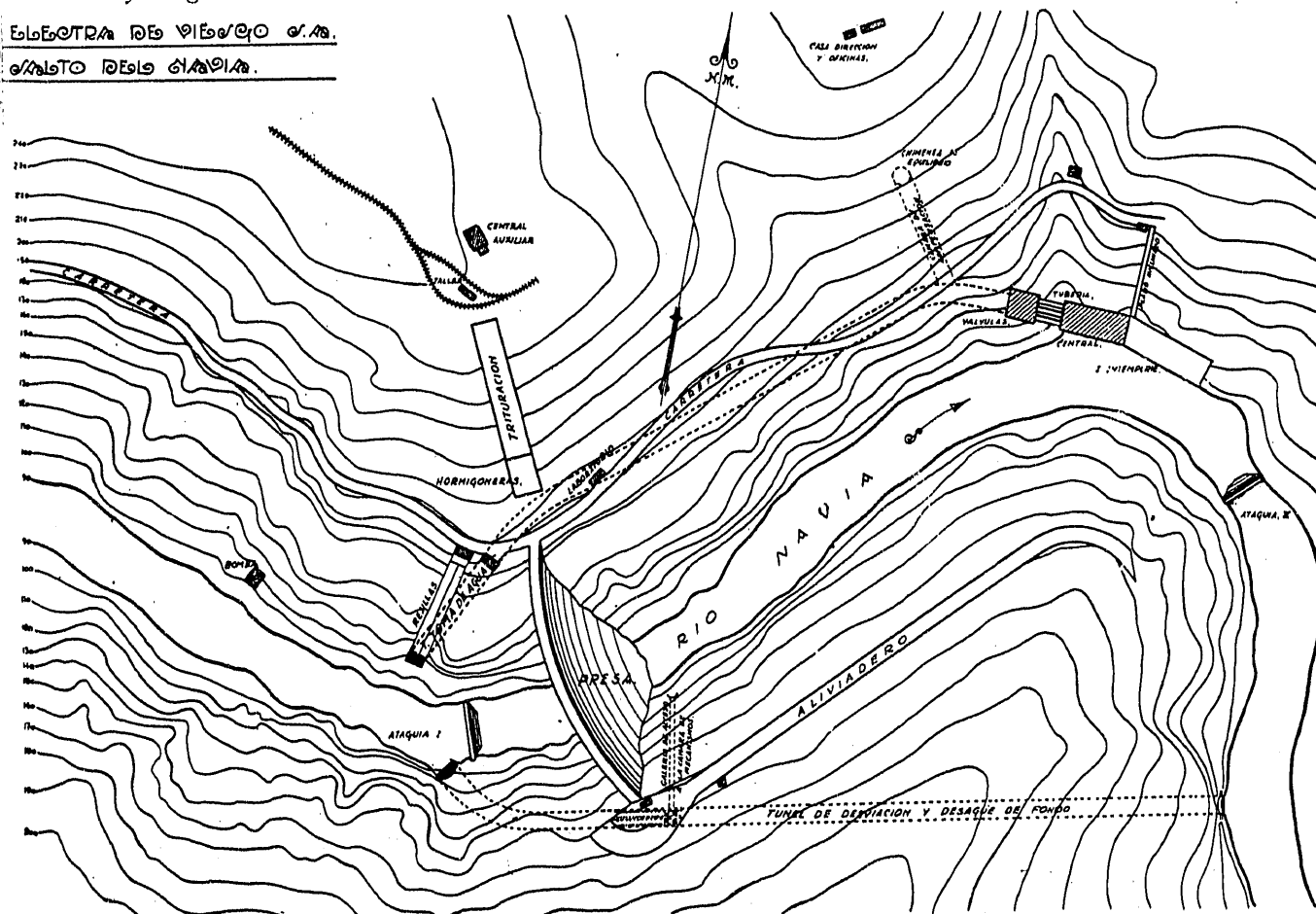


Fig. 1. Plano general.

en ríos de pequeña pendiente, y creemos no necesita ninguna explicación.

El trazado del túnel de desviación se hizo atendiendo a que tuviera una mínima longitud y a que la dirección de entrada del mismo coincidiera sensiblemente con el eje del río, permitiendo de esta manera un aprovechamiento completo de su capacidad de desagüe. El arranque del túnel es en curva, para dejar el espesor en roca necesario entre el mismo y el estribo de presa, determinado por consideraciones geológicas. El único inconveniente de este trazado es la pequeña distancia que resulta entre la boca de entrada y la ataguía y entre ésta y el paramento de aguas arriba de la presa, que hubiera dificultado la construcción de una contraataguía en caso necesario; bien es verdad que pocas veces le dan al ingeniero el terreno a medida de su gusto.

Por los sondeos verificados durante los años de estudios se llegó al conocimiento del perfil transversal del río, resultando una profundidad máxima de

var cimientos y rastrillo y hormigonar; la ataguía tenía, por tanto, que estar en servicio un invierno entero, dando paso al agua que no podía tomar el túnel de desviación; es decir, a más de 1 000 m³/s en crecidas extraordinarias, con un salto de las aguas desde la coronación hasta una profundidad variable (que dependía de la marcha de las obras), pero que, mirando la curva de aforos, se temía que fuera de 18 m, si tenían lugar las crecidas de primavera. Se comprende fácilmente que, por sus dimensiones y el servicio que tenía que prestar esta obra, de carácter provisional, había de tener las mismas garantías de seguridad que si fuese definitiva.

Desde luego, se desechó la solución de cimentar las ataguías directamente en roca, a cielo abierto, porque este procedimiento hubiera exigido la construcción de otras ataguías auxiliares, con análogos inconvenientes, quedando como únicas soluciones viables la de fundar con aire comprimido, que no era económica en este caso particular, y la adoptada, que es la si-

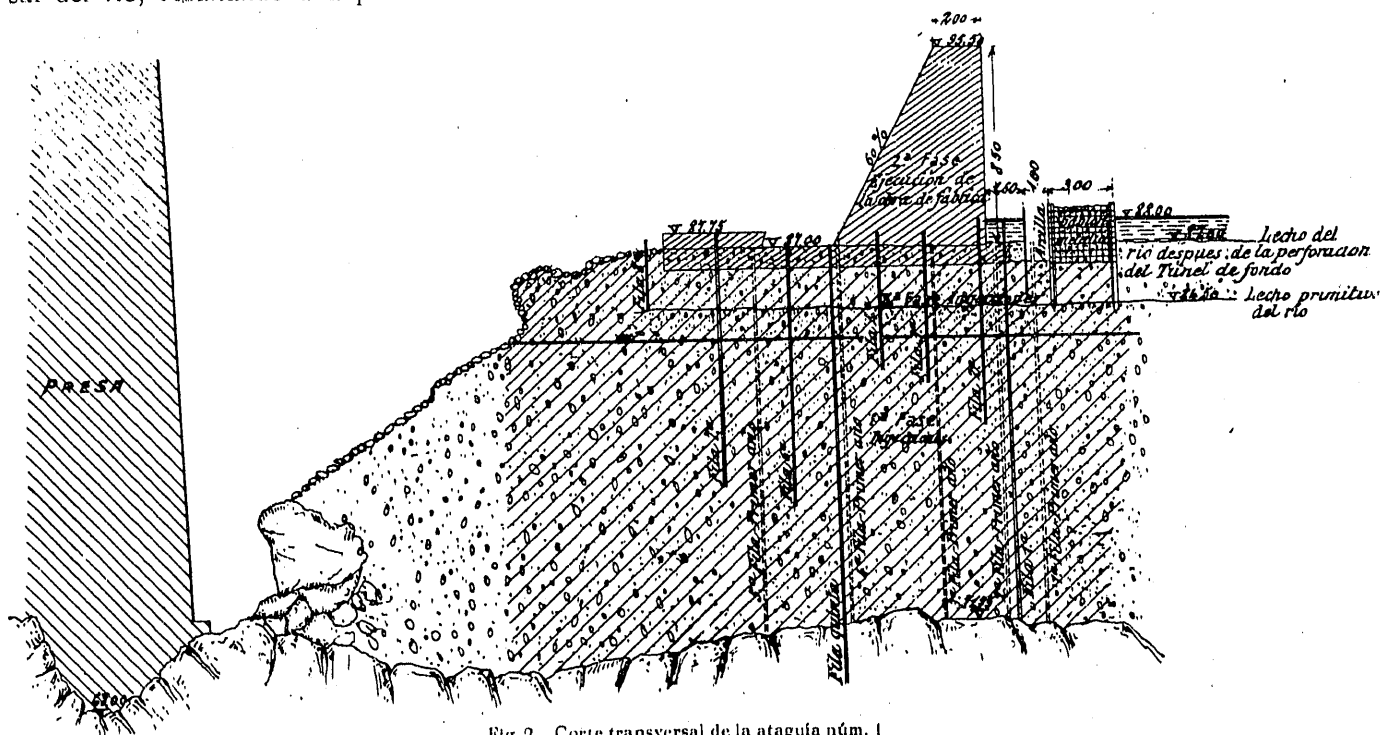


Fig. 2. Corte transversal de la ataguía núm. 1

aluviones de 13 m, sensiblemente igual en la ubicación de las dos ataguías y de la presa.

Las características del río son: un estiaje de veinte días, con una aportación mínima de 9 000 litros por segundo; crecidas ordinarias, de 500 a 1 000 metros cúbicos por segundo, y extraordinarias, de 2 000 metros cúbicos por segundo. Estas consideraciones fijan la importancia del desagüe del túnel de desvío y, en cierto modo, las dimensiones generales de la ataguía de aguas arriba. La sección del túnel de fondo permite dar paso a avenidas de 700 m³/s, con una lámina de aguas de 6,05 m—es decir, a boca llena—, y con una carga de agua de 2,45 m sobre la clave de paso a crecidas de 900 m³/s; de aquí quedó fijada la cota de la corona de la ataguía de aguas arriba, resultando ésta con una altura de 11 m sobre el primitivo lecho del río.

El plan de obra ponía a nuestra disposición un invierno y un verano para extraer todos los aluviones del río en la parte correspondiente a la presa, exca-

guante: inyectar cemento en el aluvión, debajo de las ataguías, para convertirlo en un bloque monolítico de hormigón, y sobre él levantar el perfil visto de las mismas.

Durante el período de proyecto de estas ataguías se pensó en la conveniencia de limitar la zona a inyectar con tablestacas metálicas, con objeto de evitar las pérdidas de cemento; pero puestos al habla con especialistas en inyecciones, nos convencieron de la poca importancia de las pérdidas en aluviones bastante comprimidos y con carga superior, desde luego despreciables en comparación con el elevado costo de las tablestacas y de su hincado.

La realización total de estas obras auxiliares comprende tres fases distintas:

1.ª Inyección del aluvión desde la roca del lecho hasta una cota 2 m más baja que el cauce; cota por encima de la que no se puede inyectar, pues fácilmente se comprende que casi toda la lechada se pierde. Al final de esta operación hay que igualar el lecho

del río de manera que quede una superficie lo más horizontal posible, que ha de servir posteriormente de asiento a la obra de fábrica.

2.^a Construcción de la obra de fábrica.

3.^a Inyección de la capa de aluvión no inyectado y soldadura con la fábrica ejecutada.

La Casa especialista encargada de las inyecciones de cemento es Ing. Giovanni Rodio y C.^a, de Milán.

Describiremos el proceso seguido para la ataguía de aguas arriba:

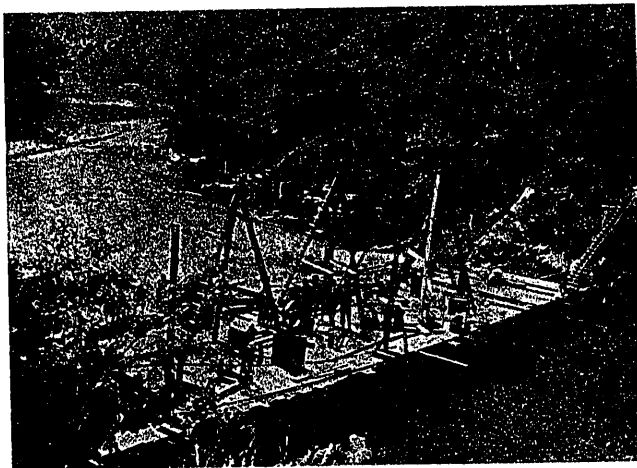
Se fijaron cinco filas de agujeros de inyección en sentido normal al río, estando la primera fila 2 m aguas arriba de la ataguía; la segunda fila, coincidiendo con la proyección del paramento; la tercera, a 3 m de la anterior, y las dos restantes, a 3,50 m y a 4 m de distancia. En la primera fila de agujeros, la distancia entre ellos era de 2 m; en la segunda, la misma, con los agujeros a tresbolillo con los anteriores, y en las restantes, variables de 3 a 5 m, según la marcha de la operación.

La preparación para la realización de la primera fase se reduce a fijar en el río un andamio que cubra una o dos filas de agujeros; estos andamios son planchas apoyadas sobre rollizos, que se apoyan en el fondo del cauce, y que soportan las cabrias, martinets y sonda de trépano, como se ve en la fotografía 2; este andamio se va desplazando a medida que se da por inyectada una faja de la zona, para pasar a la contigua.

Los agujeros para las inyecciones se hicieron con trépano, introduciendo casi simultáneamente tubos de tres pulgadas de diámetro, hasta llegar a la roca; dentro de este tubo se colocaba otro, de pulgada y media, que conducía la lechada a presión, y comenzaba la inyección, que escapaba por la parte inferior del tubo; cuando la presión llegaba a unas 90 atmósferas y el agujero no tomaba más lechada, se daba por terminada la operación a esa profundidad; se limpiaba el tubo y se subía (1 m en los de la primera fila y algo más en las restantes, según la marcha), y se volvía a inyectar hasta llegar a 2 m por debajo de

chos de dinamita colocados en el interior a la profundidad conveniente.

La distancia entre agujeros depende de la clase, tamaño y compacidad del acarreo, y para determinarla en cada caso particular basta hacer inyectar dos agujeros, separados la distancia que se crea a prime-



Fot. 2. Andamio desplazable para hacer las inyecciones

ra vista conveniente; una vez inyectados éstos, se hace un tercer agujero a la mitad de la separación entre los primeros, y del comportamiento de la inyección en él se deduce si la distancia elegida es la apropiada o las reducciones a que conviene someterla.

Las cantidades de cemento inyectadas en la primera fase fueron las siguientes:

Ataguía de aguas arriba

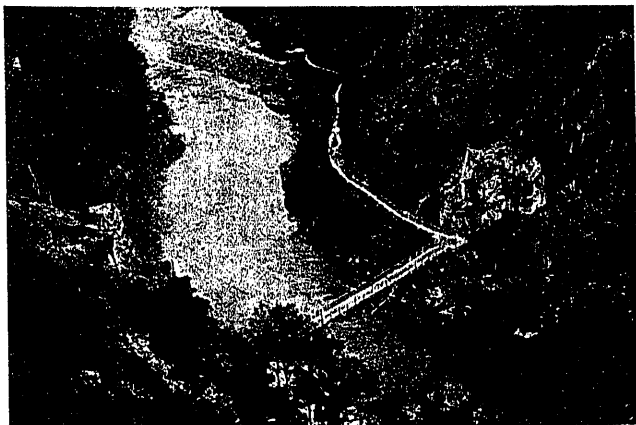
Fila 1. ^a	...	152 400 kg.
" 2. ^a	...	142 200 "
" 3. ^a	...	55 050 "
" 4. ^a	...	31 200 "
" 5. ^a	...	32 770 "
TOTAL		413 620 kg.

Ataguía de aguas abajo

Fila 1. ^a	...	14 350 kg.
" 2. ^a	...	23 550 "
" 3. ^a	...	9 400 "
" 4. ^a	...	29 450 "
" 5. ^a	...	15 191 "
" 6. ^a	...	19 300 "
" 7. ^a	...	24 250 "
TOTAL		135 491 kg.

Como se ve, en la ataguía de aguas abajo se hicieron dos filas más de agujeros que en la otra, por considerar que habían tomado poco cemento las cinco primeras y asegurar la impermeabilidad. Con esto quedaron terminados todos los trabajos de la primera fase.

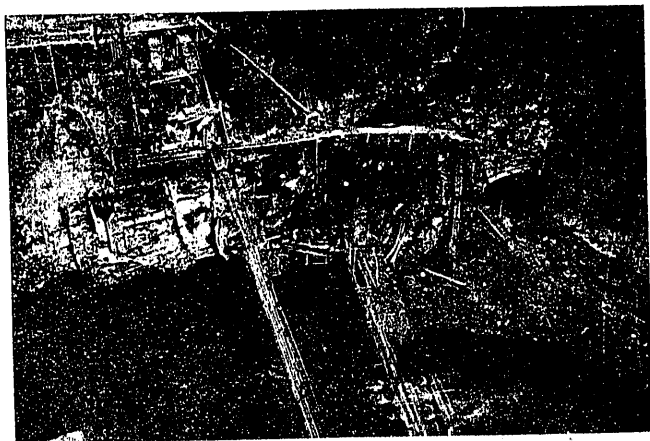
Durante la segunda fase se construyó la ataguía vista, es decir, la parte de fábrica, empleando para esta operación y la siguiente toda la primavera y el verano de 1930. El primer paso para construir el perfil adoptado fué la desviación del río por el túnel, que servirá después de desagüe de fondo; para lograr este objeto se empezó hincando dos filas de carriles, separadas 2,80 m y a 2 m unos de otros; en el recinto que limitaban se colocó un gavión metálico, construido *in situ*, que se empezó a rellenar por los estribos,



Fot. 1. Paraje donde se construyó la ataguía de aguas abajo, antes de comenzar los trabajos de inyección

la superficie, en que se daba por terminada la inyección. De esta manera se recuperó siempre la tubería, pero exigía más tiempo; en vista de lo cual el trabajo se terminó inyectando con tubería de pulgada y media, que se perdía, y para inyectar a distintas profundidades se iba rompiendo el tubo con medios cartu-

cortando poco a poco el paso de la corriente, hasta que, relleno completamente, desvió el río casi en su totalidad, excepción hecha de las filtraciones que lo atravesaban. Entre la cara de aguas abajo del gavión y una fila de tablestacas de madera, hincadas como buenamente se pudo, quedó un recinto, que se rellenó



Fot. 3. Comienzo del relleno detrás del gavión

de arcilla para constituir una pantalla, y disminuyó de manera considerable las filtraciones, permitiendo ejecutar la obra de fábrica. En la fotografía 3 se aprecia claramente el principio del relleno del gavión.

Unos 70 cm aguas abajo del tablestacado se construyeron dos recintos de sacos, que limitaban la superficie de contacto de la parte de ataguía de fábrica con el aluvión, más una superficie de unos 4 m de ancho, para que quedara hormigonada a modo de zapata; la cota superior de los sacos era 0,50 m por encima de la lámina de agua. Estos recintos estaban separados entre sí 1,20 m, dejando un canal de desagüe para la pequeña filtración que aún existía (figura 3); en ellos se hincaron los tubos que más tarde sirvieron para la inyección de la tercera y última fase. Se recogieron las filtraciones con una tubería con

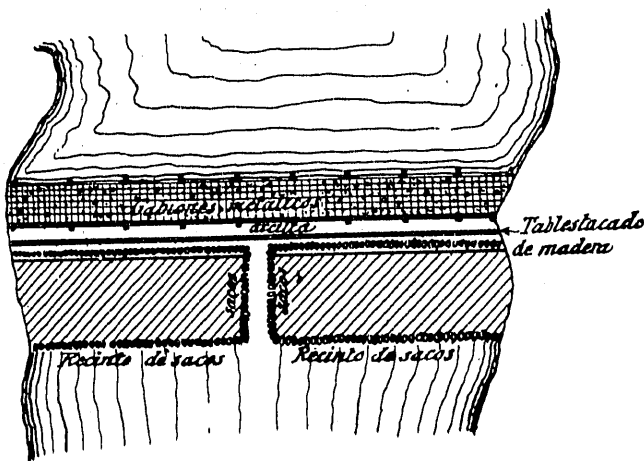


Fig. 3. Disposición en planta de la ataguía núm. 1

llave y se procedió a la construcción de la fábrica de la ataguía sin ninguna dificultad.

En la última fase se procedió a inyectar las filas de tubos existentes para consolidar la parte última de aluvión, que se dejó en la primera fase, y soldar el acarreo con la parte de fábrica. Se terminó el trabajo haciendo algunos agujeros de prueba, que lle-

gaban incluso a la roca, y cuando se vió que no tomaban cantidades apreciables de lechada a presiones de 60 atmósferas, se dió por terminado el trabajo.

En la fotografía 4 se ve la ataguía de aguas abajo terminada y completamente en seco la parte de río que se deseaba.

En la tercera fase se inyectaron las siguientes cantidades de cemento:



Fot. 4. La ataguía de aguas abajo después de terminada

Ataguía de aguas arriba

Fila 1. ^a	...	246 100 kg.
" 2. ^a	...	77 150 "
" 3. ^a	...	99 050 "
" 4. ^a	...	59 150 "
" 5. ^a	...	183 650 "
" 6. ^a	...	109 171 "
" 7. ^a	...	11 800 "
TOTAL	...	786 071 kg.

Ataguía de aguas abajo

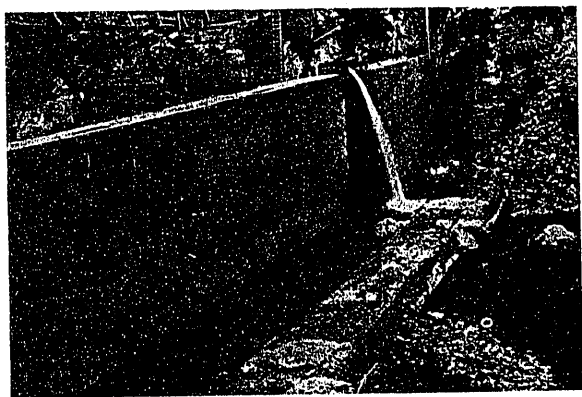
Fila 1. ^a	...	212 150 kg.
" 2. ^a	...	66 650 "
" 3. ^a	...	35 200 "
" 4. ^a	...	184 450 "
" 5. ^a	...	59 430 "
TOTAL	...	557 880 kg.

En total, se inyectaron:

Ataguía primera	...	1 199 691 kg.
Ataguía segunda	...	693 371 "
TOTAL DE CEMENTO	...	1 893 061 kg.

Los resultados fueron verdaderamente satisfactorios. En la fotografía 5 se ve el chorro de la bomba de agotamiento de las filtraciones de las dos ataguías, que se reunían en la parte más baja del terreno, y que se evaluaron en 80 l/s; también se ve en ella el gavión metálico. En la fotografía 6 se vuelve a ver la importancia de las filtraciones y la entrada del túnel de desviación durante una crecida ordinaria.

Se trabajó prácticamente en seco durante toda la excavación para las fundaciones, como se puede apreciar en la fotografía 7, donde se ve la ataguía por la parte de aguas abajo, y la zapata de hormigón que recibía el choque del agua, que en las crecidas extraordinarias pasaba por encima de la ataguía; inmedia-



Fot. 5. Ataguía de aguas arriba y ataguía provisional, septiembre 1931

tamente debajo se notan los acarrees consolidados y la parte más baja de los acarrees no interesados fuertemente por las inyecciones. Para el servicio de agotamiento se emplearon dos bombas de 80 l/s, estando una de ellas parada, como reserva.

Desde luego, se ha observado que en el fondo del río la compacidad del acarreo y su formación dificultaba muchísimo, aun a grandes presiones, la admisión de la lechada, que quedaba localizada quizá a medio metro del agujero, mientras ocurría todo lo contrario en la capa superior de aluviones que se inyectaron en la tercera fase.

El éxito nos favoreció, pero no dejamos de comprender que hubiera sido sencillo el no haber tenido la filtración de 80 l/s; la causa de ella fué la siguiente: al hacer los sondeos para determinar el perfil de la roca del cauce, en la situación de las ata-



Fot. 6. Una crecida ordinaria entrando por el túnel

guías, se hicieron, en realidad, bastante espaciados, y llegamos a tener el convencimiento de que todo el acarreo del cauce era homogéneo, y al hacer la excavación nos encontramos con que en el estribo izquierdo (sitio de la fuga) teníamos grandes bloques desprendidos de la ladera, de volúmenes de

más de 2 m³, con grandes huecos no rellenos de acarreo menudo y que daban paso al agua; estos bloques, no señalados en el perfil transversal, los consideramos como superficie de la roca sana, y los tubos de inyección se detuvieron al llegar a ellos, quedando ese pequeño trozo sin inyectar, que era el que daba paso a la filtración. Se debe, para evitar esto, hacer próximos los sondeos al determinar los perfiles, entrando en la roca 4 ó 5 m, para

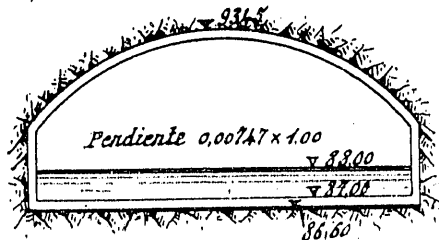
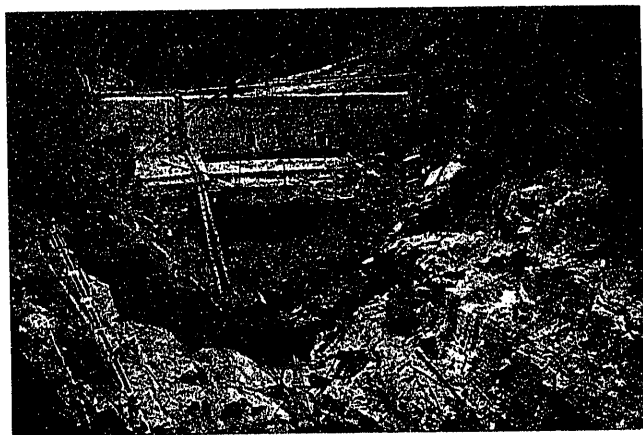


Fig. 4. Sección del túnel de fondo

asegurarse del terreno que se pisa, en la seguridad de que nunca su coste será dinero perdido.

El coste total de las dos ataguías terminadas ha sido 1 094 293,53 pesetas. Se consolidaron aproximadamente 11 310 m³ de aluvión, correspondiendo, a cada metro cúbico de acarreo inyectado, 167 kg de cemento; en los estudios se supuso que esta cifra sería de 200 kg.

Del resultado económico sólo dos palabras: Si hubiéramos tenido que construir las dos ataguías directamente sobre la roca del lecho del río habría habido que levantar dos verdaderas presas, una de 24 m y otra de 15 m (aguas arriba y aguas abajo, respectivamente), que cubicaban unos 14 000 m³ de hormigón, que a 60 pesetas hubieran importado 840 000 pesetas; además hubiéramos tenido que extraer (te-



Fot. 7. Vista de la excavación para la presa inmediata a la ataguía I

niendo en cuenta los taludes) 20 000 m³ de acarreo y transportarlos 400 m, elevándolos a 20 m por término medio, lo que representa una cifra de 140 000 pesetas; y contando, por último, preparación de fundaciones y estribos en roca llegamos a que el precio a que han salido nuestras ataguías es el mismo a que hubieran resultado hechas en un cauce seco; por tanto, el resultado técnico y económico ha sido verdaderamente satisfactorio.

Isidoro FONTANA
Ingeniero de Caminos.