



DIRECTOR-DELEGADO
JAIME FONT MAS

Plaza de Tetuán, 2, 4.º, 1.ª
Teléf. 1127 S. P. - BARCELONA

TÉCNICA

REVISTA
TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL



ÓRGANO OFICIAL
DE LA
ASOCIACIÓN DE
INGENIEROS IN-
DUSTRIALES DE
BARCELONA

Año XLV

Febrero 1922

Núm. 38

Las grandes instalaciones de fuerza hidráulica de Tremp y Serós de la "Barcelona Traction Light & Power Co."

Por el Ingeniero A. HUGUENIN, Director de la A. G. ESCHER WYSS & Co. de Zurich

HAN transcurrido ya varios años desde que el malogrado Ingeniero Dr. F. S. PEARSON, con una clarísima visión del brillante porvenir que para una gran entidad, representaría el suministro de energía eléctrica a Barcelona, y de modo general a toda la comarca fabril catalana, fundó la «Barcelona Traction, Light & Power Co.», sociedad destinada a realizar los magnos proyectos que aquel privilegiado cerebro concibiera.

La nueva entidad trabajó sin descanso para llegar a transformarse en un gran núcleo suministrador de energía eléctrica, a cuyo efecto adquirió la importante Compañía Barcelonesa de Electricidad y otras diez centrales de menor importancia, situadas en las cercanías de Barcelona.

Las centrales de vapor que había en la ciudad, fueron destinadas a servir en lo sucesivo como centrales de reserva, y se emprendió la adquisición de grandes concesiones de derechos de aguas, que habrían de permitir, dado la economía relativa de la fuerza, reducir los precios de la corriente,

lo que se traduciría en un considerable aumento de consumo de la misma.

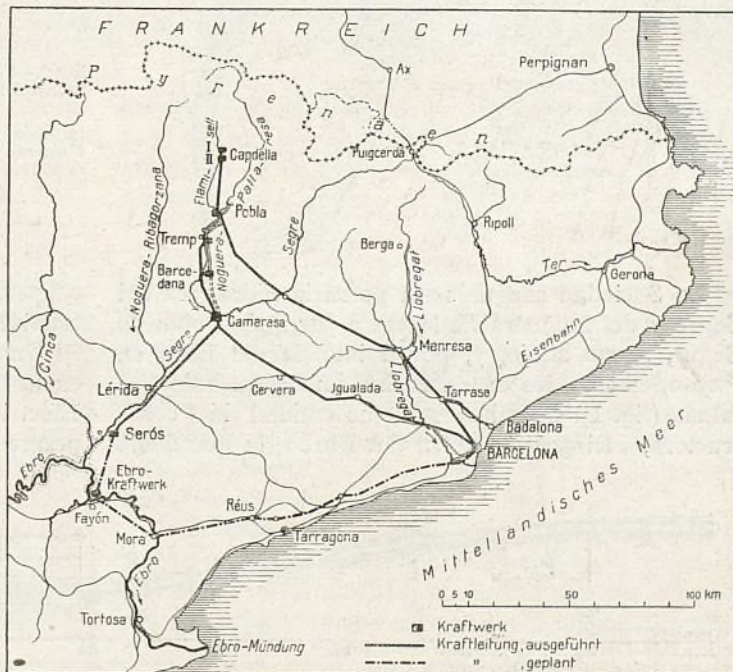


Fig. 1.—Mapa de Cataluña con las Centrales que alimentan Barcelona y las líneas de transporte de alta tensión.



Fig. 2.—Vista total tomada desde el NO, de la presa de San Antonio y de la Central de Tremp; ribera derecha del Noguera Pallaresa en dirección de Barcedana.

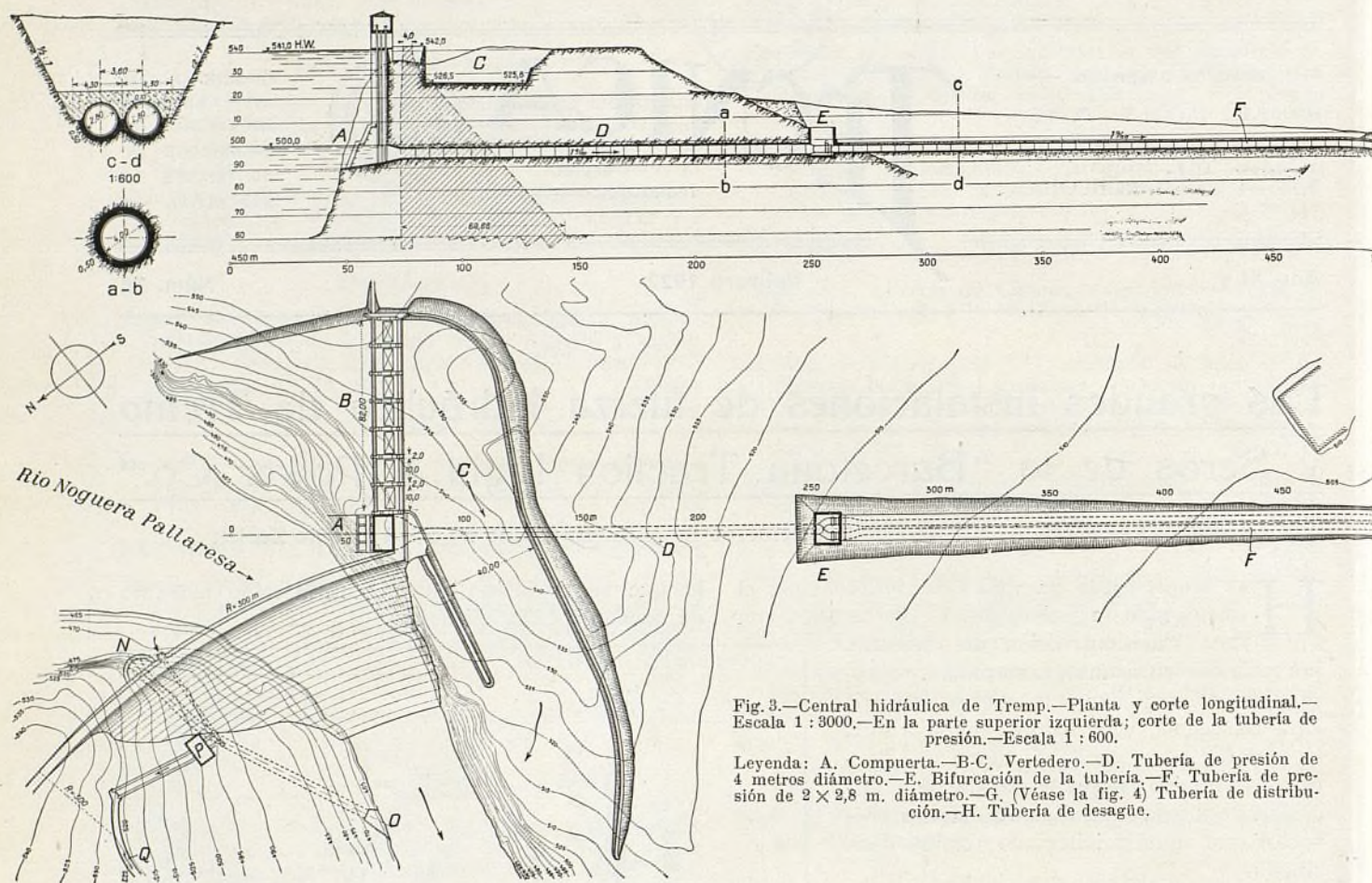


Fig. 3.—Central hidráulica de Tremp.—Planta y corte longitudinal.—Escala 1 : 3000.—En la parte superior izquierda; corte de la tubería de presión.—Escala 1 : 600.

Leyenda: A. Compuerta.—B-C. Vertedero.—D. Tubería de presión de 4 metros diámetro.—E. Bifurcación de la tubería.—F. Tubería de presión de 2 x 2,8 m. diámetro.—G. (Véase la fig. 4) Tubería de distribución.—H. Tubería de desagüe.

La Sociedad aseguró la potencia hidráulica del Segre y del Noguera Pallaresa a partir de Pobla de Segur, aguas abajo, y, por último, la del Ebro en Fayon, esto es, los caudales más importantes de Cataluña (fig. 1). Constituyóse como entidad filial constructora, «Riegos y Fuerza del Ebro», la que debía

ocuparse exclusivamente de la construcción de la totalidad de los saltos anteriormente nombrados.

Una Sociedad de competencia que trabajaba casi exclusivamente con capital francés, la «Energía Eléctrica de Cataluña», comenzó, tan pronto empezaron a divulgarse los proyectos del Dr. PEARSON,

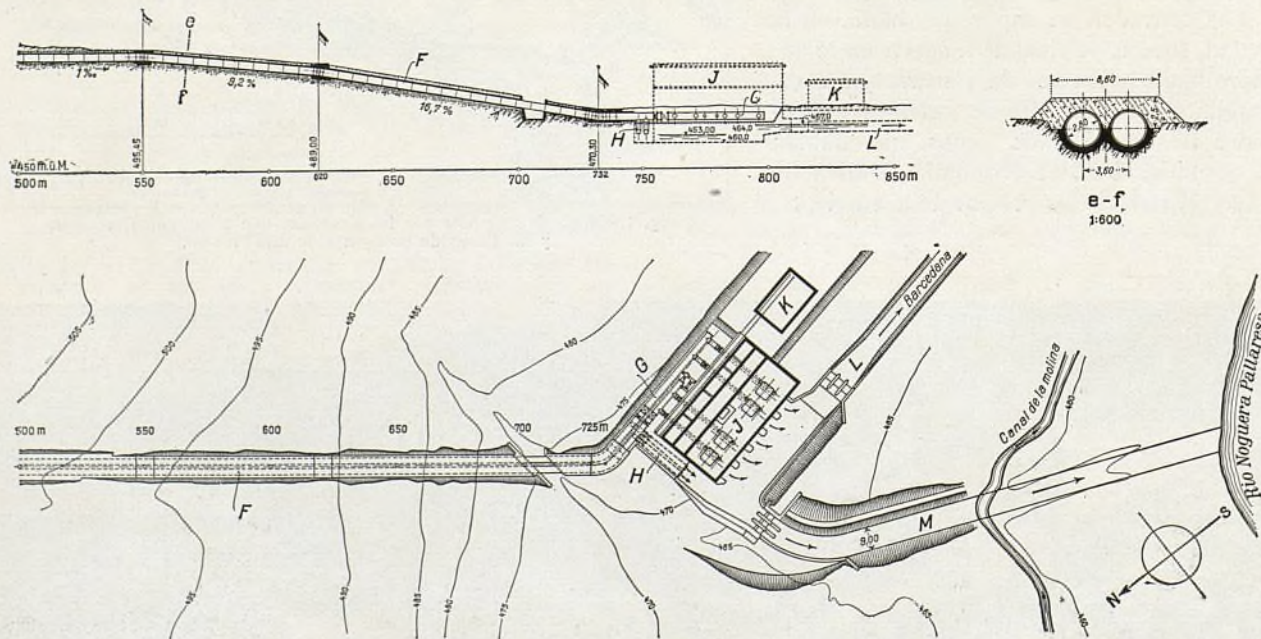


Fig. 4.—Planta y parte interior del corte.—Escala 1 : 3000.—En la parte superior derecha corte de la tubería de presión.—1 : 600. Leyenda, (Continuación): J. Casa de máquinas.—K. Taller de reparaciones.—L. Canal hacia Barcedana.—M. Canal inferior.—N. (Fig. 3 a la izquierda). Entrada del canal de desvío.—O. Desembocadura del mismo.—P. Casa de bombas.—Q. Canal para los riegos legales.

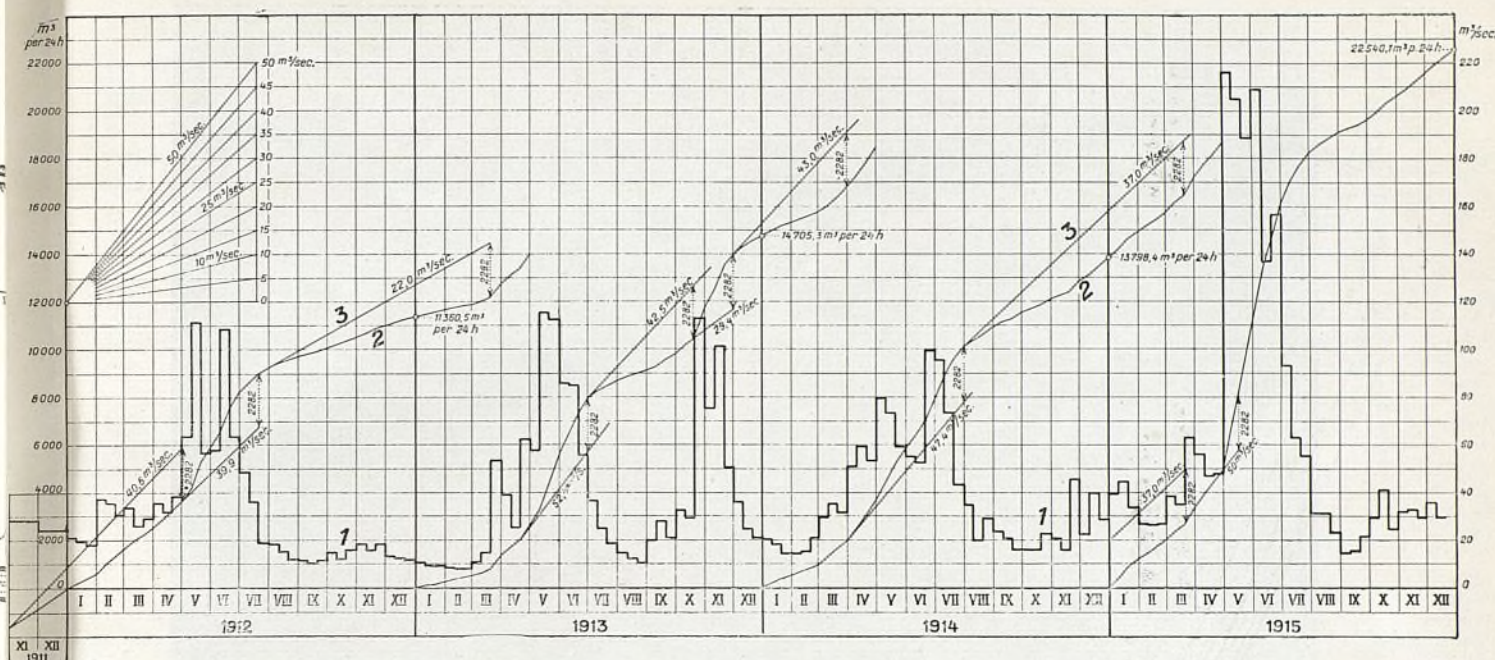


Fig. 5.—Diagrama del caudal del Noguera Pallaresa en los años 1912 hasta 1915 con y sin el muro de embalse San Antonio.
Curva 1: Caudal por segundo en medias de cada 10 días, deduciendo el agua para regadío.—Curva 2: Cantidad anual de agua circulada, (curva de integración).—Curva 3: Caudal máximo por segundo con la utilización completa del volumen embalsado por la presa de San Antonio de 197,4 millones de metros cúbicos correspondientes a 2,282 metros cúbicos-día (entre las cotas 500 a 540).

la construcción de la Central hidráulica del Flami-sell, en Capdella, cuya concesión había previamente adquirido. Ambas entidades lograron casi al mismo tiempo llevar a cabo la distribución en Barcelona, de la corriente obtenida en sus Centrales hidráulicas.

La entidad francesa erigió anteriormente una Central térmica en Badalona, población situada sobre la costa, en la parte nordeste de Barcelona. Esta Central térmica alimentó su red de distribución, hasta que lo pudo hacer su Central hidráulica.

Existe, además, en Barcelona, una tercera entidad dedicada, en menor escala que las dos nombradas, a la distribución de energía eléctrica, la «Sociedad Catalana de Gas y Electricidad», que poseía ya una Central térmica en el interior de la ciudad y actualmente construye una gran Central hidráulica en el Run, sobre el río Esera, y además está ter-

minando la construcción de una importantísima Central movida por turbinas de vapor, en San Adrián, sobre la costa, a muy pocos kilómetros de Barcelona.

Y, volviendo sobre el tema de las concesiones de la Sociedad PEARSON, diremos que sus construcciones fueron divididas en tres grupos, siendo el del medio el primero en realizarse por ser el que requería trabajos menos importantes. Este grupo se halla formado por la instalación de *Serós*, cuya maquinaria puede producir unos 60.000 caballos. Se aprovecha el desnivel del Segre, desde Lérida hasta unos 30 kilómetros aguas abajo de la ciudad, obteniéndose un salto útil de 50 metros.

Los trabajos empezaron en Diciembre de 1912, y el primer generador pudo ya suministrar corriente a Barcelona en Abril 1914, quedando en Julio del propio año completamente terminada la referida Central.

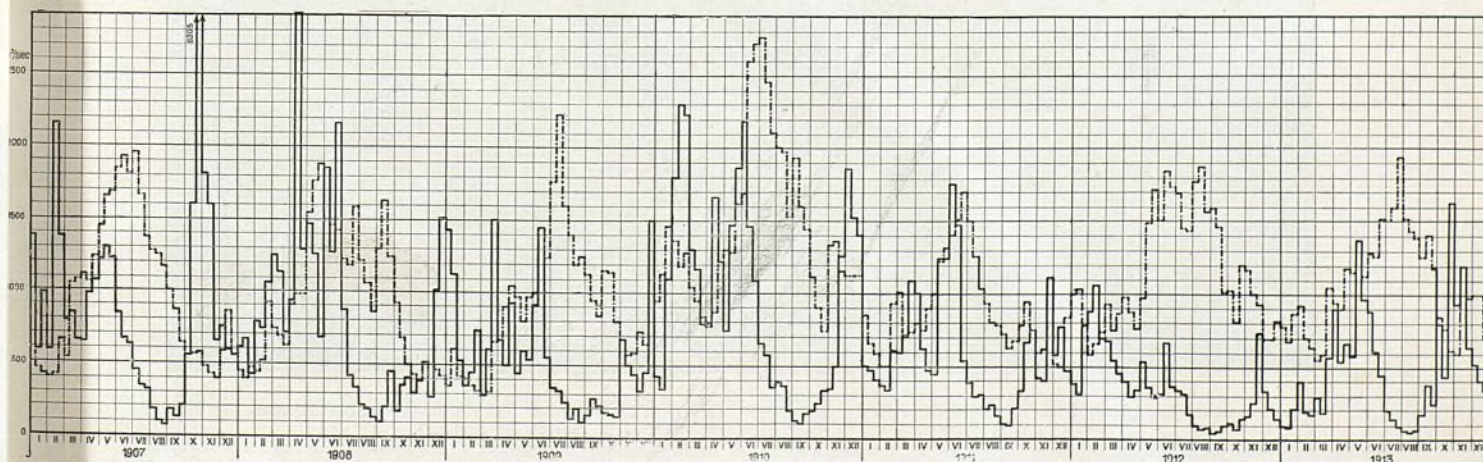


Fig. 6.—Diagrama comparativo del caudal del Ebro en Fayón (—) y el del Rhin en Basilea (----)



Fig. 7.—Vista desde Poniente del emplazamiento de muro de contención de San Antonio al empezar los trabajos. A la izquierda en la parte superior la fábrica de cemento.

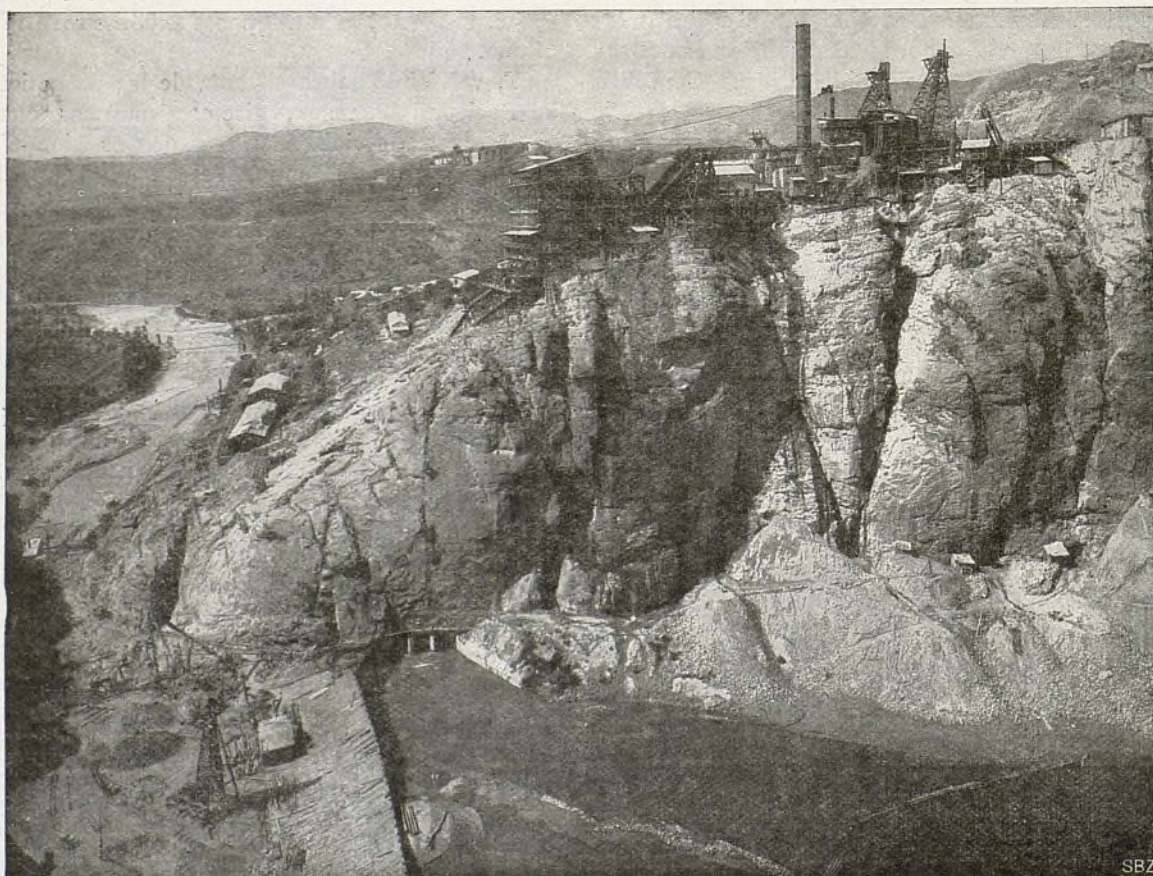


Fig. 8.—Vista del emplazamiento del muro de presa desde el Este. Muro para la desviación del río en la entrada del canal de desvío, a la derecha y en la parte alta del barranco la fábrica de cemento.

E
en e
resa
y tra
utiliz
dos
la ot
L
a só
mien
encu
cha
E
zado

por
gítu
poter
La n
será
repre
alcan
E
la ca
la tu
Esche
pág.
te al

N
D. Fra
los di

El segundo grupo, cuya terminación tuvo lugar en el año 1917, utiliza el embalse del Noguera Pallaresa por medio de una presa de 80 metros de altura, y trabaja con un salto de unos 150 metros que será utilizado en dos partes aproximadamente iguales, en dos centrales de 50.000 H.P. la una y 60.000 H.P. la otra.

La Central superior se halla enclavada en Tresp, a sólo un kilómetro de distancia de la presa (fig. 2), mientras que la inferior, denominada *Barcedana*, se encuentra a unos 18 kilómetros más abajo de dicha presa.

El tercer grupo, cuya construcción no ha empezado todavía, requiere el embalse del Ebro en Fayón,

po, se encargó también a la mencionada casa el suministro de las compuertas, tubería de presión y turbinas, de la Central de Tresp.

Además, la casa *Escher Wyss & Co.* suministró toda la tubería de presión y las cinco turbinas tangenciales que, con un salto de 580 metros, producen 8.800 caballos cada una, turbinas que la entidad francesa mencionada al principio de este trabajo, instaló en su Central de Capdella, en el Flamisell.

Asimismo han sido encargadas a la casa *Escher Wyss & Co.* las turbinas que, con un salto de 135 m., producen 10.000 caballos cada una y que la «Catalana de Gas y Electricidad» ha montado en su Central de Seira. Además de dichas turbinas, fueron

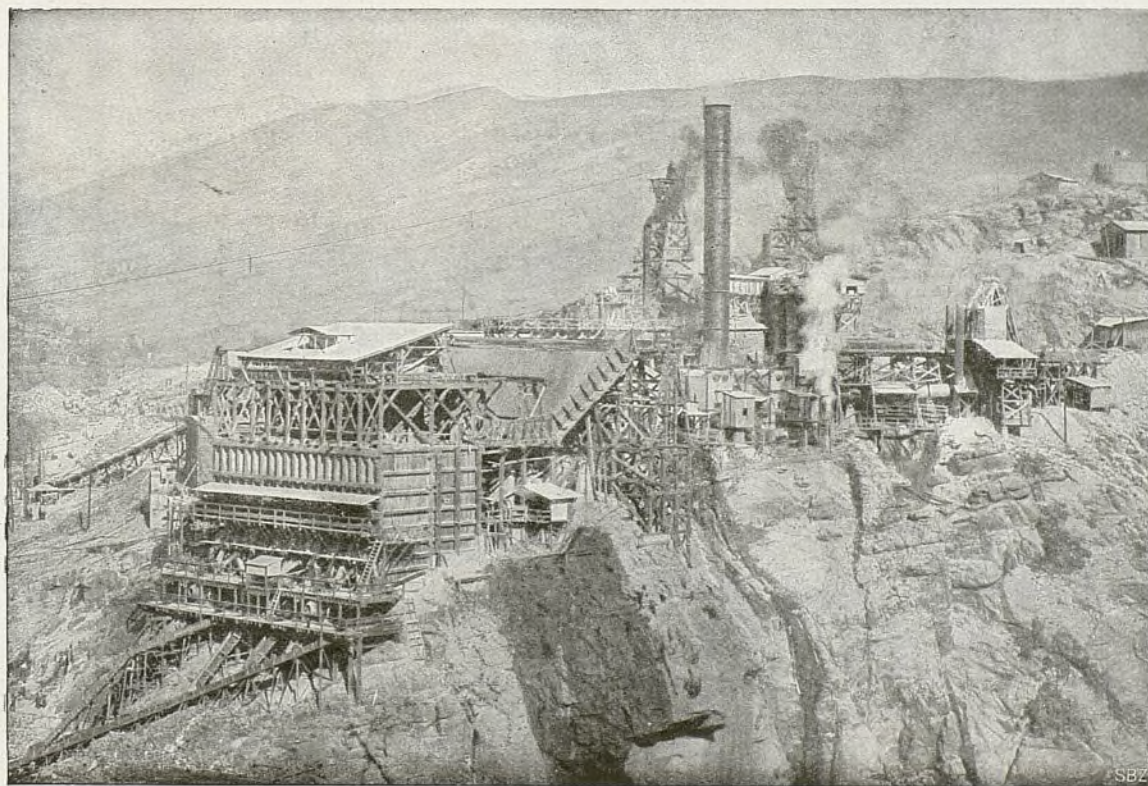


Fig. 9.—Conjunto de la instalación para la preparación del hormigón para la construcción del muro San Antonio (26 de Septiembre de 1913).—Canteras detrás de la fábrica de cemento. Trituradores y clasificadores en el centro, a la derecha la fábrica de cemento, a la izquierda almacenes de cemento y arenas (aún sin la cubierta), y en la parte inferior la batería para mezclar el hormigón con descarga al canal de conducción al punto de empleo.

por medio de un muro de unos 240 metros de longitud y 60 de altura. La Central deberá producir una potencia mínima continua de 150.000 caballos-día. La maquinaria de que dicha Central estará provista, será capaz para producir 300.000 caballos, lo que representa una potencia que ninguna Central europea alcanza en la actualidad.

El suministro de toda la instalación mecánica de la casa de turbinas de la Central de Serós, así como la tubería de presión, corrió a cargo de la casa *Escher Wyss & Co.*, de Zurich (Véase el Tomo LXIV, pág. 213 del «*Schweizer Bauzeitung*» correspondiente al 4 de Noviembre de 1914). Para el segundo gru-

también suministradas las tuberías de presión y de distribución de dicha Central de Seira, que, como ya hemos indicado anteriormente, se halla emplazada sobre el río Esera.

La totalidad de la empresa del Dr. PEARSON en España ha sido dirigida por el Director General señor A. W. K. BILLINGS, con residencia en Barcelona, el que, además, ha dirigido personalmente los trabajos de la Central de Tresp. Su sucesor, a partir de 1917, fué el Sr. HARRO HARSÉN. La dirección de los trabajos de la instalación de Serós fué confiada al Director de Construcciones Sr. F. W. ABBOT, quien fijó su domicilio en Lérida.

NOTA DE LA REDACCIÓN. — Creemos de justicia hacer notar la parte importantísima que nuestro distinguido compañero D. Francisco Vives Pons, representante en España y Portugal de la casa *Escher Wyss & Co.* de Zurich, tuvo en la resolución de los difíciles problemas técnicos que surgieron en la realización de estos grandes trabajos.

I. Central hidráulica de Tremp

Las figs. 3 y 4 muestran la disposición general de la instalación, con un corte del muro de presa, y detalles de las compuertas, de la tubería de presión, y de la casa de máquinas.

Describamos primero el muro de presa de Talarn, denominado de San Antonio.

Este muro, que es de hormigón, tiene 84 metros de altura, 203 metros de longitud en la corona y su gran masa constituye un solo cuerpo. Permite un

regulares, que fueron respectivamente de 14.705 y 13.798 metros cúbicos-día.

Fué 1915 año de abundantes lluvias, llegando el caudal a 22.548 metros cúbicos-día (un metro cúbico-día es igual a un metro cúb. por segundo durante 24 horas, esto es, igual a 86.400 metros cúbicos).

En estas cifras no está comprendida el agua que se debe destinar a riegos, de modo que nos dan el caudal disponible para la producción de fuerza mo-

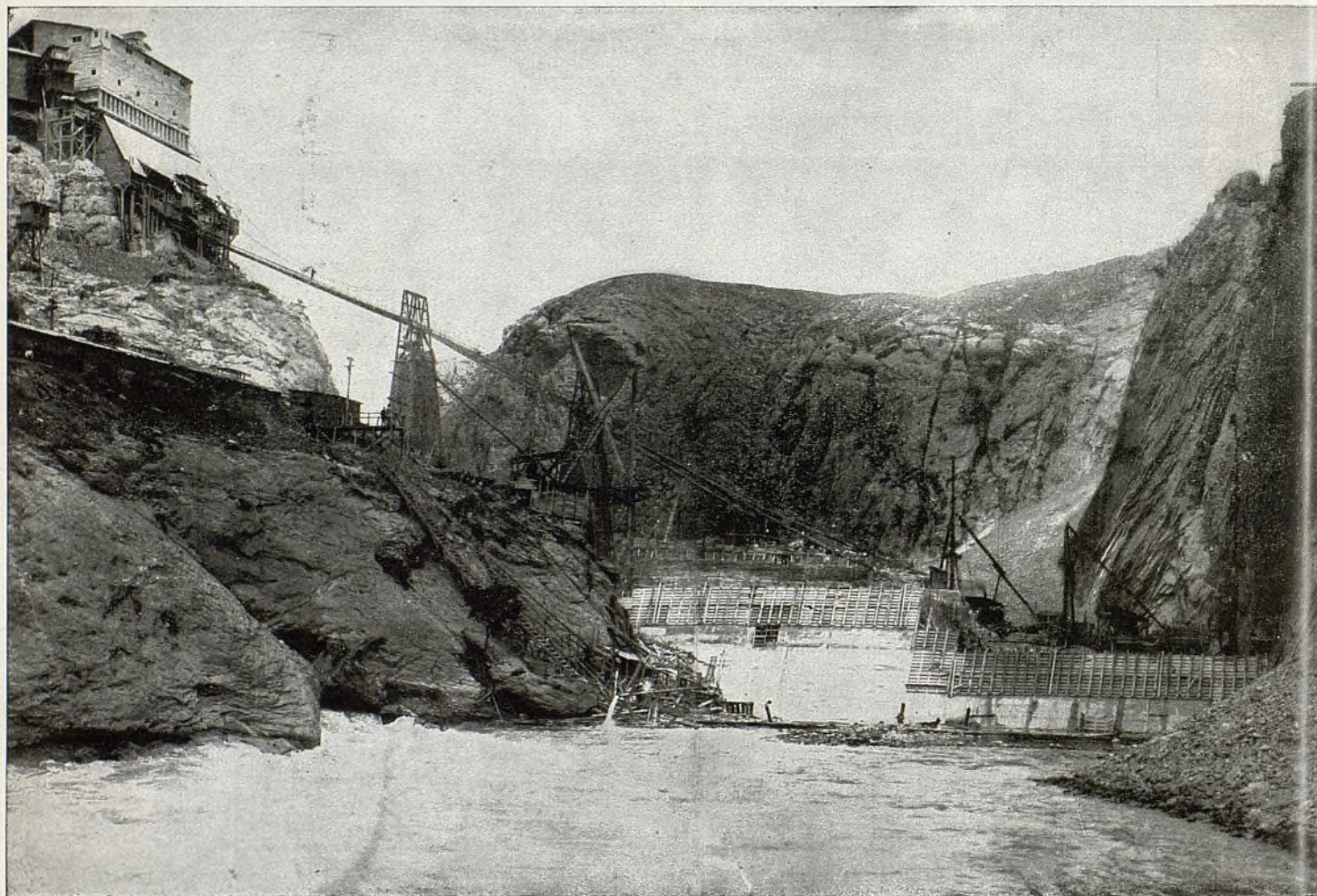


Fig. 10.—Estado de la construcción del muro San Antonio en Junio de 1914, visto de aguas abajo. A la izquierda, la desembocadura del canal de desvío, y encima, la instalación del hormigón con edificio depósito, y canal de transporte al punto de su colocación.

embalse hasta la cota 540, máximo hasta la 541, lo que representa una longitud de embalse de unos 11 kilómetros, esto es, desde Poblá hasta la presa. La capacidad de embalse es de 197,4 millones de metros cúbicos, admitiendo un descenso máximo de 40 metros hasta la cota 500.

El diagrama representado en la fig. 5, pág. 23, nos indica el caudal del Noguera Pallaresa antes y después de su regulación por el dique de Talarn, desde 1912 a 1915. Como puede apreciarse, fué el año 1912 de gran sequía llegando el caudal-día, sólo a 11.360 metros cúbicos.

En los años 1912 y 14 se obtuvieron caudales

triz. Resalta inmediatamente, a la vista de estos datos, la enorme diferencia entre el caudal de aguas máximas y mínimas. La curva está trazada según los caudales medios de diez días. Debemos hacer notar, sin embargo, que durante unas horas, por ejemplo en una avenida sufrida en 1913, el caudal alcanzó 900 y hasta 1000 metros cúbicos por segundo.

Estas grandes avenidas son características de todos los ríos de la vertiente sur de los Pirineos y, en consecuencia, todos ellos presentan una gran diferencia de caudal entre aguas bajas y altas, lo que principalmente es debido a la carencia casi absoluta de arbolado en los valles superiores, que mo-

tiva
que
paso
A
no s
pes
recip
escal
Abri
algun
el m
S
balse
de c
nivel
que
tendr
sequi
cúbic
rante
bicos
mien
de s
cual
cauda
CI
de de
des e
para
ras. I
de la
rante
duran
29,4
En
creci

SBZ

Fig. 12.—
compuer
d

tiva el descenso directo del agua de lluvia que no encuentra ninguna resistencia a su paso.

Además, en la parte baja de los valles, no se encuentran, como ocurre en los Alpes, lagos naturales que formando grandes recipientes regularizan, en mayor o menor escala, el caudal de los ríos. Cada año, de Abril a Junio hay un período de crecidas y algunas veces se notan también crecidas en el mes de Noviembre.

Supongamos, para fijar ideas, que el embalse se llene completamente en cada período de crecidas, y que se deba vaciar hasta el nivel inferior durante el espacio de tiempo que media hasta las crecidas próximas. Así tendremos que, para el año 1912, de mucha sequía, el caudal hubiera sido de 40,6 metros cúbicos-segundo durante 4 meses, 39,9 durante dos meses y medio, y 22 metros cúbicos-segundo en los 5 1/2 meses restantes, mientras que, sin el embalse, hubo un período de sequía de 5 meses, en el transcurso del cual sólo se tenían 13 metros cúbicos de caudal por segundo.

Claro está, que el caudal efectivo depende de la carga de la Central. Estas cantidades están solamente calculadas teóricamente para caudales constantes durante las 24 horas. En 1913 el caudal se hubiera regulado de la manera siguiente: 22,0 m. segundo durante 2 1/2 meses; 41,0 durante 1 mes; 52,4 durante 2 1/2 meses; 42,5 durante 3 1/2 meses; 29,4 durante 1 1/2 mes, y 43,0 durante 1 mes.

En el referido año de 1913 hubo dos períodos de crecidas, de manera que el embalse se hubiera lle-

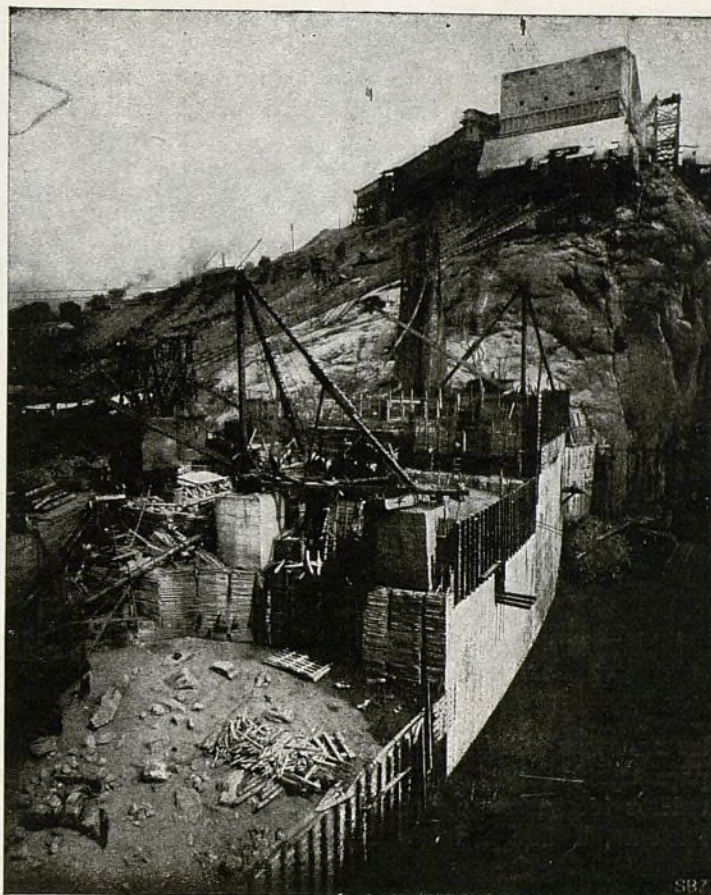


Fig. 11.—Vista de la toma de agua en el cuerpo de hormigón del muro de embalse.—A la derecha en el fondo, principio de construcción del pozo de derrame en la entrada del canal de desvío.

nado dos veces. Esto hubiera sido particularmente ventajoso en el año 1914, que hubiera dado los siguientes caudales: 43,0 metros-segundo durante los 3 primeros meses; 43,4 durante los 4 meses de crecida. Como el período de aguas bajas que siguió, apenas hubiera dado lugar a ninguna disminución pronunciada del caudal normal, se hubieran podido obtener 37,0 metros-segundo para los 5 meses restantes. El año 1915 fué de gran abundancia, con una época de crecidas muy pronunciadas desde Mayo hasta Julio.

Los cuatro turbo-generadores de la Central de Tremp absorben, con salto máximo y a plena admisión, 72 m³-segundo, pero este caudal no hubiera sido suficiente

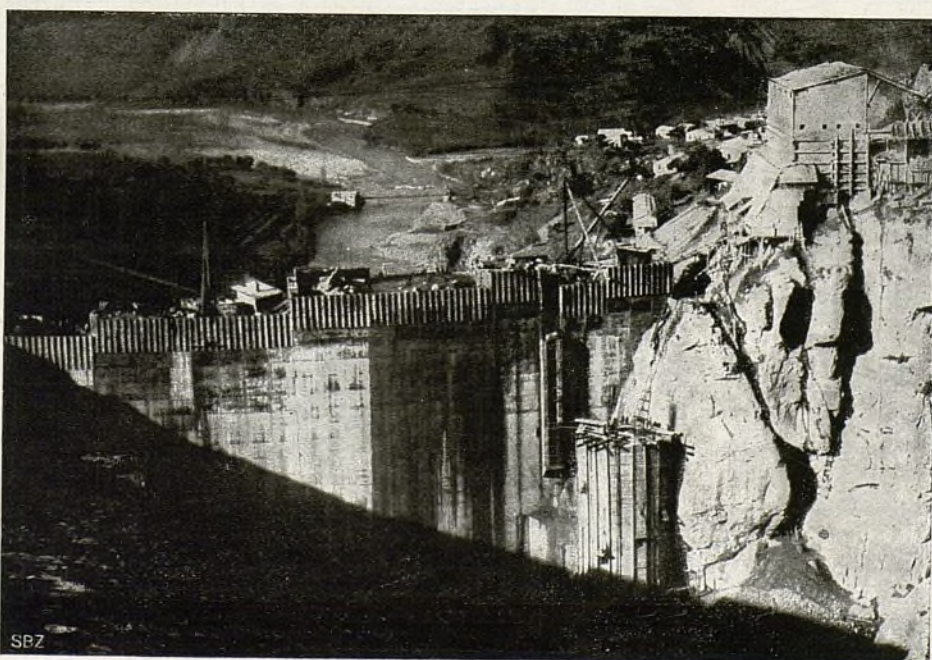


Fig. 12.—Muro de embalse visto de aguas arriba. A la derecha en la parte baja el pozo de derrame con compuertas de entrada para regular la velocidad de embalse. A la izquierda junto a este pozo, la toma de aguas para la instalación de regadíos de la orilla derecha (P-Q en la fig. 2, Pág. 1).

para utilizar toda el agua y, como demuestra el diagrama, hubiera pasado una gran cantidad por el vertedero. De lo que precede se deduce claramente, que se deben prever salidas bien estudiadas para

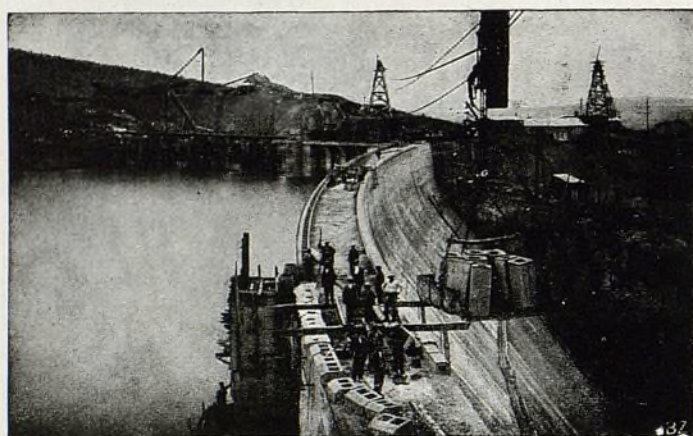


Fig. 13.—Corona del muro de presa en 25 de Mayo de 1916 vista desde la orilla derecha opuesta a la toma de agua y del vertedero.—Transporte de bloques de cemento por medio de un cable aéreo.

las aguas en avenidas tan considerables, y esto explica también, que el Estado exigiera que los vertederos fueran capaces para 2000 m³-segundo. Más adelante, hallará el lector más datos y detalles re-

ferentes a las disposiciones adoptadas a este efecto.

Para dar una idea lo más clara posible de las variaciones que sufre el caudal del Ebro a unos 80 kilómetros de su desembocadura, se indican en el diagrama (fig. 6, pág. 23) los caudales en un período de 7 años, desde 1907 a 1913. Es de observar especialmente, el gran período de avenidas de Octubre-Noviembre de 1907 que, en una media de 10 días, da el enorme caudal de 8.305 m³-segundo, después de un período de estiaje de sólo 80 m³-segundo.

Con seguridad que el Estado exigiría que la disposición de los aliviadores fuese por lo menos para el doble del máximo caudal citado. Estos pocos datos apuntados han de bastar sin duda, para dar una idea de las grandes dificultades con que se tendrá que luchar para el aprovechamiento de la hulla blanca en Cataluña.

Muy interesante ha de resultar una comparación de nuestros ríos con los suizos, a cuyo efecto hacemos figurar en el diagrama de la fig. 6 el diagrama correspondiente al Rhin en Basilea. Ello permitirá, de manera clara, comparar las variaciones que el Ebro experimenta con las del mencionado río suizo. Mientras que la relación entre el caudal de las crecidas y los estiajes llega en el Ebro a 20:1, como término

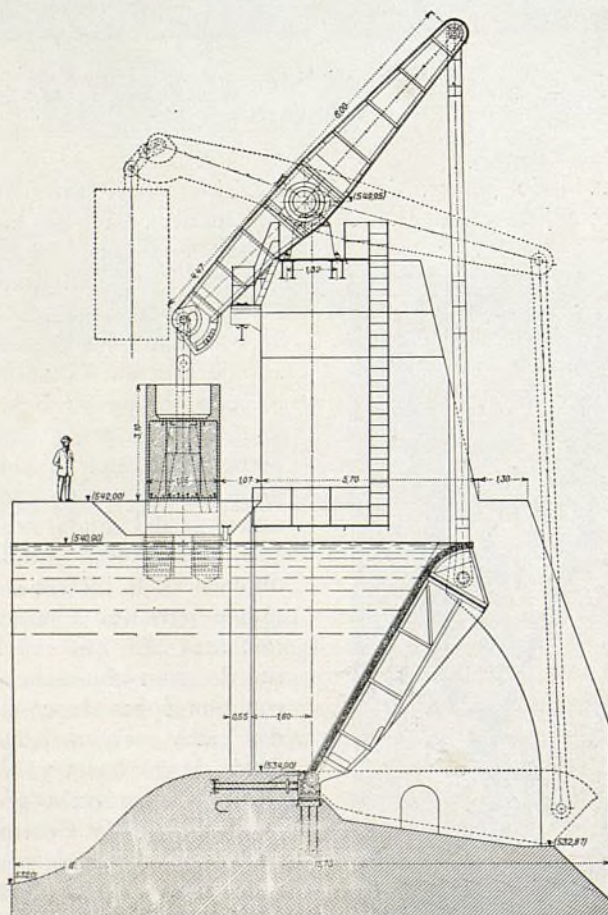
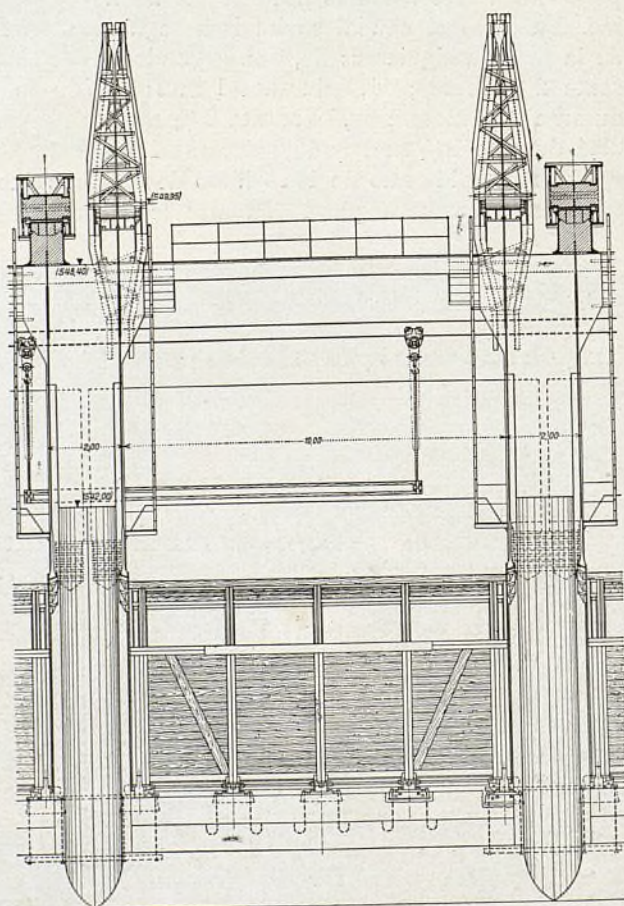


Fig. 14.—Corte y fig. 15 vista desde aguas abajo de una de las compuertas automáticas con doble palanca y contrapeso de hormigón 1:200. Apoyo de las dobles palancas sobre apoyos en forma de consola, construidos encima las cabezas de los pilares. Vía suspendida para el transporte de los durmientes de las compuertas.



medio, y 100:1 como máximo, para el período de 1903 a 1913, en el Rhin no pasa de 4,1:1 por término medio y 9:1 como máximo. Esta muy especial característica de los ríos españoles obliga a adoptar disposiciones en concordancia, como se hizo en la presa de Talarn.

El muro de presa se halla emplazado en la parte más angosta del valle (fig. 7, página 24), y sus extremos se apoyan en la roca desnuda que hay en ambos lados. En planta presenta forma de arco con un radio de curvatura de 300 metros. El corte responde a la condición de que, para el embalse completo, la presión del muro sobre la cara que mira al embalse debe ser mayor que la presión estática; el muro así proyectado tiene un volumen igual a 270.000 m.

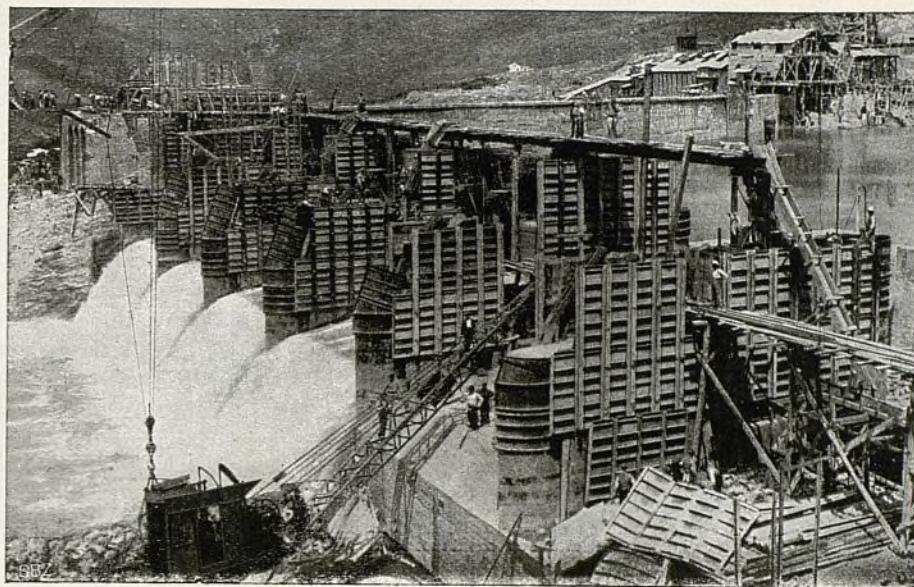


Fig. 16.—Obras de la instalación para desagüe vistas desde el SO, durante la avenida del 24 de Mayo de 1916. Los pilares de las compuertas automáticas tienen aún el maderamen de construcción.

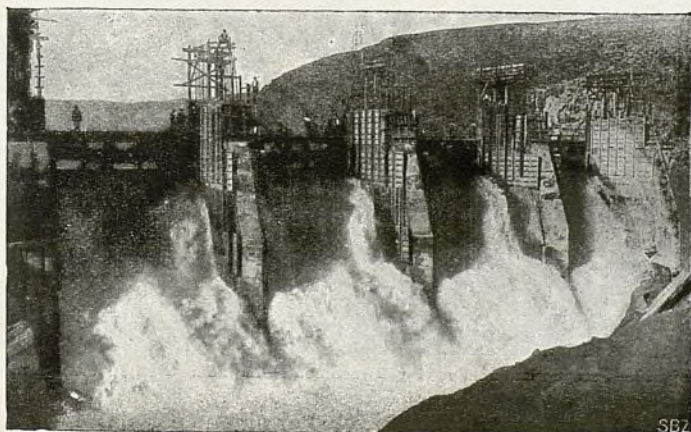


Fig. 17.—Derrame sobre las compuertas provisionales.



Fig. 18.—Compuertas en situación horizontal durante el montaje protegidas por compuertas de madera. En el plano de las compuertas fijas. Compuertas núms. 4 y 7 colocadas ya en su arista de giro.

Se trata, pues, de un muro que resiste simplemente por su propio peso, sin tomarse en cuenta la mayor resistencia que ofrece su forma de bóveda rígida.

La presión máxima en las fundaciones, con embalse completo (cota 541,0), es de 8,13 kg./cm. en la cara de aguas arriba y 18,65 kg./cm. en la de aguas abajo, y con una altura de nivel de 500,0, la presión aguas arriba es de 17,55 y la de aguas abajo aún es de 2,23 kg./cm.

Las obras preliminares para este enorme embalse fueron muy importantes. En la orilla derecha y junto al emplazamiento de la presa de Talarn o San Antonio, se levantó una fábrica de cemento capaz para una producción de 320 toneladas en 24 horas; la producción total para las obras que la Sociedad proyectó en las cercanías de Tremp era de 120.000 toneladas. Para la época en que la construcción del muro de presa requería mayor cantidad de hormigón, se acumuló un stock muy importante de cemento. Se fabricó un cemento especial de lento fraguado, que es lo que requieren estas grandes masas de hormigón.

A principios de 1913 empezaron los trabajos, con la construcción de la fábrica de cemento y la perforación de un canal de derivación (figs. 8 y 10), y puesto que citamos este canal, vamos a describir brevemente el procedimiento empleado para obturarlo, cuando el muro estuvo construido. Como puede verse en las figs. 11 y 12, que representan el muro visto de la parte de aguas arriba, se construyó en la entrada de la galería una torre semi-circular (N en la fig. 3), cuya altura alcanzaba la cota 510,0. A varios metros

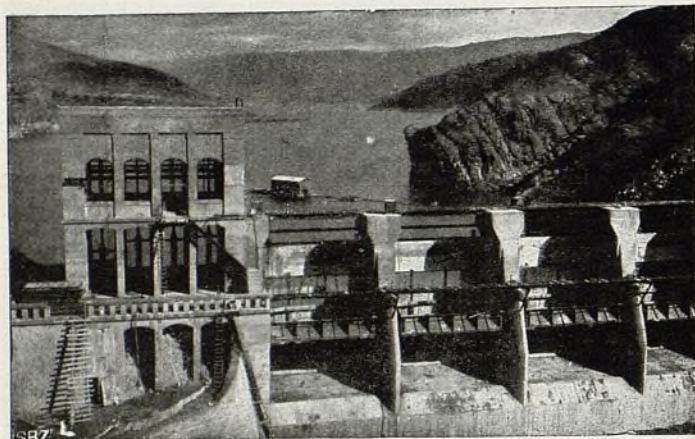


Fig. 19.—Obras de la instalación del aliviadero y casa de servicio construida sobre la toma de agua, terminada en su parte, de mampostería. Entramado de hierro de las compuertas colocado en situación inclinada para asegurar el derrame en caso de avenida. El mecanismo de movimiento no está aun montado.

sobre la entrada de la galería, se dejaron dos grandes aberturas en la torre, delante de las cuales podían colocarse compuertas de madera, ya preparadas, en unos marcos o guías de hormigón semejantes a las compuertas de los diques. Además, en varias alturas había otras aberturas que podían ser cerradas desde la parte superior por dispositivos de maniobra adecuados. Por este medio se podía regular a voluntad la subida del nivel del agua. El borde superior de la torre tenía la forma de vertedero para que, en caso de alguna avenida, el nivel del agua no sobrepasase en mucho de dicho borde.

Para mayor seguridad, dejóse una abertura de 6 m. en el muro de la cota 480. En la cota de 496 se encuentra la embocadura de la tubería de presión, que se tenía completamente terminada.

Para el cierre, debía esperarse un estiaje del menor caudal posible. A fines de Enero de 1916 se alcanzó el mínimo deseado, con un caudal de 20 m³-segundo y se colocaron las mencionadas compuertas de madera, y, protegidos por ellas, se llenaron de hormigón las dos aberturas correspondientes



Fig. 21.—Desembocadura del desagüe aguas abajo de la presa en Mayo de 1916.

lo más rápidamente posible, mientras que el nivel del agua empezó enseguida a elevarse. Así que el nivel alcanzó las aberturas de las placas inferiores púdose dejar paso otra vez al agua.

Gracias a las disposiciones adoptadas pudo mantenerse el nivel del embalse a la altura que convenía para la obturación, dando salida al caudal del río por las aberturas graduables mencionadas.

El desagüe auxiliar de la cota 480 fué cerrado e inmediatamente fué conducida el agua por la tubería de presión, y la de desagüe en marcha a vacío, hacia la casa de máquinas. Entonces quedó en seco la galería de derivación y pudo obstruirse el tercio superior de modo definitivo por medio de hormigón echado desde arriba. La parte difícil quedaba ya solucionada. El acabado del muro de presa podía ya hacerse a medida que subía el nivel, de modo que las avenidas próximas podían ya desbordar por el vertedero.

Finalmente, se tapó la parte restante de la galería, esto es, los dos tercios de la parte de aguas

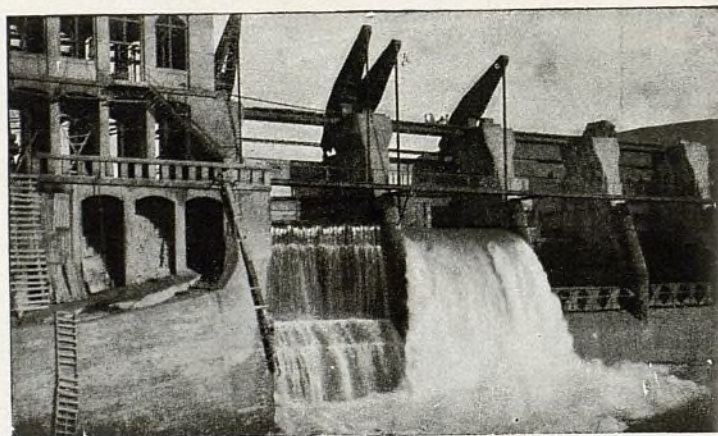


Fig. 20.—Compuertas número 1 y 2 montadas.—La núm. 2 en funcionamiento.

abajo, introduciendo el hormigón por la entrada correspondiente a dicha parte.

Volvamos ahora a la descripción de las obras. Como queda dicho, hay que disponer un vertedero capaz para un caudal de 2.000 m³-segundo. A este objeto se establecieron siete compuertas automáticas en la orilla izquierda, en la prolongación de la corona del muro. Cada una de estas compuertas tiene una anchura igual a 10 metros por 6 de altura y son del sistema «Stauwerke A. G.» (fig. 13 a 20, págs. 28-30). Cada una de estas compuertas está equilibrada por medio de una palanca de dos brazos que descansa sobre unos pilares y que lleva unos contrapesos de hormigón.

La combinación de la forma de las compuertas, del desplazamiento del punto de apoyo de la doble palanca y de la posibilidad de variar la longitud de la palanca por la parte del contrapeso, permiti-



Fig. 22.—Muro de la casa de bombas.

te al-
tuacio-
de ag-
ción o-
Las o-
sido o-
resulta-
segura-
cación-
El

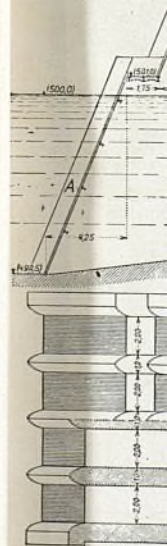


Fig. 23.—Corte de rejillas finas y compuerta pequeña y descenso.

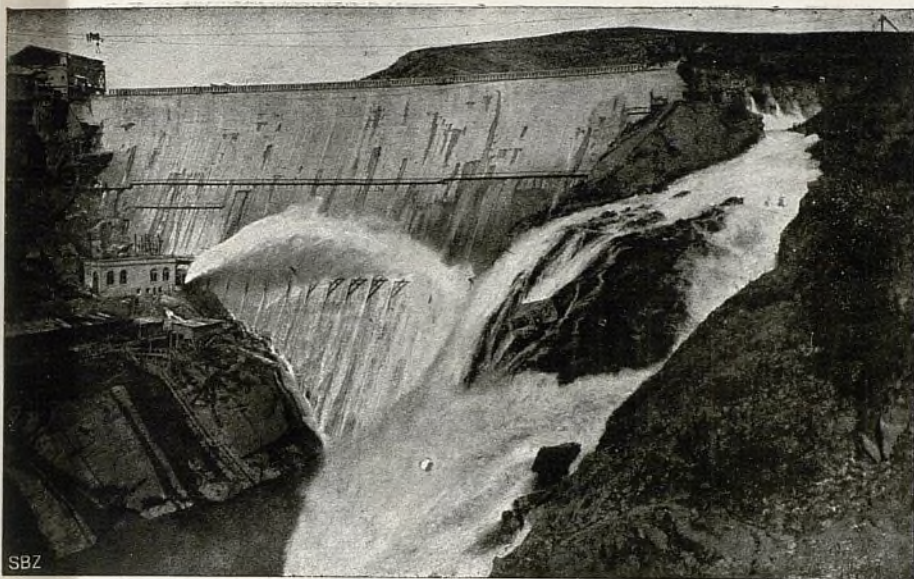


Fig. 22.—Muro de presa con derrame de avenida en 5 de Julio de 1916. A la izquierda a media altura la casa de bombas para los riegos (P. en la fig. 3) con la válvula abierta para dejar salir momentáneamente el agua.

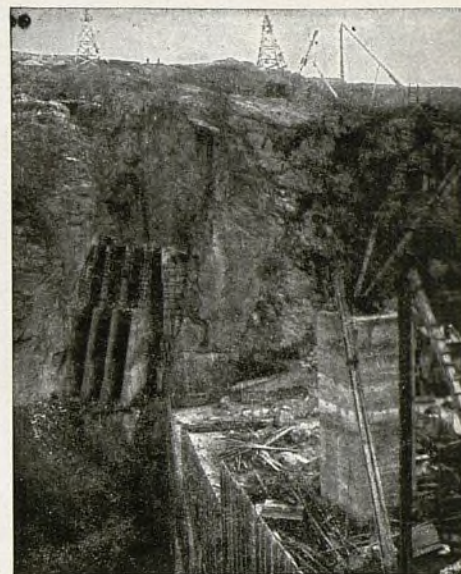


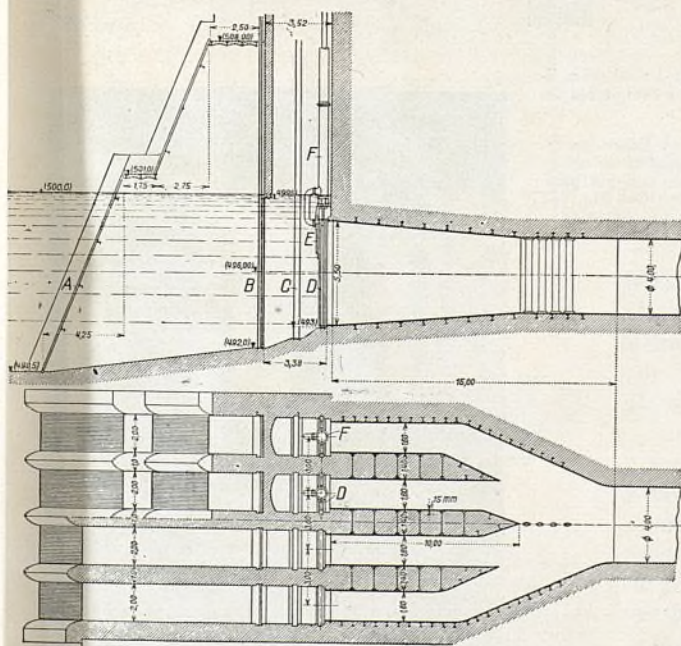
Fig. 24.—La toma de agua del muro de embalse S. Antonio en construcción.

te alcanzar un equilibrio completo en todas las situaciones de la compuerta, hasta el máximo paso de agua a través de la misma. La máxima elevación de nivel garantizada es únicamente de 15 cm. Las compuertas automáticas de este sistema han sido emplazadas ya en varias instalaciones, dando resultados inmejorables, y su empleo se extenderá seguramente hacia un más extenso campo de aplicación.

El agua que pasa a través de las compuertas

vuelve al río, a poca distancia del muro, siguiendo un corte práctico de la roca (figs. 21 y 22).

La Central de Tremp se halla situada a una distancia de unos 800 metros del muro de embalse y utiliza un salto máximo de 70 metros y mínimo de 30. Gracias a que el terreno más abajo del muro no es accidentado, se tiene un trazado relativamente plano de la tubería de presión. Por otra parte, como debe poderse tomar un máximo de 60 m³-segundo de agua del pantano, se requiere



Cámaras de toma de agua de Tremp.

Fig. 23.—Corte.—Escala 1:400.—A. Rejilla fija de paso ancho.—B. Rejillas finas móviles.—C. Dormientes.—D. Compuerta de cierre.—E. Pequeña compuerta para la puesta en carga.—F. Tirante para el ascenso y descenso de la compuerta.—T. Tubo de aire para la presión neumática.

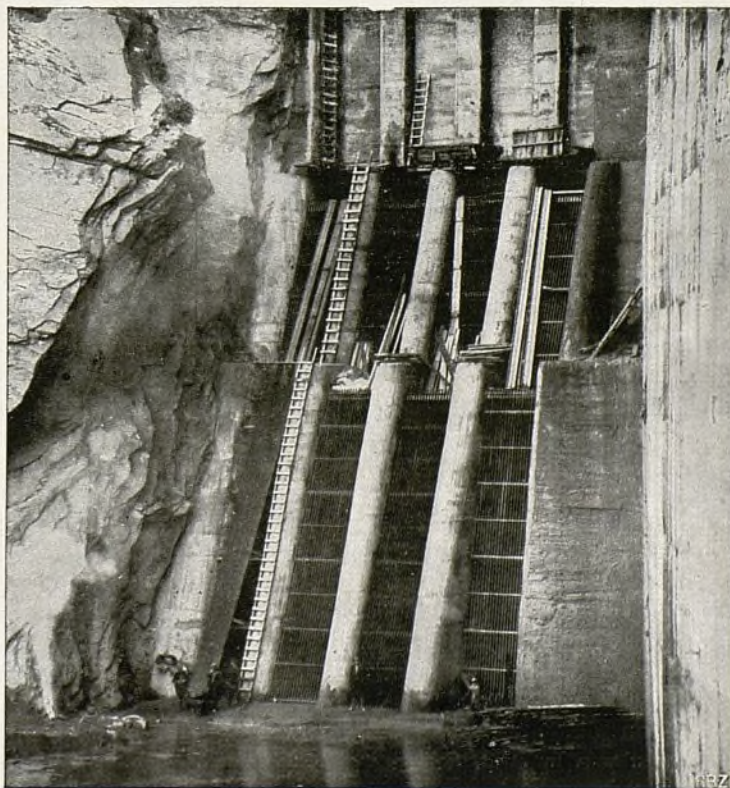


Fig. 25.—Rejilla de paso ancho.

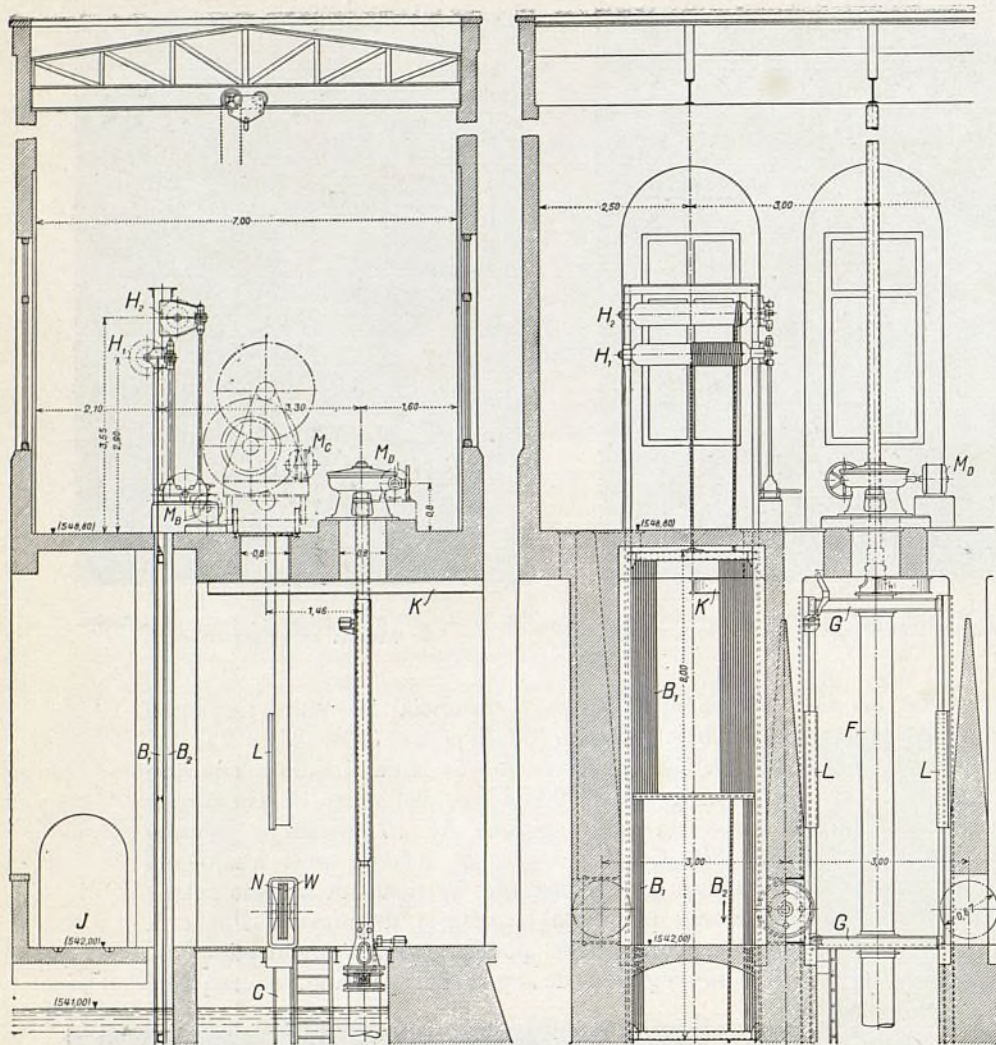


Fig. 26.—Corte vertical y horizontal de la caseta de maniobra sobre la toma de agua.—Escala 1:125.—La figura de la izquierda con la compuerta cerrada.—La figura a la derecha. La del centro con la compuerta levantada (D. en la fig. 23).

Leyenda: B₁ y B₂, marcos de reja móviles en guías especiales.—C. Ranura para las tablas.—F. Barra de ascenso y descenso de las compuertas.—D. G. Traviesa guía de la barra F. (una para cada longitud de tubo).—H₁ y H₂. Tornillos de los marcos móviles de las rejillas.—J. Paso para la limpieza de las rejillas con vía para la extracción.—K. Vía aérea corredera para el transporte de las tablas de la compuerta de seguridad (fig. 29).—L. Guías.—Mb. Motor para la reja B.—Mc. Motor para las tablas C.—MD. Motor para la compuerta D.—N y W. Poleas de reenvío para el torno de la compuerta de seguridad.

para las tuberías una gran sección. A través de la elevación que forma el terreno en la parte correspondiente a la cara de aguas abajo de la presa, se tuvo que prever una galería. Entonces surgió la duda de si sería suficiente una galería de presión ordinaria, pero se acordó revestirla interiormente por medio de un tubo. Así se llegó a la siguiente disposición de tubería:

En el trozo comprendido entre la cámara de toma de agua y la presa y a través del terreno elevado, se dispuso un tubo de 4 metros de diámetro, en galería y macizado definitivamente; en el trozo siguiente, dos tuberías de 2,80 metros diámetro cada una, las cuales van colocadas parte en la roca y parte en zanja en terreno blando, revestidas de hormigón y completamente cubiertas. Las expansiones para las tres inevitables curvas pueden considerarse despreciables con este modo de colocación, lo que resulta muy ventajoso para tubos de tan gran diámetro. Además, gracias al revestimiento de hormigón y a la capa de un metro mínimo de tierra que tienen encima las tuberías, están casi completamente protegidas contra las oscilaciones de temperatura. Las secciones representadas en la fi-

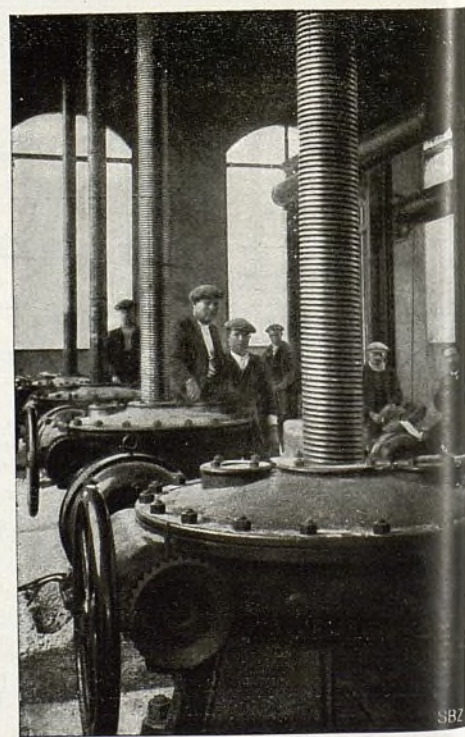
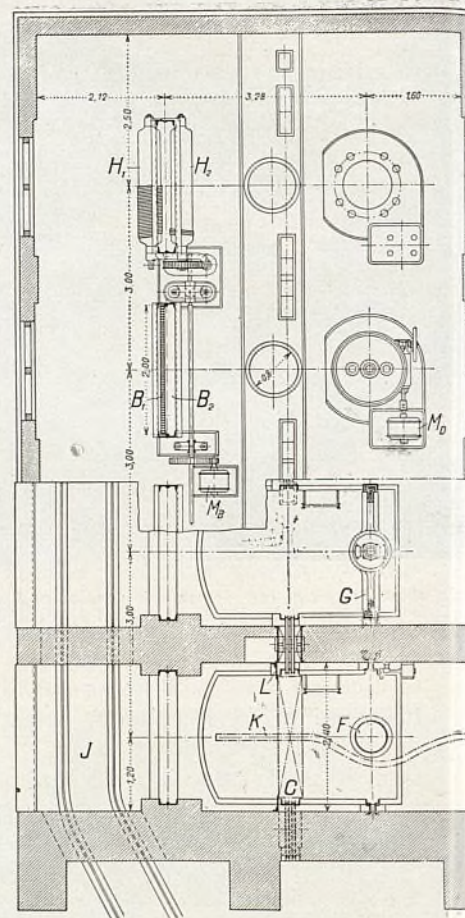
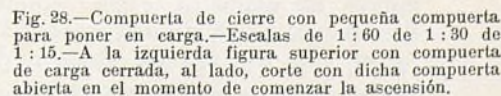


Fig. 27.—Tornillos para la elevación de las compuertas

El proyectar las compuertas y regillas, que debían trabajar con un caudal tan importante y bajo una presión tan elevada (40 metros), constituyó un problema completamente nuevo. La casa *Escher Wyss & Co.* propuso la disposición representada en la fig. 23 para el caso de nivel mínimo. Esta disposición, que fué aceptada, se halla constituida por cuatro entradas de $5,50 \times 1,60$ que pueden cerrarse por medio de compuertas. A pesar de esta profundidad, que por lo demás puede decrecer hasta

5 metros, es indispensable prever una regilla bastante fina, la cual además debe poder ser limpiada. Se propusieron, por lo tanto, para cada entrada dos rejillas móviles superpuestas de 8 metros de alto por dos de ancho con una anchura de malla de 30 mm. (B_1 y B_2 fig. 26) con sus tornos para levantarlas (H_1 y H_2). Después se creyó conveniente añadir una rejilla de malla mucho más ancha, delante de las otras, y fué decidido disponerla en marcos de 2 metros de ancho por 7,00 y 10,50 metros de altura con barras verticales colocadas a 100 mm. de distancia útil (fig. 25).



D. Compuerta de hierro.
E. Compuerta de cierre.
F. Barra para ascensión y descenso.
G. Traviesa guía.

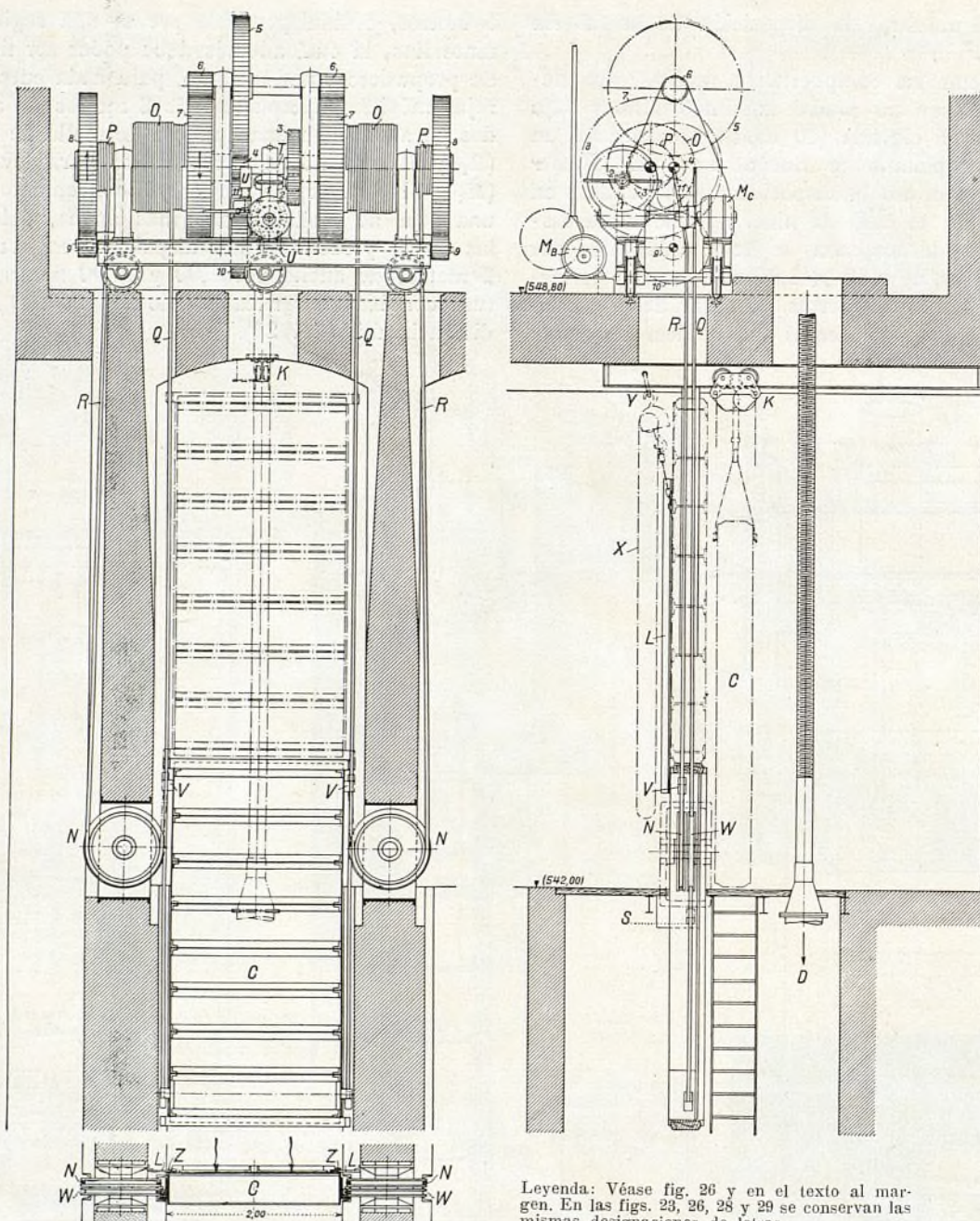


Fig. 29.—Travesas con torno movable y disposición para ajustarlas.—Escala 1 : 80.

Todos los dispositivos para elevar las rejas están colocadas en un edificio aparte, situado en el ángulo que forman el muro de presa y el conjunto de compuertas, según puede apreciarse en las figs. 26 y 27, así como también en la fig. 19.

Los canales, desde la parte trasera de las compuertas hasta encontrar la sección circular de 4 metros de diámetro, están completamente revestidos de planchas. Las armaduras necesarias (figura 23, pág. 31) van provistas de los refuerzos convenientes, habiéndose tenido muy particularmente en cuenta que ofrezcan la resistencia necesaria para evitar entradas exteriores de agua cuando la tubería se halla vacía.

La construcción del dispositivo de accionamiento

Leyenda: Véase fig. 26 y en el texto al margen. En las figs. 23, 26, 28 y 29 se conservan las mismas designaciones de letras.

de la compuerta era un problema de los más difíciles (fig. 26 hasta 28). Por otra parte, se necesitaba un tirante de mucha longitud que debía ser lo más ligero posible y que permitiera por otra parte sacar una compuerta durante el funcionamiento. Además el tirante debía ser dividido en piezas de 6 metros de longitud. Se adoptó un tubo (F, en las figs. 23, 26 y 28) de 500 mm. de diámetro; cada trozo de 6 metros va guiado por una viga en forma de brida empotrada por ambos extremos y formada por hierros U; fácilmente se pueden sacar, elevando el confunto y trasladarlos hasta el almacén de compuertas situado en la parte inferior del edificio (fig. 26 izquierda).

La compuerta propiamente dicha se halla pro-

vista de una compuerta de carga E; el dispositivo se halla de tal manera ideado, que tanto al subir como al bajar, la compuerta de carga queda abierta y sólo se cierra levantando algo la varilla F después que la compuerta grande D se halla reposando sobre la traviesa de la base (fig. 28 en el centro).

De este modo puede siempre moverse la compuerta con contrapresión. Esta construcción presenta, a pesar de su poco peso, una gran solidez; tiene además la ventaja que el tubo de accionamiento sirve para dar entrada o salida de aire a la tubería. También se reducen a un mínimo los trabajos de instalación. Las compuertas pueden ser accionadas ya sea a mano, o por medio de un electromotor. Naturalmente, el accionamiento a mano es mucho más lento y sólo ha de apelarse a él cuando no sea posible el eléctrico.

Dada la gran importancia de esta toma de agua, se juzgó después prudente hacer algo más para garantir en lo posible el funcionamiento de las compuertas. Para ello decidióse colocar una válvula de compuerta de 2,80 metros de diámetro en cada una de las dos tuberías en que se bifurca la tubería o galería de salida (E en la fig. 3). Estas válvulas pueden cerrarse en todo momento. Su accionamiento se verifica hidráulicamente, o a mano, si en el embalse hay muy poca agua.

Con este doble cierre se obtiene la máxima garantía para el buen accionamiento de las compuertas.

Suponiendo el caso extraordinario en que, siendo necesario cerrar completamente la tubería, una de las cuatro compuertas no pudiera bajar del todo por un motivo cualquiera, debe poder cerrarse, no obstante, el canal de entrada, rápidamente y con toda seguridad. Además también es esto necesario para la inspección y reparación de los asientos de las compuertas.

Para este objeto se ha ideado un juego de 12 fuertes traviesas (véase fig. 29) para las cuales se han previsto las ranuras correspondientes, formadas por hierros U de 30 cm., en las paredes laterales de los canales, entre rejillas y compuertas. Estas traviesas se colocan una encima de otra, de manera que sea posible cerrar el canal aunque el embalse alcance su nivel máximo, en cuyo instante el durmiente o tabla superior alcanza 900 mm sobre la cota del terreno 542,0, mientras que el borde de la traviesa inferior está en la cota 492,5.

El ajuste de las tablas con las guías de hierro U, se logra por medio de una goma cilíndrica que llevan fijada, y el de las tablas entre sí, por medio de una solera de encina.

Para las maniobras de subida y bajada rápida de las tablas, es necesario un torno accionado eléc-

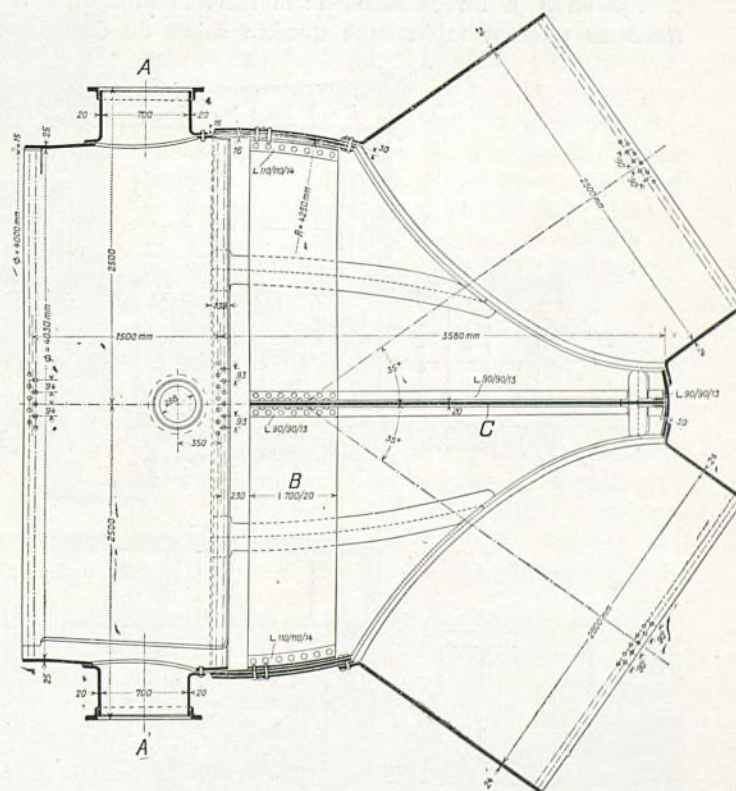
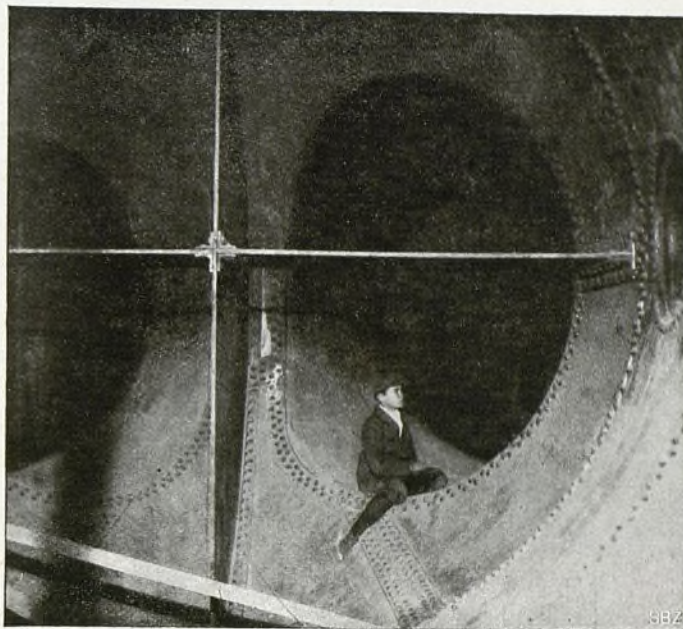


Fig. 30.—Vista interior y Fig. 31, corte horizontal de la pieza de bifurcación. Escala 1 : 60. A, Platins de empalme para las tuberías de desagüe. B, Plancha de refuerzo horizontal. C, Cruz de refuerzo.

tricamente. Este torno es trasladable. Sus particularidades son visibles en la fig. 29. Consiste esencialmente en una plataforma móvil apoyada sobre 3 ejes cuyas ruedas van sobre carriles; sobre esta plataforma van cuatro tambores, O y P, con accionamiento mecánico por tornillo y engranajes, y el electromotor M, con los aparatos auxiliares necesarios.

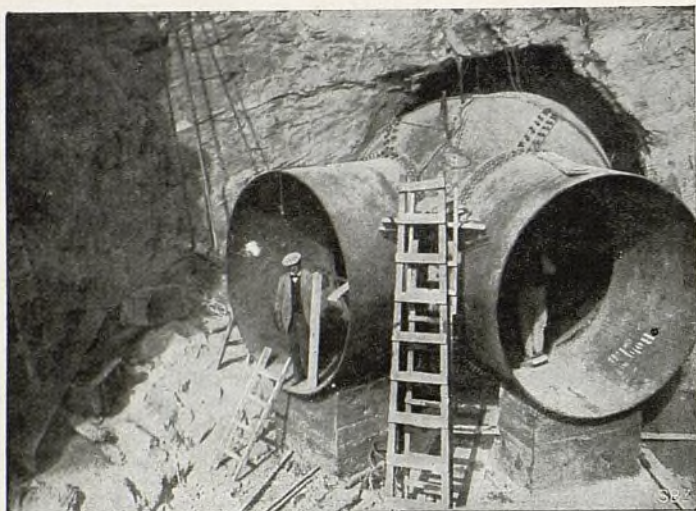


Fig. 32.—Pieza de bifurcación colocada antes de macizarla.

Como órganos de elevación de las tablas C, hay dos cables Q. Cada uno de estos dos cables del tambor O, lleva en su extremo inferior un grillete que se fija en S, a ambos lados de la traviesa inferior, mientras que las tablas que quedan sobre de éste

la rueda dentada 5, que engrana con el piñón 4 del eje T; éste está apoyado en los dos ejes de los tambores, con lo que se evitan dos soportes. Sobre el eje T, se encuentra una segunda rueda dentada 3, en la cual engrana el piñón 2, el cual, finalmente, se apoya en voladizo sobre el eje del vis-sin-fin, que va cerrado, junto con su eje, en una cámara 1. El eje del vis-sin-fin está acoplado rigidamente con el del motor M. Este está calculado para desarrollar 14 caballos; con una velocidad de 970 revoluciones-minuto, se obtiene una velocidad de elevación de las tablas, de 0,71 m. por minuto. Sobre el acoplamiento del motor va aplicado el freno de cierre electromagnético U, unido al electromagneto, por medio de articulaciones y palancas; también puede accionarse el freno a mano por medio de palancas.

Sobre el eje de los tambores van en voladizo dos pequeños tambores P, cuyos cables R, pasan por las poleas de reenvío N. Los cables R se fijan en ambos lados y en la parte alta de las dos últimas traviesas que deben colocarse, por medio de los grilletes V y sirven para comprimir

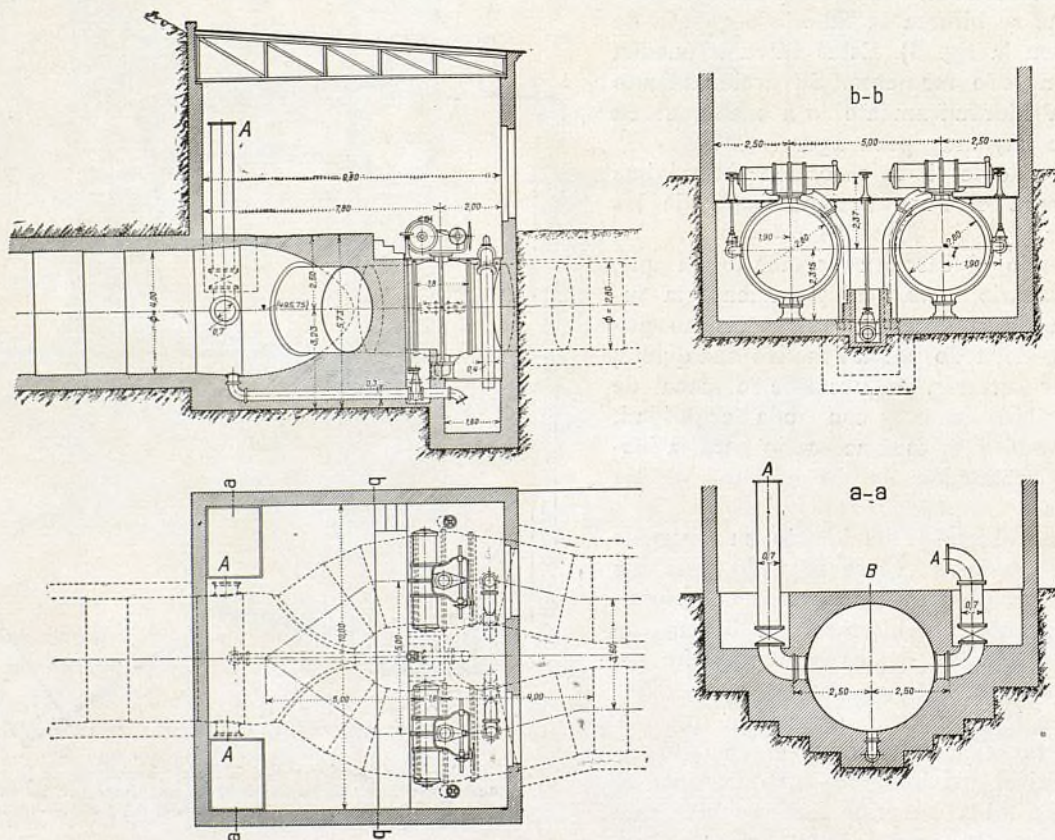


Fig. 33.—Bifurcación de la tubería de presión con válvulas de mariposa y tubería de acoplamiento, A, para los regadíos de la orilla izquierda. B, Piso de trabajo de la casa de aparatos. Escala 1:250.

están aún suspendidas del aparejo de traslación K (fig. 29 derecha). En cada eje del tambor hay un engranaje 7, de acero fundido. Los ejes están apoyados en cuatro soportes sostenidos, por pares de hierros U, sobre la plataforma.

Los piñones 6, están contruídos de una pieza con el eje común, y son de acero, debido al gran esfuerzo que han de sufrir. Sobre este eje va

las tablas una contra otra y sobre la traviesa del fondo. También en voladizo, y fijado sobre el tambor P, se encuentran las ruedas dentadas de ace-

ro, 8, que pueden girar independientemente de los tambores O. Estas ruedas engranan con los piñones, 9, de un eje longitudinal colocado en la parte inferior, que a su vez lleva una rueda dentada, 10, que engrana con la rueda-transporte, 11. Esta rueda, que está acoplada con el eje interior por medio del árbol T, puede trasladarse hacia el centro por la acción de un volante a mano.

Cuando las cuerdas Q, del tambor grande O, se desarrollan, necesitan estar guiadas, lo que se efectúa por intermedio de las poleas W. Las poleas N y W, independientes unas de otras, son de fundición y están apoyadas en cajas fijadas en los muros de



Fig. 34.—Bifurcación completamente montada de la tubería de presión, antes de su macizado.

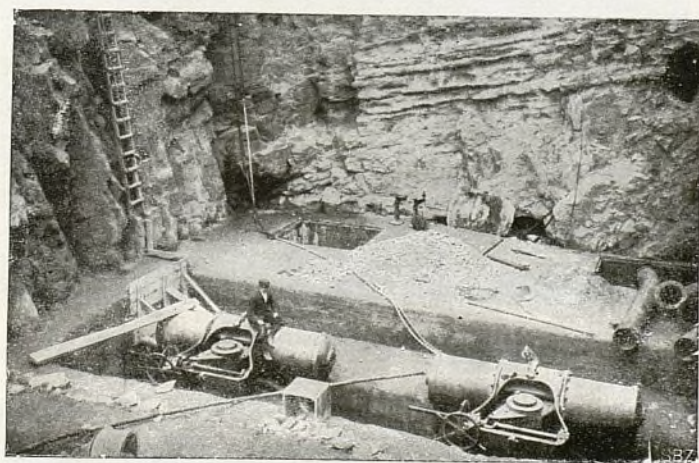


Fig. 35.—Bifurcación de la tubería de presión macizada.

apoyo. Todas las cuerdas tienen la misma velocidad. La marcha de la operación para la colocación de las tablas-traviesas de cierre es la siguiente: Las tablas se trasladan por medio de la grúa K y se giran de manera que puedan pasar delante del tornillo de accionamiento de las compuertas (véase fig. 26, derecha). Luego se vuelve a colocar la tabla paralela a la abertura de introducción y se adelanta hasta el tope L. Entonces se suspende la palanca y las poleas fijas X-Y (fig. 29), quedando libre la corredera K que se lleva a recoger acto continuo otra tabla-traviesa. Déjase bajar la plancha hasta que su espiga alcance el punto S; luego se cuelga la cuerda Q con su grillete y se conecta el motor M para bajar el peso.

La polea Y debe también desengancharse porque la tabla no puede caer debido a las grapas Z (fig. 29, parte inferior izquierda).

La primera tabla se baja hasta que su borde superior esté algo por encima de la cota 452, O, entonces se para el motor, se coloca la tabla-traviesa 2 sobre la 1, y así sucesivamente hasta que se han colocado 11 tablas. Para la tabla duodécima se suspende la cuerda del tambor pequeño interior P, poniendo el grillete del extremo de la cuerda en V, así que ha bajado hasta la mitad y entonces se para el motor y se tira fuertemente de dicha cuerda R girando la rueda, 8, a mano y conectando con 4 y 10 la rueda 11, que hasta entonces había estado desconectada.

Si en este momento se conecta nuevamente el motor, los cables R se arrollan mientras que los cables interiores Q se desarrollan. La necesidad de esta segunda tracción por cable está fundada en lo siguiente: Las compuertas, que en caso de mal funcionamiento son sustituidas por las tablas, quedan aún abiertas en parte; si la tabla inferior alcanza una distancia del fondo más pequeña que la

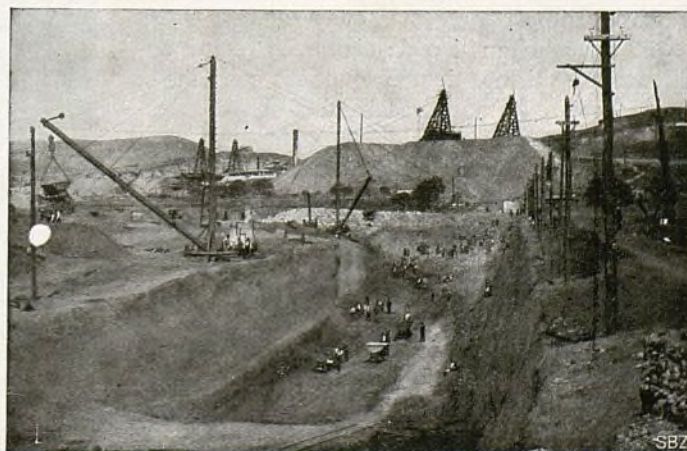


Fig. 36.—Trabajos de la zanja para colocar la tubería de presión vista de cara al monte, hacia la toma de agua.



Fig. 37.—Elementos de la tubería de presión preparados para su colocación.

compuerta, entonces el nivel de agua entre los dos órganos de cierre, baja; éste ejerce una presión hidrostática sobre la tabla duodécima cuya resistencia al frotamiento puede ser mayor que el peso propio de la tabla, de modo que quedaría sin poder bajar.

En este instante los cables Q ya no ejercen más tracción, de manera que quedan sueltos. Esto tiene por consecuencia el poner en tensión los cables exteriores R y vencer por este medio las resistencias al frotamiento. Los cables R tienen, además, la misión importante de comprimir las tablas unas con otras con una presión de unos 34.000 kg., con lo que se obtiene un cierre completo entre los durmientes.

Para que no se puedan romper los cables, se encuentra en el circuito del motor un relai intercalado, el cual interrumpe la corriente así que se alcanza la potencia máxima del motor. Los aparatos eléctricos, tales como controler, resistencia, conmutador, etc., no están montados en la plataforma móvil sino en un punto adecuado de la sala de máquinas. El tiempo calculado para descender todas las tablas, así como para transportarlas, es de unas 3 horas, como máximo.

El freno magnético de cierre U, recibe corriente al mismo tiempo que se conecta el motor, y por lo tanto da aire al freno. El descenso de las tablas puede también efectuarse sin corriente, dando aire al freno, por accionamiento a mano, pues el cabrestante no se frena automáticamente.

En la salida de la galería se encuentra la tubería de pantalón, que está formada por plancha de 30 y 20 mm. con refuerzos de planchas en forma de cruz en el centro (figura 30 hasta 35). Sobre esta bifurcación se encuentra una pequeña instalación de bombas situada en un edificio especialmente construido (E de la fig. 3, pág. 22) que debe suministrar agua de la tubería al canal de rie-

go situado en la orilla izquierda, algo más elevado, en el caso en que el nivel del embalse esté bajo, del mismo modo que hemos visto se efectúa también para la ladera derecha del valle.

Para una tubería de presión de tan poca pendiente la solución propuesta y realizada por nosotros era indudablemente la mejor (fig. 36 a 39, pág. 38) y debía proporcionar la máxima seguridad de funcionamiento.

Los tubos fueron pintados exteriormente con una lechada de cemento, e interiormente, con una doble capa de minio de plomo. En toda la tubería los roblonados, tanto los transversales como los longitudinales son dobles. Las planchas son de acero Siemens-Martín de calidad de chapa al fuego de 38 a 45 kg.-mm. de resistencia a la rotura y

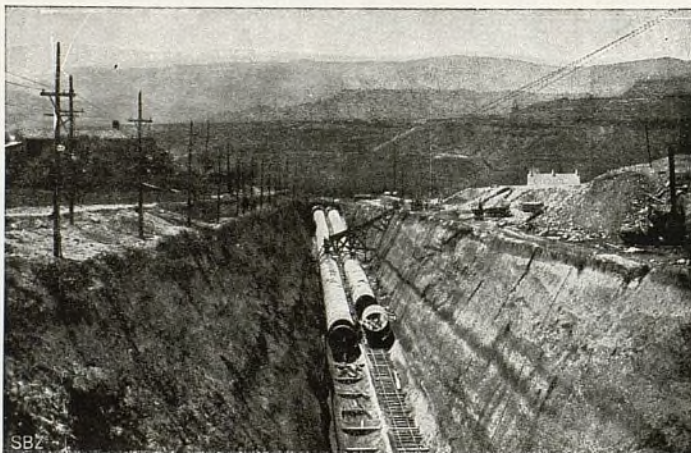


Fig. 38.—Montaje de la tubería; preparativos para el macizado que sigue a la colocación de tubería a unos 30 metros de distancia.

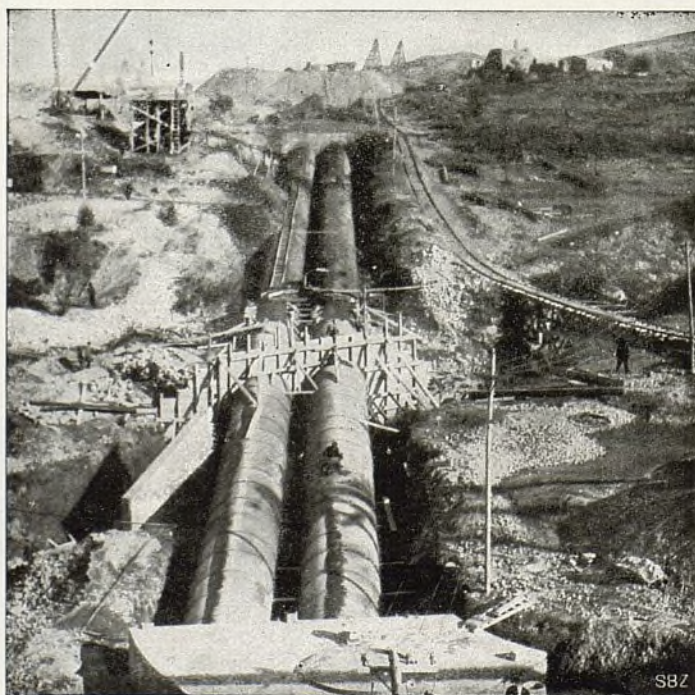


Fig. 39.—Macizado del último trozo de tubería.

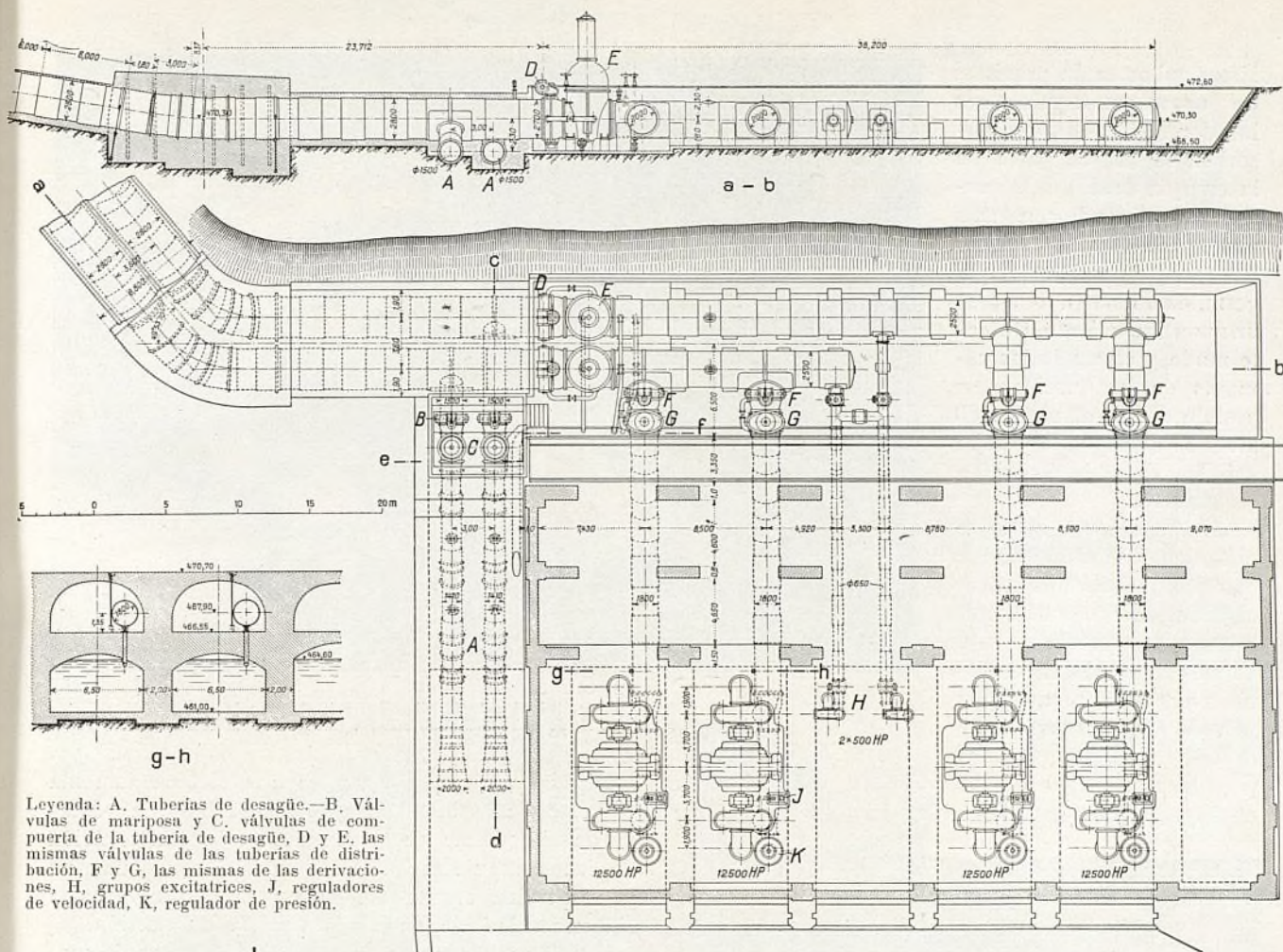


Fig. 40.—Tubería de distribución y de desagüe, y planta de la casa de máquinas; cortes a-b y g-h.—Escala 1 : 500.

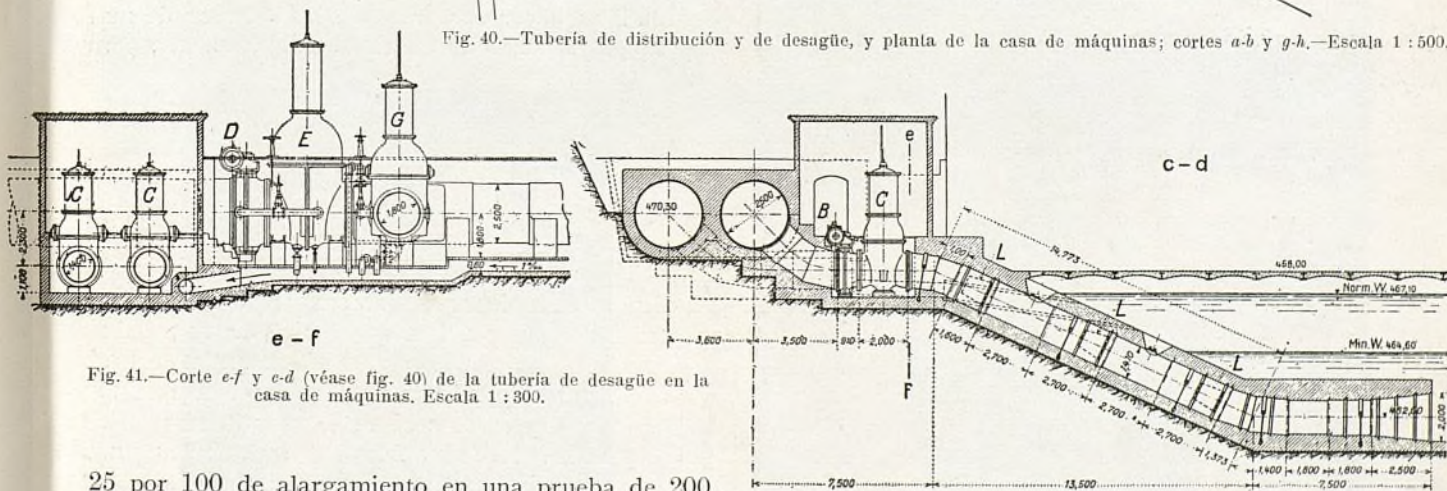


Fig. 41.—Corte e-f y e-d (véase fig. 40) de la tubería de desagüe en la casa de máquinas. Escala 1 : 300.

25 por 100 de alargamiento en una prueba de 200 mm. de longitud. El macizado del tubo tiene en este caso por objeto no solamente protegerlo contra las piedras que puedan desprenderse y caer sobre él, sino que, además, permite mantener en límites reducidos los esfuerzos de la presión que sufre una tubería tan plana al ponerla en carga.

La tubería propiamente dicha termina en una curva de unos 60 grados de ángulo central y continúa luego la tubería de distribución.

Entre la curva inferior y la tubería de distribución (fig. 40, pág. 39) existe en cada tubería un tubo de desagüe que pueden cerrarse por medio de válvulas de mariposa y por compuertas (fig. 41).

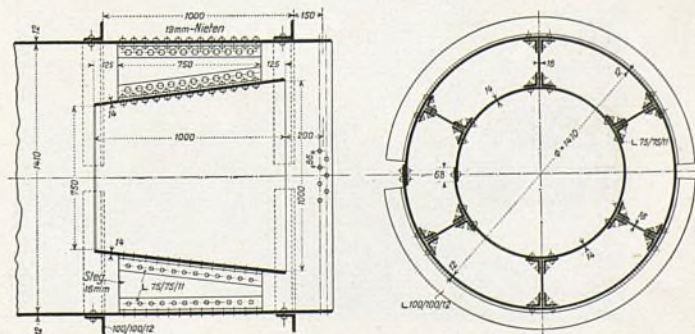


Fig. 42.—Disposición de extrangulación L de la tubería de desagüe. (Véase corte e-d en la fig. 41).

Estos tubos están provistos de unas estrangulaciones interiores (fig. 42), que absorben la mayor parte de la energía debida a la presión, y desembocan más abajo que el nivel inferior del canal de salida, lo que permite obtener en todo caso un amortiguamiento. De este modo y cerrando las cámaras de las turbinas, es posible dirigir al río los 60 metros por segundo y dejar así la Central completamente seca.

Las tuberías de distribución tienen 2,50 metros de diámetro; cada una puede aislarse de su tubería de presión por medio de una válvula de mariposa, accionada hidráulicamente, y una válvula de compuerta hidráulica también (figs. 40 y 43 hasta 45). En toda esta Central se ha adoptado el sistema, muy recomendable, de doble cierre, por

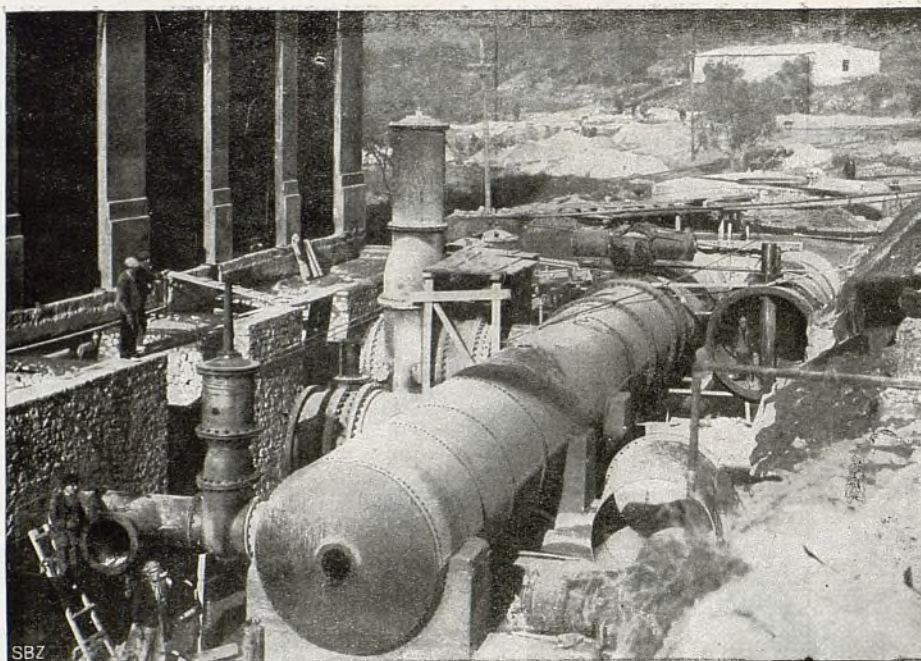


Fig. 43.—Montaje de las tuberías de distribución: a la derecha la gran válvula de mariposa D, de la segunda tubería. La válvula está abierta.

mariposa y por compuerta, lo que, si bien aumenta el coste de la instalación, presenta la gran ventaja de simplificar en gran manera la conservación de las compuertas con la instalación en marcha, y se pueden renovar todas las estoperas y juntas sin necesidad de vaciar la tubería de presión.

Inútil es hacer observar que las válvulas de mariposa por sí solas no cierran herméticamente, pero

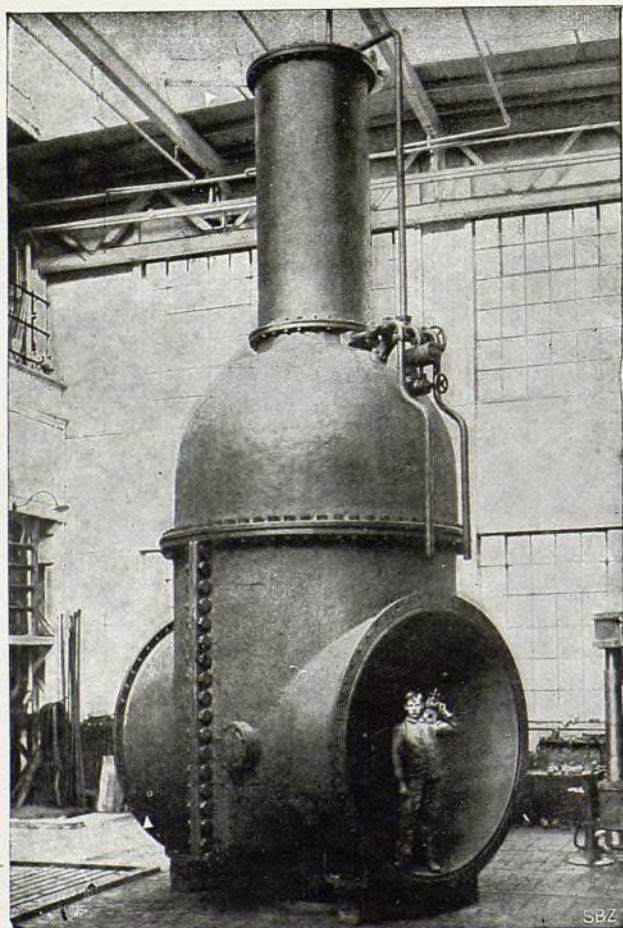


Fig. 44.—Válvula hidráulica de 2.500 mm. de paso (E en las fig. 40 y 41) construida en los talleres Clus de Roll.

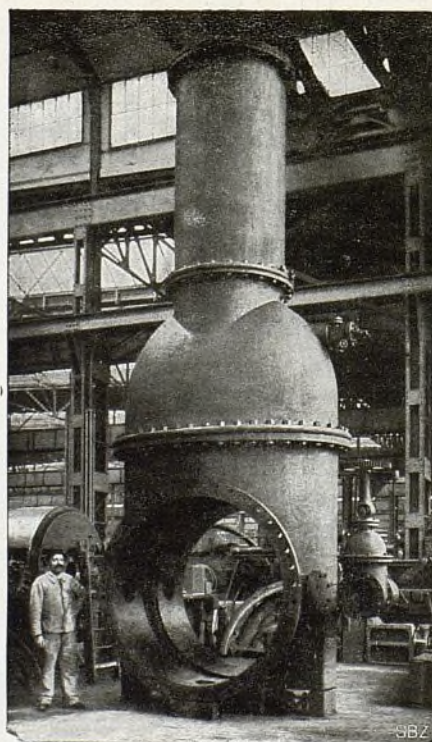


Fig. 45.—Válvula de compuerta de 1.800 mm. de paso, construida en los talleres de Escher Wyss & Cie., Zurich.

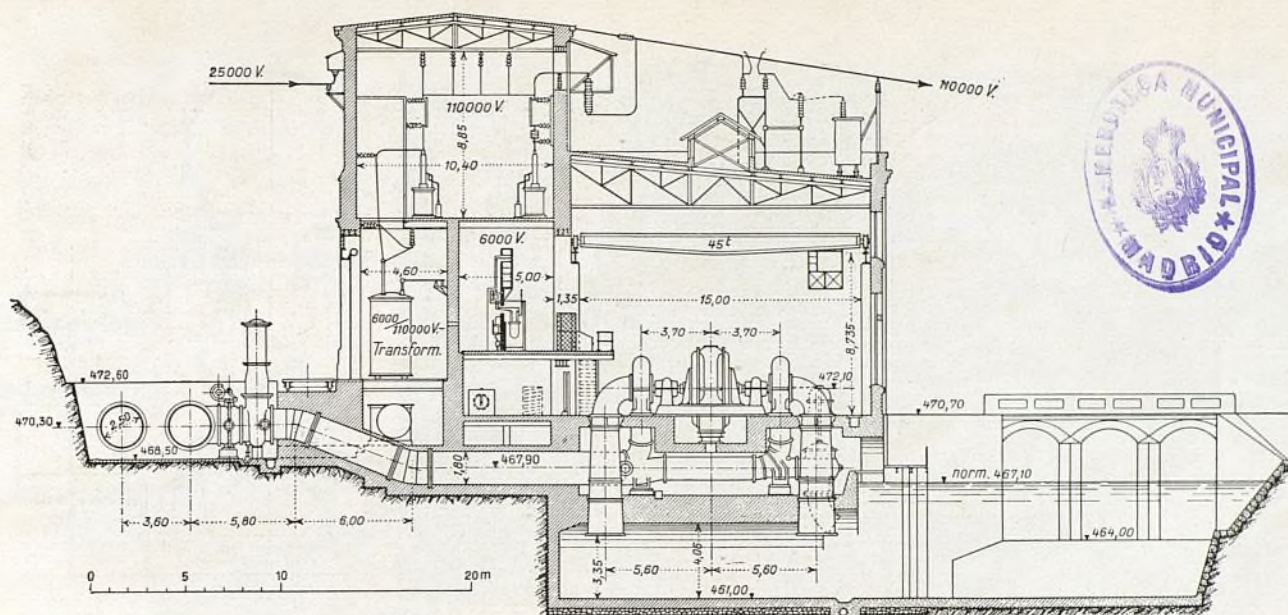


Fig. 46.—Central de Tremp. Corte de la casa de máquinas, casa de transformadores, tubería de distribución y canal inferior.—Escala 1 : 400.



Fig. 47.—Casa de máquinas y casa de transformadores. Vistas tomadas del lado Sur. Delante, a la derecha, el taller de reparaciones que servía como casa de transformadores durante la construcción.

con una suficiente salida de agua inmediatamente tras de cada mariposa, y, además, estableciendo una barrera en la caja de la válvula de compuerta, se consigue purgar completamente el agua que atraviesa la mariposa. Cada tubería de distribución debe alimentar normalmente una turbina de 12.500 caballos. Se tiene el proyecto de enlazar una con otra las dos tuberías de distribución para cuyo caso se prevé también un doble cierre.

La Central de Tremp (fig. 40, pág. 39 y figuras 46 y 47) contiene 4 unidades de 12.500 caballos a 500 revoluciones por minuto. Cada unidad

consiste en una turbina doble separada en dos turbinas simples, dispuestas en voladizo una en cada extremo del eje del generador. Esta disposición tiene, en este caso particular, un objetivo especial, ya que, tratándose, según queda dicho, de turbinas que deben funcionar con un salto que varía de 30 a 70 metros y con el mejor rendimiento posible, y teniendo en cuenta que se trata de una instalación de acumulación, se construyen dos diferentes tipos de rodete (A y B, figura 49). La disposición adoptada permite, nada más que separando el cono de aspiración, sacar el rodete, que va atornillado al plato forjado que lleva el árbol de la turbina, y sustituirlo por el otro.

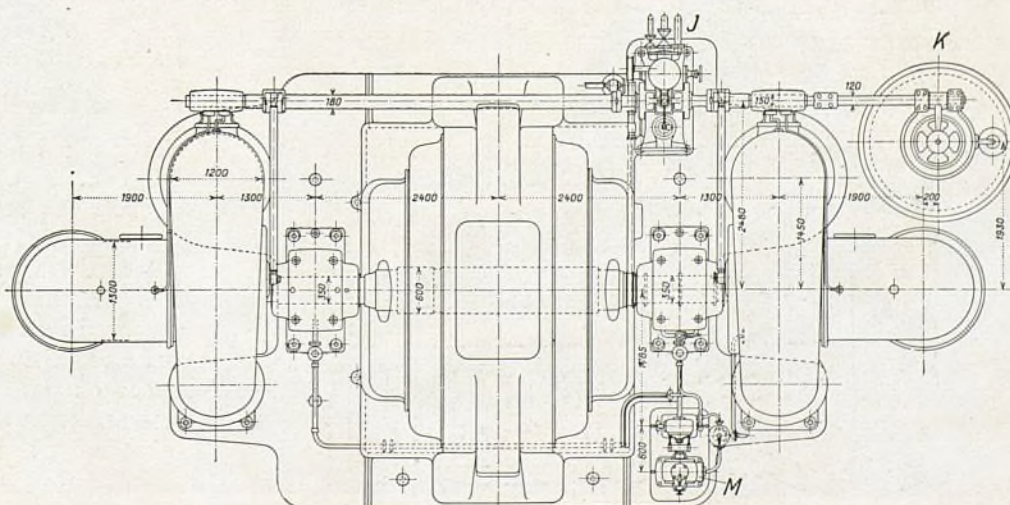
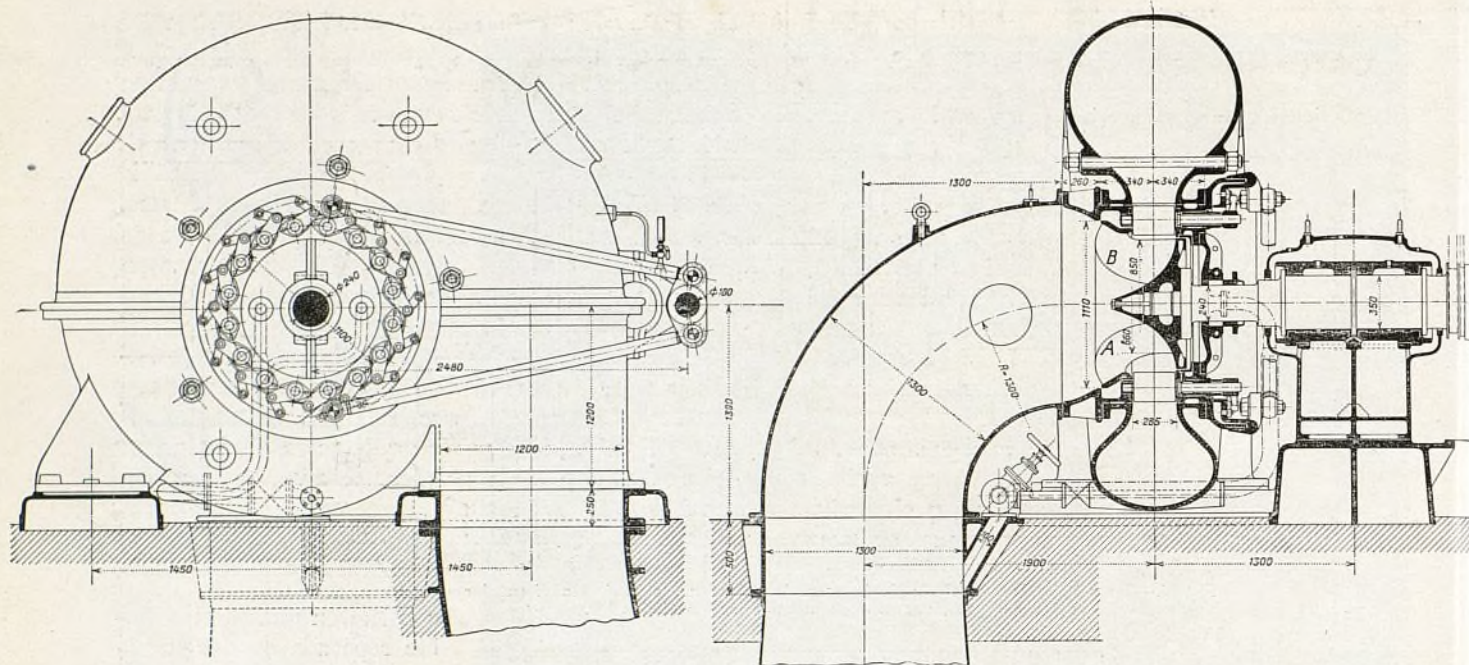


Fig. 48.—Grupo electrógeno 12 500 HP. 500 revoluciones-minuto.—Escala 1 : 100.—J. Regulador de velocidad.—K. Id. de presión.—M. Turbina accionadora de la bomba de circulación de aceite para la lubricación de los cojinetes.



Pero además, esta disposición ofrece otras ventajas, ya que permite construir turbinas gemelas espirales para una velocidad relativamente elevada, y a pesar de ello, puede aplicárseles la regulación exterior. Con 30 metros de salto se alcanza la velocidad específica de:

$$n_g = \frac{500 \sqrt{3200}}{\sqrt{2} \cdot 30 \cdot \sqrt{30}} = 287 \text{ revoluciones por minuto,}$$

valor que hasta hoy no se había alcanzado para un salto de esta magnitud. Esta es una ventaja muy esencial pues permite una importante economía en toda la instalación. El tubo de aspiración no siendo perforado para dejar pasar el eje, da el máximo rendimiento, y con la disposición doble se eliminan los

empujes axiales con gran sencillez y de modo perfecto. No hay que mencionar que desde cada tapa va un tubo auxiliar, conectado al tubo de aspiración, cuyo paso puede graduarse por medio de su válvula correspondiente.

La rueda Francis se presta en gran manera para la disposición en voladizo, por tener su esfuerzo tangencial repartido en toda la periferia, por su peso relativamente pequeño, así como por la facilidad que ofrece para equilibrarlo perfectamente. Estas ventajas y su gran duración, aunque haya sufrido desgastes, son factores muy significativos. La casa *Escher Wyss & Co.* adoptó esta misma disposición en un cierto número de unidades de mediana y pequeña potencia, así como para las turbinas de

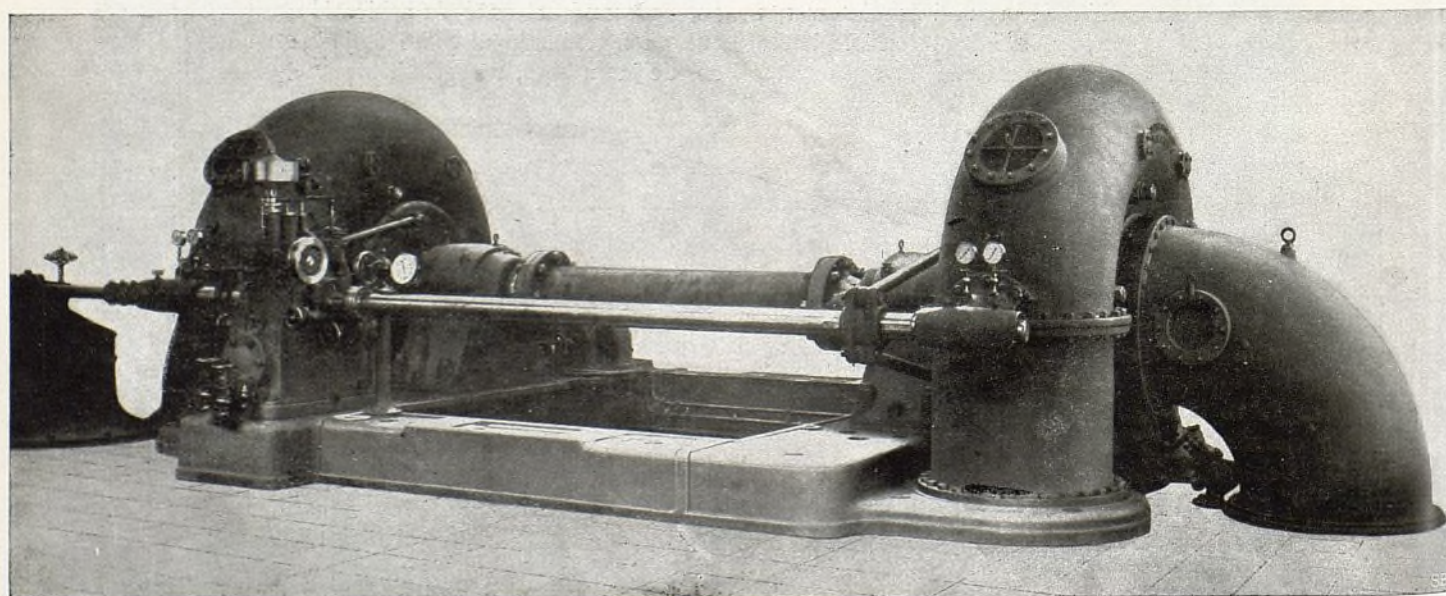


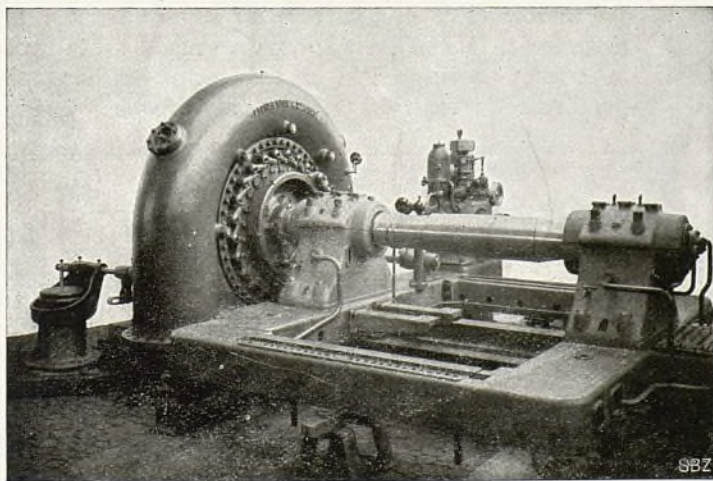
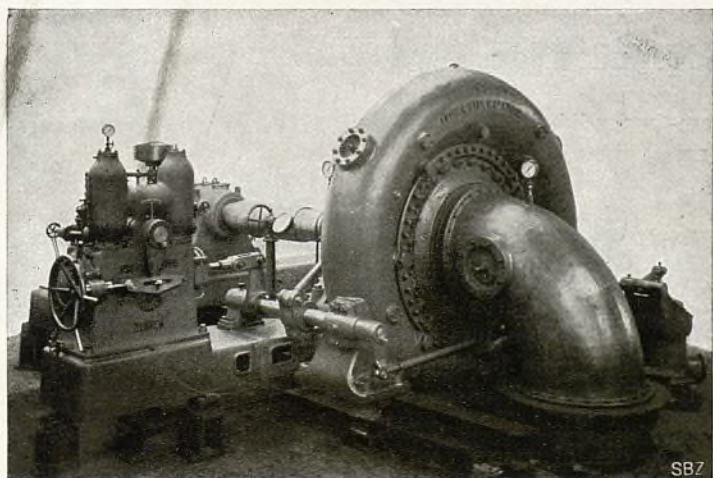
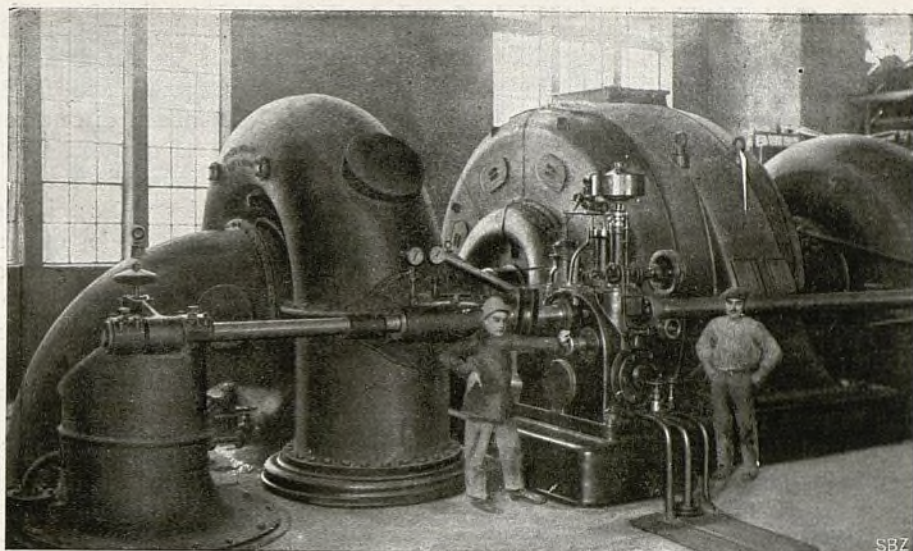
Fig. 50.—Tubo generador para la Central de Tresp, completamente montado (con eje provisional) en los talleres de Escher Wyss y Ca, Zurich.

gran potencia 9500 HP. de la Central de Tuxpango (Méjico), construídas algunos años atrás, donde, como actualmente en Tresp, el zócalo, los soportes y ejes, fueron construídos por la casa suministradora de las turbinas (figuras 52 y 53, página 43).

Los constructores de la parte eléctrica no debían suministrar más que el estator y el rotor. Esta subdivisión en el suministro es muy conveniente, pues el rotor puede, según su construcción, ser montado sobre el eje al montar el grupo, o bien se puede remitir el eje a los talleres de la parte eléctrica para montar en él el rotor.

Las pruebas del generador en el taller pueden hacerse fácilmente por medio de soportes normales.

Fig. 51.—Grupo electrógeno n° 1 de la Central de Tresp.



Figs. 52 y 53.—Turbina espiral Francis con árbol del generador y rodete montado en voladizo, para $N = 9500$ HP. $H = 106$ m. $n = 400$ revoluciones-minuto, suministrada por la casa Escher Wyss & Co. de Zürich para la instalación de Tuxpango, en Méjico.

Se podrá quizá objetar que la necesidad de mucha correspondencia entre los constructores de las turbinas y los del generador para precisar todos los detalles, puede perjudicar el plazo de entrega de esta clase de grupos. Pero esta objeción desaparece porque, colocando las cámaras espirales sobre el zócalo, no se retrasa en nada la construcción de estas piezas principales de fundición. Nosotros proyectamos esta disposición siempre que las condiciones de la instalación lo permiten, y se puede asegurar que encontrará cada vez más aplicación en la práctica. Es evidente que en esta doble disposición, hay que prescindir de los dinamos excitatrices directamente acoplados.

Cada turbina de la Central de Tresp, está alimentada por una tubería de 1.800 milímetros de diámetro, que parte de la tubería de distribución, provista de válvulas de mariposa y válvulas de compuerta accionadas hidráulicamente. Además, cada turbina tiene un regulador de presión de nuestro tipo de construcción normal con distribución de cataratas, dispuesto como una válvula compuerta de mediana presión, con cierre de plato. La regulación de las turbinas se logra por medio de nuestro regulador normal de presión de aceite, que se halla apoyado sobre el zócalo de las turbinas y cuyo árbol acciona al mismo tiempo los mecanismos de regulación de todo el grupo.

La fig. 46, pág. 41, muestra un corte de la sala de máquinas por el que se ve que la casa de transformadores y conmutadores está sobre la tubería que comunica la de distribución con las turbinas. Los transformadores pueden trasladarse fácilmente al

taller de reparaciones situado algo más abajo de la Central K, en la fig. 4 pág. 22, por medio de una plataforma, corredera sobre una vía situada detrás del edificio. Los transformadores están conectados directamente a los generadores, y elevan la tensión de 6.000 voltios a 110.000, para la línea de transporte. Más adelante daremos una rápida ojeada referente a la instalación de los conductores de transporte.

Existen dos grupos para la excitación, provistos de pequeñas turbinas y reguladores de presión de aceite; además existe la llamada central de aceite consistente en dos grupos de bombas, de los cuales uno es para reserva. En un zócalo de fundición, que sirve también como depósito de aspiración, hay una bomba de engranajes de doble efecto que está accionada por una pequeña turbina Pelton. El recipiente de aire comprimido está formado por un cilindro de hierro forjado, provisto de las necesarias armaduras. Todos los reguladores pueden acoplarse a uno cualquiera de estos grupos.

La utilización completa de la llamada segunda parte del embalse San Antonio, prevé, según queda

indicado, otra Central denominada *Barcedana*, situada a unos 6 km. aguas abajo de la Central de Tremp. El canal de desagüe de la Central de Tremp desemboca directamente en el canal de conducción de esta segunda Central. De este canal es digno de mencionarse que en su curso debe atravesar dos grandes valles; el primero se cruza por medio de un sifón para lo que se necesitan dos tuberías de 4,00 metros de diámetro.

El valle inferior se transforma en un gran embalse por medio de un muro de hormigón, de unos 200 metros de longitud y 20 de altura. Una galería para conducción de agua a presión, para un caudal máximo de 70 m.³, y que tiene unos 700 m. de longitud, conduce a la instalación de compuertas, que está dispuesta de manera que permite una variación de nivel de unos 15 m. La casa de máquinas está proyectada en una estrecha garganta, de manera que se requiere muy poca longitud de tubería.

Se tiene el proyecto de instalar 4 o 5 unidades exactamente iguales, como en la Central de Tremp. Cada una estará alimentada por una tubería independiente, de presión.

II. Central hidráulica de Serós

El primer grupo, la Central de Serós, hoy completamente terminada, utiliza, como se dijo ya al principio de esta descripción, un desnivel del río Segre, a unos 30 km. aguas abajo de Lérida. La fig. 52 nos da una vista en planta que permite apreciar claramente la disposición general de esta instalación. La presa principal está situada en el Segre a unos 800 metros más arriba del puente del ferrocarril del Norte; el río queda embalsado solamente unos 1000 a 1500 metros (perfil longitudinal, figura 55).

En la orilla izquierda, aguas abajo, arranca el canal de 27,5 km. de longitud hasta la Central. Este canal se construyó todo a cielo abierto y dispuesto según indican los cortes de la fig. 56, pág. 45. Hasta el km. 19 tiene una sección capaz para un caudal máximo de 60 m.³-segundo. Cruza únicamente un valle, que se pasa por medio de un acueducto, ex-

tendiéndose el canal a lo largo de las dos vertientes.

A partir del kilómetro 19, aguas abajo, se cruzan pequeños valles, los que se han transformado en grandes depósitos intermediarios cerrándolos por medio de diques de tierra. En la planta se ve como los tres primeros de los embalses citados se han convertido en uno solo, comunicándolos por medio de una gran brecha.

A continuación de estos embalses empieza la parte inferior del canal, cuyas dimensiones corresponden al paso de un caudal de 120 m.³-segundo. Esta parte ensanchada del canal encuentra cuatro pequeños valles, que se cierran también por medio de terraplenes. En el kilómetro 27,205 se encuentra, finalmente, la cámara de toma de agua, de la cual la tubería se dirige a la casa de máquinas con una pendiente de unos 45 %. Un canal de desagüe de

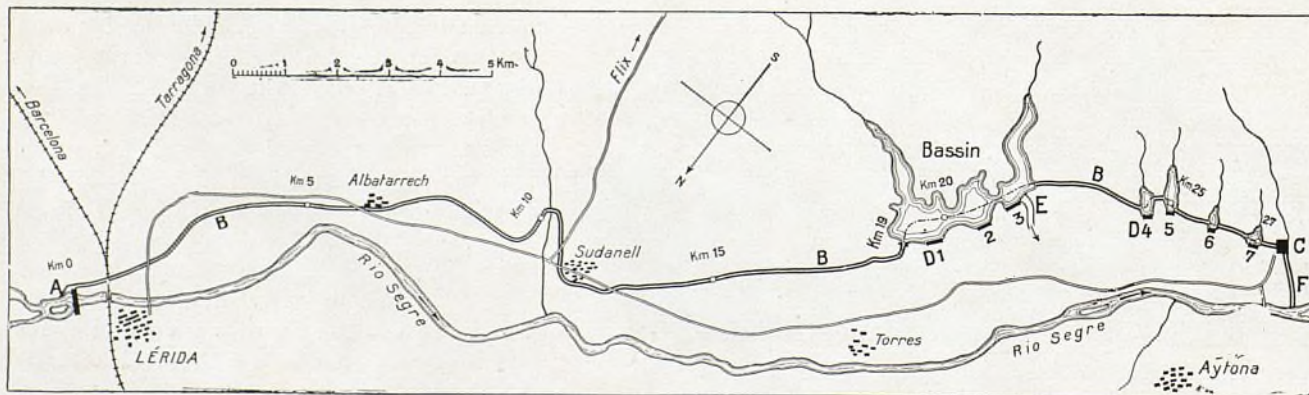


Fig. 54.—Croquis de la planta 1:150000. A. Presa y toma de aguas. B. Canal de conducción. C. Central. D. 1 a 7 Dique de los embalses. F. Canal inferior de desagüe.

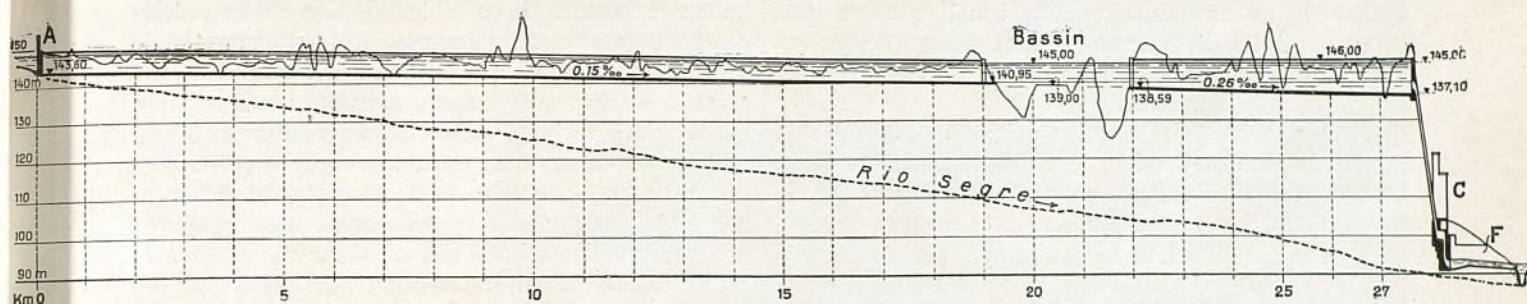


Fig. 55.—Perfil longitudinal 1 : 150000/1 : 2000. A. Presa y toma de aguas. C. Central Serós. F. Canal de desagüe.

1,5 kilómetro de longitud restituye el agua, al salir de las tuberías, al río Segre.

El embalse que debe producirse en la gran instalación del Ebro alcanza hasta la desembocadura de este canal, de manera que las dos instalaciones están a continuación una de otra. Para las horas de máximo consumo se tomará el agua de los embalses intermedios antes citados.

La fig. 57 pág. 45 representa las diversas alturas y capacidades de acumulación de estos embalses, incluyendo la capacidad de la última parte del canal hasta el arranque de la tubería. La corona del aliviadero y su banquetta en el corte A, están, desde el embalse intermedio hasta la cámara de toma de agua, dispuestas horizontalmente. La superficie de nivel en estado de reposo B, está en la cota 145,00: el revestimiento de los taludes alcanza la cota 145,70. La línea de nivel superior, C, indica la altura con los embalses completamente llenos y empezando a tomar 120 m³-segundo, estando la altura del nivel en la cámara de toma de agua, en la cota 144,18.

Con el canal de 120 m³-segundo se puede producir un descenso máximo de 0,93 metros en el embalse, lo que demuestra una capacidad de acumulación de 2.100.000 metros cúbicos, correspondientes a un descenso de la línea de nivel hacia E, o sea en la cota de arranque de la cámara de toma de

agua, de 142,29. El volumen utilizable es, en el embalse 4, 96.000 m³, en el embalse 5, 216.000 m³, en el embalse 6, 63.000 m³, en el embalse 7, finalmente, de 91.000 m³. El cálculo de estas alturas

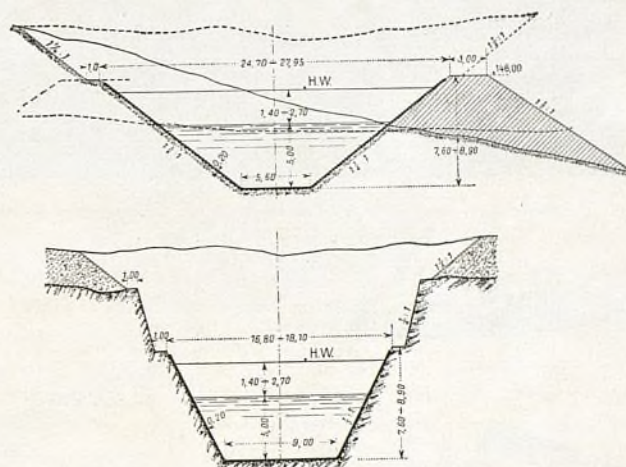


Fig. 56.—Perfil de canal para $Q = 120 \text{ m}^3/\text{seg.}$ 1 : 600.

de nivel se basa en la hipótesis que toda la altura correspondiente a la velocidad, al entrar el canal en el embalse, se pierde y a la salida tiene que volver a producirse. En situación normal, la pérdida de salto en esta conducción por canal interrumpida por

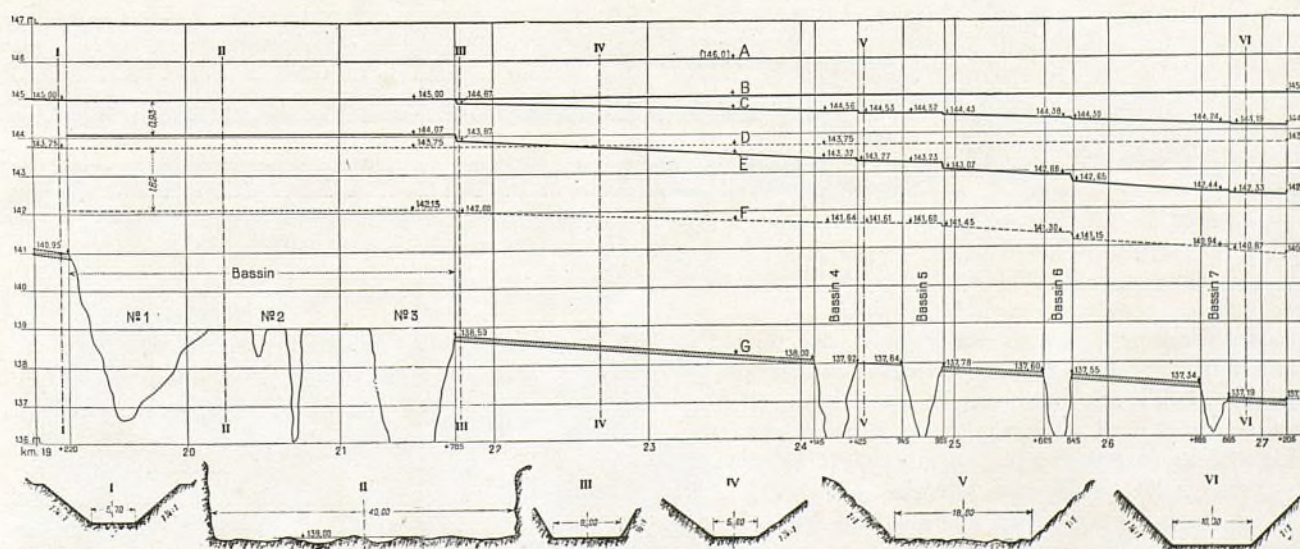


Fig. 57.—Perfil longitudinal y descenso de la superficie de nivel del último trozo de canal y perfiles transversales I a VI.—Leyenda: A. Corona del dique.—B. Arista del vertedero.—C. Gasto de 60 m³/seg. y principio de la toma de 120 m³/seg.—D. Límite inferior de la posibilidad de tomar 120 m³/seg. con 30 m³/seg. de entrada.—E. Límite inferior de la posibilidad de tomar 60 m³/seg. con 30 m³/seg. de entrada.—F. Límite inferior de la posibilidad de tomar 120 m³/seg. con 30 m³/seg. de entrada.—G. Solera del canal.

embalses, es aproximadamente igual que en un canal continuo. Solamente para el trozo inferior es natural que la aceleración produzca alguna pérdida de carga más acentuada.

Si el embalse grande recibe únicamente 30 m³-segundo del canal superior, el nivel de agua queda a la cota 143,75 D. Para el gasto constante de 60 m³-segundo, hasta el arranque de la tubería, se tie-

hallan representados en la fig. 57. Con las disposiciones adoptadas, es muy de notar que se ha conseguido satisfacer las necesidades totalmente variables del servicio de luz y de fuerza, con un caudal tan pequeño y tan variable como el que conduce el Segre.

En efecto, aunque el canal superior condujera continuamente durante toda una semana el agua necesaria para satisfacer a la importante carga de los días laborables, no pasaría una gota de agua por el vertedero.

Y volviendo otra vez a tratar del dique, (figs. 58 y 59) diremos que está construido como muro de presa, con coronación dispuesta para vertedero a la cota de 148,30 y tiene una longitud de 393,20 metros. Con el nivel de aguas arriba hasta la cota de 151,00 y suponiendo una velocidad en la corriente de 3,38 m.-segundo, pueden pasar por encima la presa 4.280 m³-segundo. Esto es de gran importancia teniendo en cuenta la gran cantidad de agua durante el período de avenidas, sobre cuyo punto nos extendimos en ocasión de la descripción del gran muro de presa de Tarn (véase «Schweizerische Zeitung», tomo LXLX, página 154, 7 Abril, 1917), de manera muy detallada.

A lo largo de la coronación de la presa,

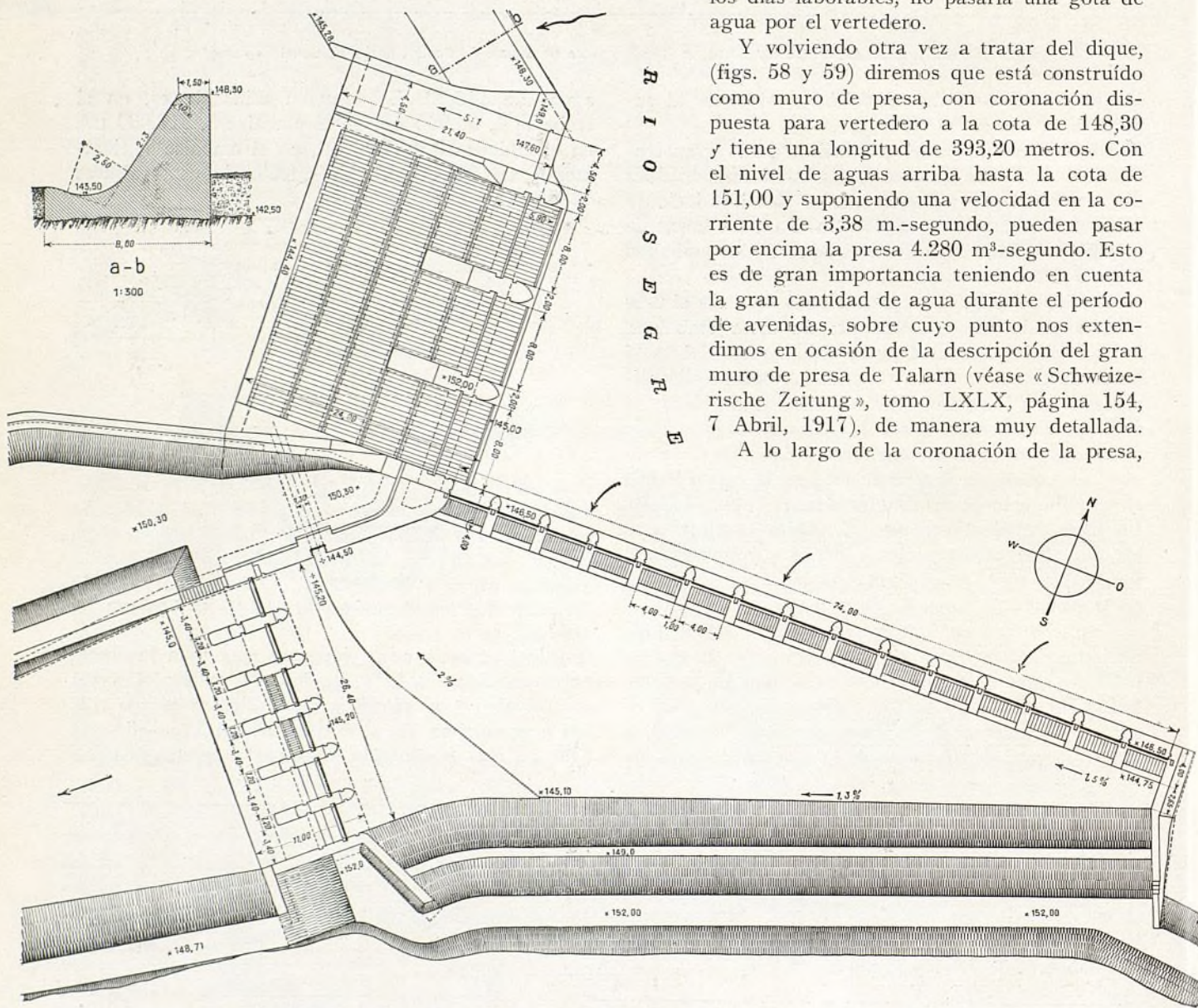


Fig. 58.—Construcciones de la embocadura del canal con desagüe, vertedero y presa. 1 : 600.

ne entonces un descenso máximo de unos 62 m., lo que corresponde a una capacidad de acumulación de 3.110.000 m. La línea F, representa el nivel en el canal para esta cota mínima de la corriente. En este momento el agua en la cámara de toma de agua se halla en la cota 140,84.

La capacidad total de acumulación hasta la cámara de toma de agua inclusive, es, en estas condiciones de gasto, de 6.200.000 m³. Los perfiles transversales típicos de los diferentes trozos de canal se

se encuentran a la distancia de 2,0 m., tubos de gas de 4" empotrados a una profundidad de 0,40, a fin de que en caso conveniente se pueda practicar una elevación suplementaria de la presa con planchas y pies derechos empotrados a los tubos.

Junto al muro se encuentra un vertedero de 4,5 metros de ancho y tres aberturas provistas de compuertas Stoney de 8 m. de sección, con contrapesos de hormigón (figs. 48 y 60), con el fondo a la cota de 145,00 metros. Cada compuerta puede dar

paso a 195 m³-segundo, si el nivel está a 151,0 aguas arriba y 149,5 aguas abajo, admitiendo también una velocidad de corriente de 3,38 metros segundo. Si las referidas cotas pasan a ser 148,30 y 146, respectivamente, se reduce la cantidad de agua que pasa, a 100 m³-segundo.

El volumen total de hormigón de la presa, es de 10.600 metros cúbicos.

A continuación de las compuertas de desagüe que se acaban de mencionar, está la embocadura propiamente dicha (figs. 58 y 61) la cual presenta, paralelamente a la dirección del río, una regilla muy robusta consistente en 15 marcos móviles de 4 metros de abertura cada uno, con

146,50 metros de cota en su pie, y muro de defensa contra crecidas a 149,20 y 151,30 respectivamente. Cada uno de los marcos puede ser levantado, con objeto de proceder a su limpieza, por medio de una polea diferencial corredera a lo largo de una vigueta, y, detrás de esta regilla, y perpendicularmente al canal, se encuentran las 6 compuertas de entrada (fig. 62 pág. 48) de 3,40 m. ancho cada una provistas de mecanismo de movimiento a mano.

Las compuertas de la presa, así como las de entrada al canal, fueron suministradas por la casa inglesa Ransomes & Rapier.

El canal superior empieza en esta embocadura (fig. 62 pág. 48) y tiene 28 km. de longitud hasta la cámara de toma de agua de la Central. Después de la puesta en marcha fueron instaladas una serie completa de pasarelas para unir ambos lados del canal. Los perfiles transversales (fig. 56 pág. 45), así como las vistas tomadas durante la construcción,

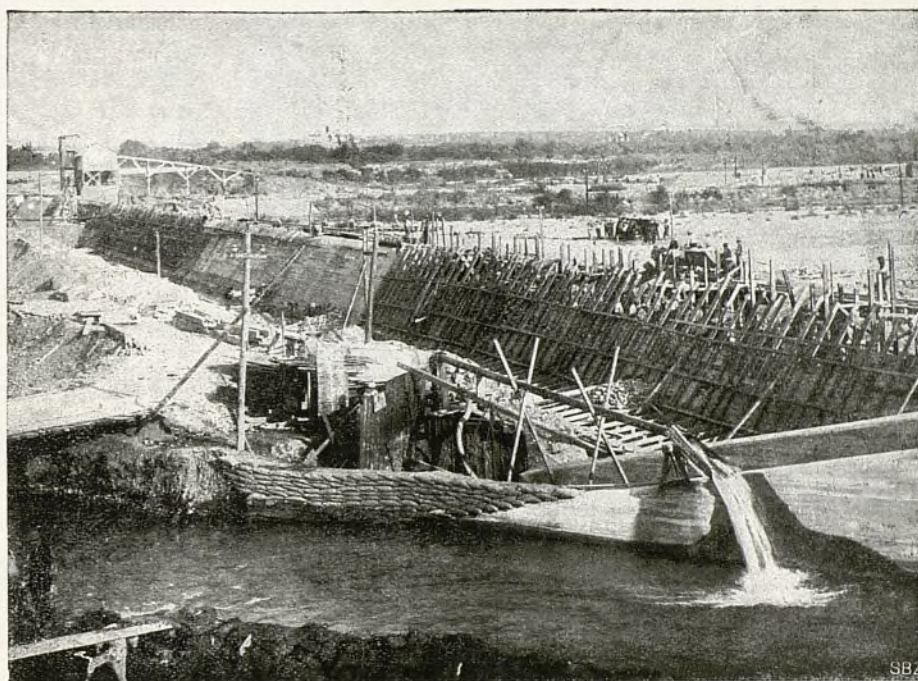


Fig. 59.—Muro de embalse en construcción, en último término paso flotante y desagüe.

dejan ver la forma trapezoidal de las secciones del canal. La solera, como también ambos declives, están revestidos de una capa de 10 cm. de hormigón para asegurar su impermeabilidad. Esta capa de hormigón se colocó de distinta manera en la parte del canal que revistió la Sociedad por administración, que en la parte que fué efectuada por contrato (figs. 63 y 64). A este propósito haremos notar que se practicaran determinadas experiencias para probar la impermeabilidad de este canal. Un kilómetro del mismo, ya terminado, se cerró por medio de un dique provisional de tierra, y se llenó de agua: este trozo de canal se hallaba parte en terraplén y parte en excavación.

Por medio de flotador se midió el descenso, y, por lo tanto, la pérdida de agua diaria, que fué disminuyendo muy rápidamente, de modo que al cabo de un mes y medio, era únicamente una décima parte de la de los primeros días. Por la impermeabilización lenta de la capa de hormigón debía ir disminuyendo aún más. Las filtraciones que se han producido durante el funcionamiento son sólo debidas a hinchazones de la solera.

Del primer trozo de canal hasta el gran embalse del kilómetro 19, merecen únicamente ser mencionados el acueducto sobre el río Set en el kilómetro 11,64, así como los pasos inferiores en los kilómetros 3,89 y 7,26 (figura 65). Al llenar los puntos donde están emplazados los diques, tóvose especial cuidado; se humedeció el material y se apisonó. La forma como se construyó el terraplén que forma el dique que cierra los grandes embalses desde el kilómetro 19 hasta el 22, ofrece mucho interés (D 1 hasta D 3 en la figura 54 pág. 44).

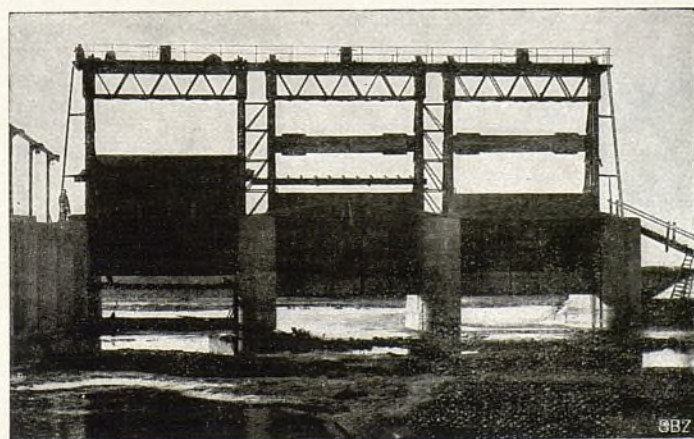


Fig. 60.—Compuertas de desagüe de la presa de embalse.



Fig. 61.—Embocadura con enrejados anchos; vista desde el interior.

El perfil de la fig. 66 representa la sección del dique número 3, el mayor de todos. En principio, los tres diques son semejantes. La parte interior del lado del agua está constituida por material arcilloso, apisonado en húmedo, y tiene una parte que penetra unos tres a cuatro metros de profundidad, en el lecho formado por un núcleo de arcilla roja (fig. 66, C). Para que el movimiento de las aguas no lo destruya, está fuertemente apisonado por cilindros de piedra. El centro del dique está apilado en seco con material de calidad relativamente inferior. En su pie, del lado de aguas abajo, hay, a todo lo largo del dique, un relleno de piedras que, unido a otro que existe transversalmente, forma una verdadera abertura de filtración.

La parte exterior consiste en material ordinario simplemente apilado, y fué sembrado. Para el centro del dique y para la parte exterior, se utilizó el material de las zanjas, transportado generalmente por una vía de rodillos. El

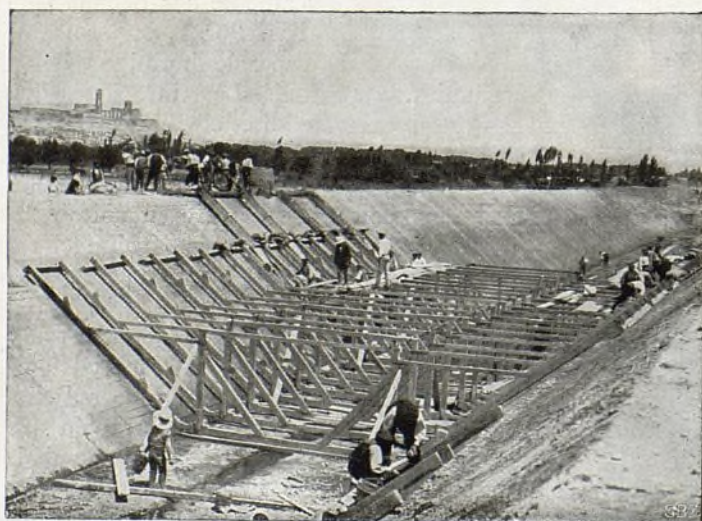


Fig. 63.—Revestimiento de los declives con andamiaje armado.

material arcilloso de la parte de aguas arriba se sacó directamente del valle que intercepta el dique por medio de una draga accionada por mulos, que funcionaba continuamente; se extraía la tierra y por medio de una noria se llenaban los carros, que tirados por un par de mulos, la conducían al dique, formando una hilera de carros que iban cargados y volvían vacíos día y noche sin interrupción, pues para el trabajo nocturno se alumbró la obra por medio de grandes arcos voltaicos, de tal modo, que en esta grandiosa obra podíase trabajar sin la menor interrupción.

El dique número 3 representa la siguiente cubicación: Volumen de la excavación, 5.235 metros cúbicos; volumen de la parte arcillosa, 112.470 m³; volumen de la parte central, 179.990 m³; volumen de la parte de aguas abajo, 75.040 m³; relleno de piedra, 5.400 m³; apisonado, 8.870 m³; hormigón, 247 m³. El vo-

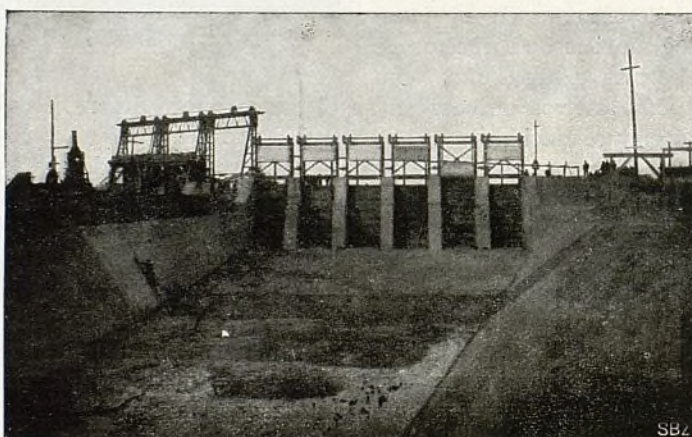


Fig. 62.—Compuertas de entrada del canal superior.

lumen total del dique es igual a 378.135 m³. Para cada dique se establecieron tuberías de desagüe provistas de válvulas en su parte interior, o de aguas arriba. Para maniobrar estas válvulas se establecieron castilletes metálicos (A, en la fig. 66), que sobresalen del máximo nivel de las aguas.

En este gran dique D 3, está la salida del sobrante, cuya construcción se halla representada en la fig. 70. Para reducir, en lo posible, las excavaciones del canal, se dispuso la coronación del aliviadero en zig-zag (figuras 71 y 72), disposición que permite un paso máximo de agua con un mínimo de ensanchamiento del canal, sin una gran diferencia de nivel. Alargando a 304,0 metros la longitud de la coronación y aumentando de 0,65 m. el nivel del agua, la cantidad que pasa es de 300 m³-segundo. Los 5 grandes depósitos unidos entre sí, tienen una capacidad total de 6.100.000 metros cúbicos hasta la cota de 140,88, es decir, hasta la solera del canal de

conducción, y de 14.592.300 m³ hasta la cota 145,0, con una superficie de nivel de 2,36 kilómetros cuadrados.

En el kilómetro 22, o sea en la salida del canal del gran depósito, empieza la segunda parte del canal (B en la fig. 66), calculada para una conducción máxima de 120 m³-segundo. Como queda dicho ya, las variaciones de nivel debidas a las variaciones más o menos rápidas de carga, tienen lugar únicamente entre el depósito y la tubería, o sea en una longitud de canal de unos 5,5 kilómetros. Toda vez que puede ser conveniente aislar el depósito del último trozo de canal, ya sea para utilizar únicamente para las variaciones de carga el volumen que éste contiene, ya sea para cerrarlo completamente, se ha previsto una instalación de compuertas. La coronación del talud del canal es, como ya se indicó, horizontal, en esta última parte del canal, existiendo únicamente en la solera la pendiente necesaria, de manera que en esta corta porción de canal la profundidad aumenta continuamente, alcanzando un máximo de 6,70 m. en la cámara de toma de agua.

Los 4 pequeños diques que se encuentran en esta última parte del canal (D 4 hasta 7, fig. 54), están contruidos exactamente según el mismo prin-

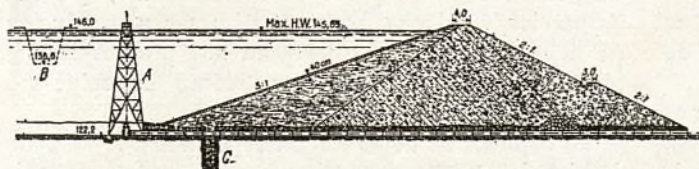


Fig. 66.—Sección del dique nº 3. Escala 1:1500.

cipio que los 3 del gran depósito, por lo que no hay necesidad de insistir sobre ellos. De las obras de fábrica, aparte de algunos pequeños pasos de carretera, contiene esta parte del canal únicamente las compuertas de desagüe. Consisten éstas en cuatro aberturas de 2 metros de ancho útil por 3 de altura. Estas deben entrar en función solamente cuando, por un motivo cualquiera, tuviera que dejarse en seco y no pudiera ser vaciado por la tubería de presión.

La cámara de agua del extremo del canal está formada por un ensanchamiento de 39 metros que desemboca directamente en las 5 cámaras de arranque de las tuberías de presión. En el centro hay una pequeña cámara de arranque para la tubería de excitación; las cámaras de agua están dispuestas de modo tal (véase fig. 73), que nunca puede quedar una cámara bajo la acción de toda la presión, puesto que las compuertas de entrada a las tuberías de presión están inmediatamente delante de la cara aguas arriba del gran muro de cierre.

Poco antes de las cámaras de entrada, la profundidad de agua es de 7,70 metros, y jun-

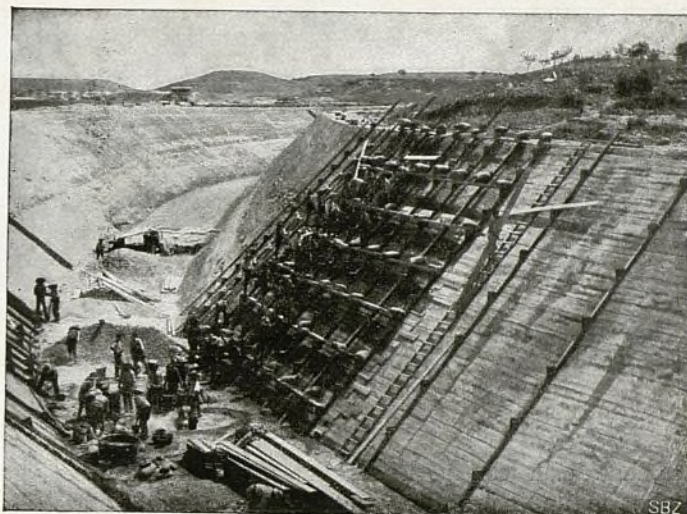


Fig. 64.—Revestimiento de los declives con andamiaje libre.

to al muro de cierre, de 10,5 metros. Las rejas que están dispuestas en estas cámaras tienen, por lo tanto, una longitud considerable. Están divididas en dos partes, una parte superior fija y una parte inferior móvil. La parte móvil es vertical y consiste en dos marcos dispuestos uno tras de otro que, para limpiarlos, pueden levantarse separadamente por una disposición semejante a la que se ha descrito para las instalaciones anteriores de Tresp.

La parte superior es fija y está inclinada, pudiéndose limpiar cómodamente desde una plataforma situada inmediatamente detrás. La compuerta propiamente dicha, que tiene una sección útil de 5,4 x 5,4, se halla formada por tablas reforzadas por armaduras de hierro. Pueden descargarse por medio de una pequeña compuerta de entrada con accionamiento especial. En consideración a la poca resistencia del terreno en aquel punto, se decidió, después, no construir el muro de cierre inmediatamente junto a la arista de la pendiente, lo que forzosamente dió lugar a que fuera preciso colocar un codo en el extremo superior de la tubería. Cada tubería se halla en



Fig. 65.—El canal de conducción atravesando un torrente.



Fig. 67.—Estado de construcción del dique nº 2 el 20 de Julio 1913.

comunicación con la atmósfera por medio de un tubo de un metro de ancho, colocado inmediatamente detrás de la compuerta. La disposición de las tuberías y de la casa de máquinas, está representada en la figura 74 y 75. Para comprender estas disposiciones es necesario hacer antes las siguientes observaciones:

El canal de desagüe, de 1,2 km. de longitud, desemboca directamente en el Segre. Hubo que darle una sección relativamente profunda, pues el estrecho lado del valle donde está la casa de máquinas tiene muy poca pendiente hacia el río. Teniendo en cuenta la necesidad de hacer excavaciones relativamente profundas para el canal, se procuró limitar en lo posible las excavaciones de la sala de máquinas.

A este fin se escogió una disposición que necesitara la menor superficie posible de edificación, cualidad que se encontró satisfecha por la disposición vertical de las turbinas, disposición que, para unidades tan potentes, no se había empleado hasta entonces en Europa.

La casa de máquinas contiene 4 turbinas verticales de un solo rodete, de una potencia máxima de 14.500 H.P. cada una, y tiene espacio disponible para una quinta turbina. Estas se hallan directamente acopladas a generadores verticales (figs. 81 y 82) de la General Electric Co., de una capacidad normal de 8000 kw. a 6000 voltios de tensión. Los grupos de excitación se hallan dispuestos separadamente en la parte central de la sala.

Los tubos de aspiración de estas grandes turbinas son de cemento, excepción hecha de su parte superior, que contiene un revestimiento de plancha (fig. 81). De este modo se podían limitar las excavaciones en la

casa de máquinas al espacio necesario para cada uno de los tubos de aspiración. Los asientos de las turbinas debían dar, por lo demás, el plano de apoyo de los trabajos de hormigón de la casa de máquinas. Las espirales están colocadas horizontalmente, macizadas hasta la altura de su eje de simetría. Esta disposición da lugar a un asiento muy uniforme y seguro de las mismas.

Para evitar una altura excesiva de la sala de máquinas, se buscó una solución sin piso intermediario, disponiendo los generadores directamente sobre las turbinas. Esta solución es perfectamente posible mientras la superficie anular de contacto se halle encima de los generadores, disposición que la firma *Escher Wyss & Co.* ha llevado a cabo con el mejor éxito en otras grandes instalaciones.

Para nombrar sólo una de éstas, citaremos la instalación del Biaschina de la A. G. Motor, en la que en la actualidad se hallan instalados tres grupos de 11.000 H.P. cada uno y uno de 15.000 H.P. a 300 revoluciones-minuto; esta instalación lleva aún las excitatrices directamente acopladas al eje de los generadores encima de los soportes quicioneras, porque la Sociedad se opuso a colocar los soportes quicioneras encima del soporte en cruz de los generadores, de procedencia americana, que ella proporcionó. Túvose, pues, que buscar una solución en la que las turbinas llevaran sus propios soportes. La figura 81 demuestra cómo se solucionó este problema.

El cojinete de bolas estaba soportado por un cono de fundición apoyado directamente sobre el anillo intermedio de la cámara, de acero fundido, pues estando ésta completamente macizada por su parte inferior, transmite perfectamente la presión a la mampostería. Por medio de esta disposición se

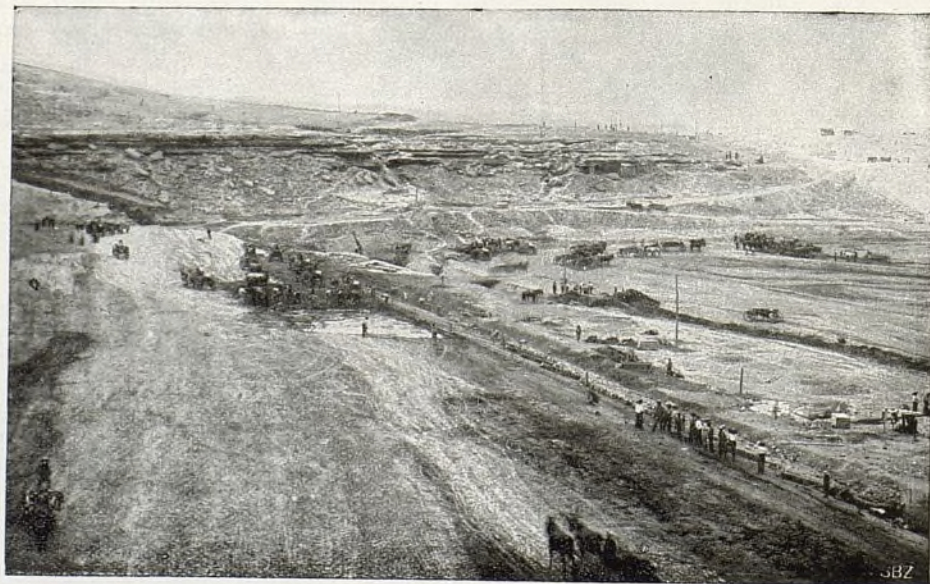


Fig. 68.—Construcción del dique nº 3. (17 Junio 1913).

podieron montar los generadores sobre el piso que está directamente encima de las turbinas. El conjunto de la construcción así dispuesta, presenta el mínimo que se puede alcanzar en longitud, anchura y altura.

La disposición de las turbinas deja también resuelta la de las tuberías de presión. Delante de cada cámara espiral se previó un tubo cónico junto a una válvula de mariposa, quedando ambas piezas dentro del recinto de la sala de máquinas. Después de la válvula de mariposa sigue un gran codo, y luego la tubería de presión correspondiente. Las tuberías, desde la cámara de arranque, tienen una inclinación de 45 grados aproximadamente y su planta tiene algo de forma de abanico (figura 73), para ajustarse a las distancias axiales entre turbinas. Los tubos tienen 3 metros de diámetro por un grueso de pared de 10 a 12 mm.; su remachado longitudinal es doble, el circular sencillo. Fueron llevados a la obra en trozos de 6 metros, formados, a su vez, por cuatro trozos con dos remachados longitudinales.

En el extremo superior de cada tubería se encuentra una expansión de 3,66 m. colocada entre la parte recta y el codo. El codo superior está sujeto a la mampostería por medio de fuertes pernos de hierro. En los extremos superiores e inferiores de las piezas de expansión, como también en el extremo superior de la curva inferior, hay platinas de hierro-ángulo que permiten una fácil conexión con los tubos inmediatos.

Estas tuberías están construídas con planchas de acero Siemens-Martín de calidad chapa al fuego, de 38 a 45 mm.² de resistencia y por lo menos

25 % de elasticidad, en trozos de 200 mm. de longitud. El remachado efectuado en los talleres, lo fué por medio de presión hidráulica, y en la obra se empleó para ello el aire comprimido. Asimismo también fué empleado el aire comprimido para el re-juntado. La tubería para las dos excitatrices fué construída con un cuidado especial; tiene un diámetro igual a 1.200 mm. y un grueso de plancha de 6 mm. La tubería se halla apoyada en macizos de hormigón distantes entre sí 3 m., con 120 grados de ángulo central. Entre la tubería y los macizos de hormigón no existen pequeñas planchas de hierro para el resbalamiento; sólo se ha interpuesto una pequeña capa de cartón-cuero.

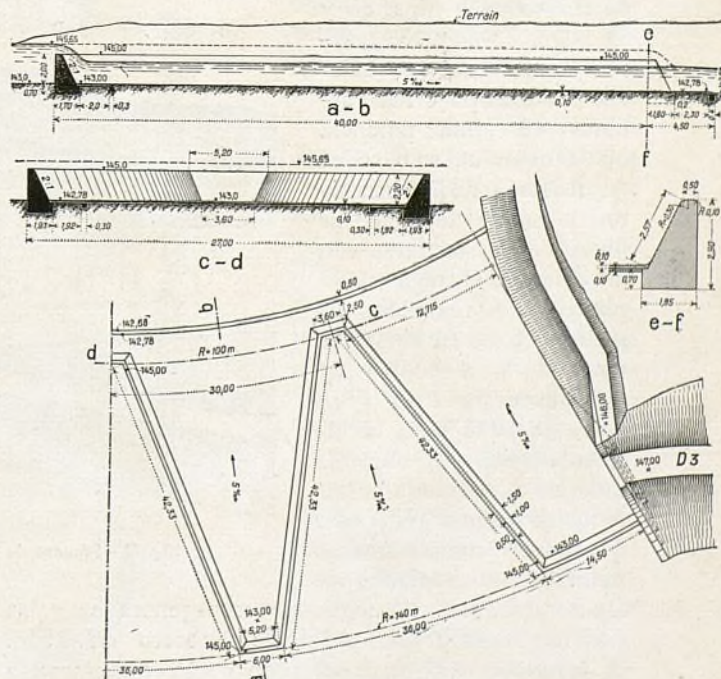


Fig. 71.—Plano del aliviadero 1:1000. Corte por a-b y c-d 1:500, e-f 1:250.

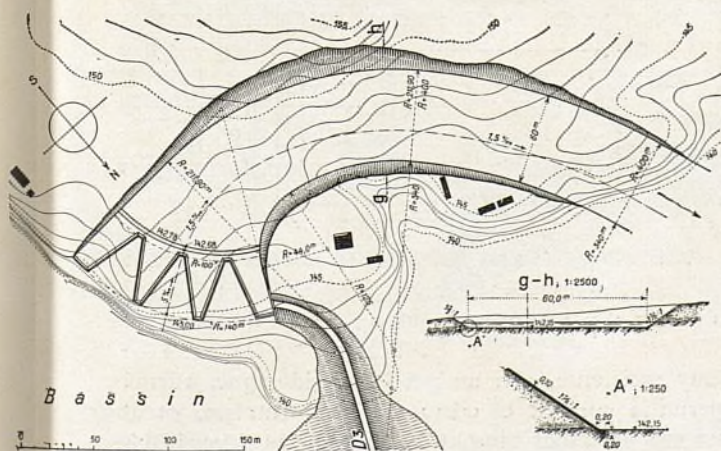


Fig. 70.—Aliviadero y canal de derivación.—Escala 1:5000.

Siguiendo las indicaciones de la Sociedad, la casa de transformadores y la de acumuladores se construyeron adosadas a la casa de máquinas. Teniendo en cuenta las condiciones locales, se consideró como más conveniente y sencillo construir estos edificios



Fig. 72.—Aliviadero; dique nº 3 parte Sud.

directamente sobre las tuberías de presión, lo que dió lugar a la disposición que representan las figuras. Los transformadores monofásicos se hallan agrupados de tres en tres. Pueden transformar la tensión de 6.000 voltios de los generadores a 88.000 y hasta a 110.000 voltios y su capacidad es suficiente para la plena carga de las máquinas, aun trabajando a la mínima elevación de tensión.

Los conductores eléctricos de salida se dirigen directamente a Lérida; los primeros postes metálicos se hallan montados sobre la misma tubería de presión (véase figura 80). Más adelante trataremos de nuevo de la línea de transporte.

Después de estas indicaciones generales, continuaremos la descripción de las turbinas (figs. 85 y 81 págs. 58-56). No tenemos noticia de que existan en Europa otras turbinas de tanta potencia que tengan un solo rodetete. Además de la magnitud inusitada de todas las piezas, debía contarse con un plazo de entrega extremadamente reducido. El pedido de las turbinas fué cursado a mediados de Diciembre de 1912 y en Julio de 1913 salía la última turbina de nuestros talleres. La primera turbina y el primer generador quedaron completamente montados a mediados de Enero de 1914. El segundo turbo-generador y las turbinas excitatrices, a fin de Febrero de 1914. A principios de Abril del propio año, empezaron a transmitir corriente a Barcelona.

La dificultad principal para cumplir un plazo de

entrega tan corto, consistía en la construcción de las cámaras espirales, pues nunca se habían construido de tales dimensiones ni siquiera aproximadas. Se podía escoger entre la fundición y la plancha para dichas cámaras. Las cámaras de plancha de forma usual con las paredes planas y los correspondientes refuerzos quedaban eliminadas desde un principio, dadas las grandes dimensiones y la presión, relativamente elevada, de 50 m.

Las espirales de fundición eran perfectamente posibles, pero hubieran dado un peso enorme y no hubieran permitido cumplir el plazo de entrega fijado, por la sencilla razón de que solamente se podía asegurar si eran o no utilizables, hasta que se hubieran probado a presión y se hubiesen, por lo tanto, acabado completamente estas piezas, de gran dificultad de ejecución. Una falla cualquiera de fundición, casi inevitable en piezas de tan extraordinaria magnitud, podía producir muy fácilmente su rotura al someterla a 8 atmósferas de presión, e inutilizar la pieza, lo que hubiera retrasado en varios meses su entrega, produciendo las consiguientes penalidades.

Se ideó entonces un nuevo sistema, consistente en una cámara de plancha con sección circular que se podía formar por medio de segmentos que van reduciéndose y que se unen entre sí por el intermedio de planchas remachadas (fig. 84). Estos segmentos de plancha debían unirse a unos fuertes aros de acero fundido, provistos de refuerzos.

Esta disposición dió como resultado una cámara

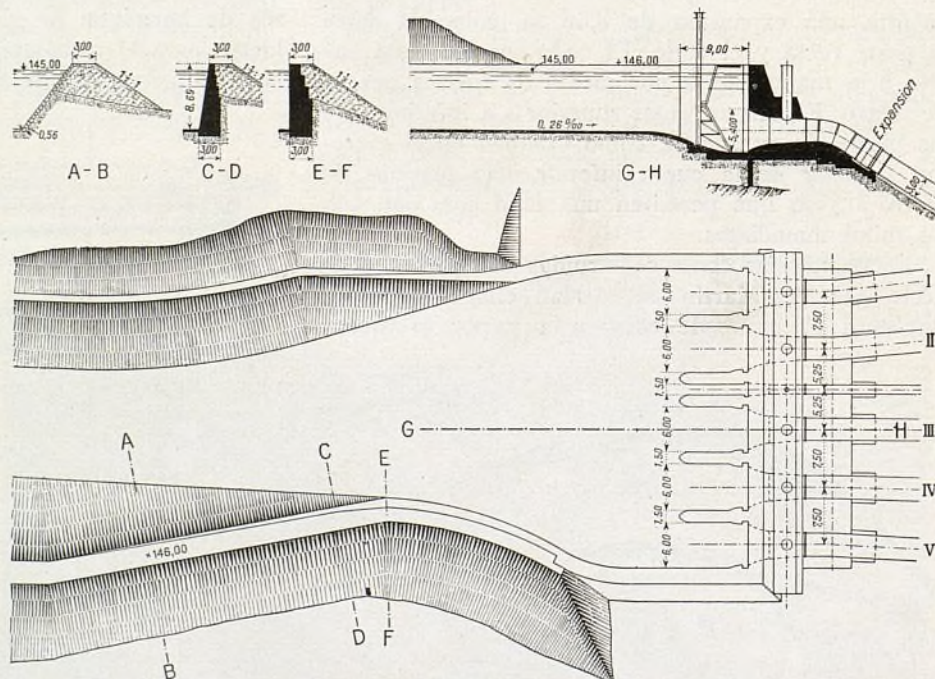


Fig. 73.—Cámara de toma de agua al extremo del canal.—Plano y cortes a 1:1000.

muy resistente, con un peso reducido, que, además, permitía cumplir el corto plazo de entrega, ya que no era de temer ningún fracaso en las pruebas bajo presión. Según tenemos entendido, debido a esta disposición de espiral completamente nueva y pa-

tentada, obtuvo la firma *Escher Wyss & Co.* la adjudicación de este suministro.

Para su transporte, fué necesario dividir la cámara en tres partes. En las superficies de división se colocaron hierros-ángulo como platinas, de modo que era posible atornillarlas con facilidad. Así se pudieron montar las cámaras en el taller, con las juntas de las uniones bien hechas y someterlas a la presión de prueba, lo que se verificó sin la menor dificultad. Para ahorrar tiempo, la turbina pro-

piamente dicha y la cámara se montaron separadamente, de modo que las turbinas podían estar listas en el taller de máquinas, mientras que la sec-

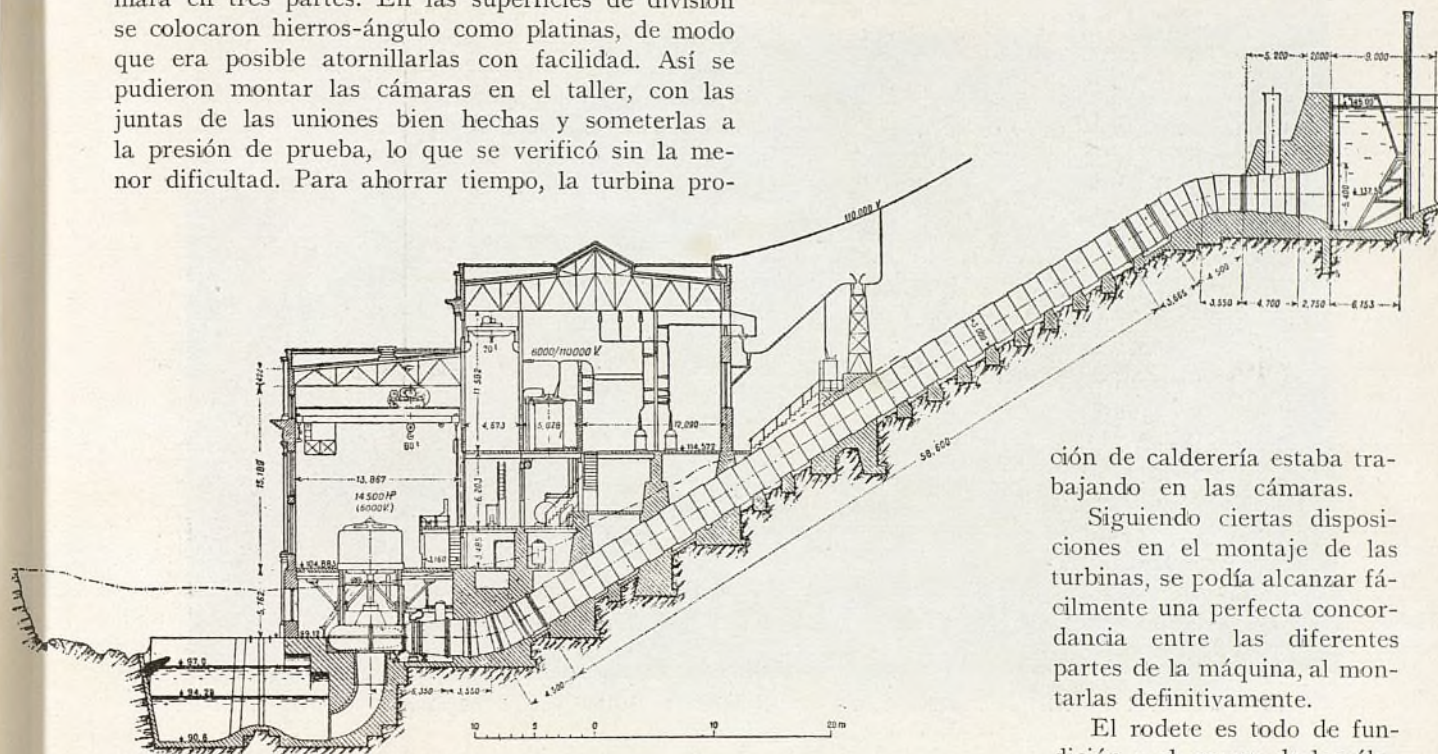


Fig. 74.—Corte de la casa de máquinas, tubería de presión y cámara de agua.—1 : 600.

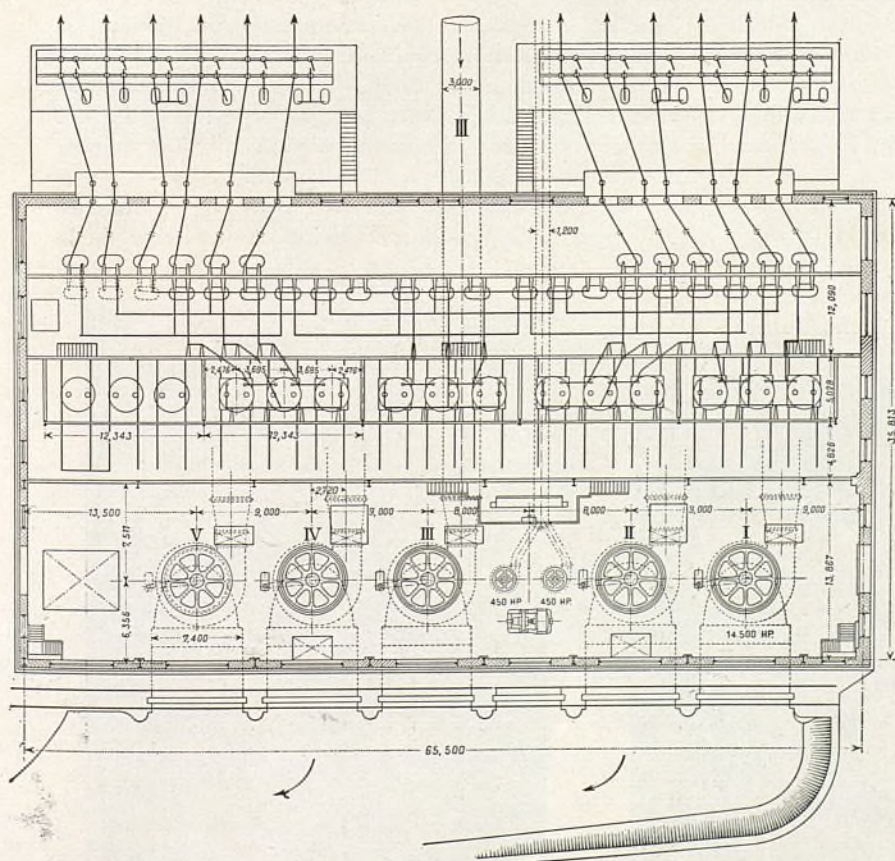


Fig. 75.—Planta de la casa de máquinas de la Central de Serós.—Escala 1 : 600.
(Véase corte de la fig. 74).

ción de calderería estaba trabajando en las cámaras.

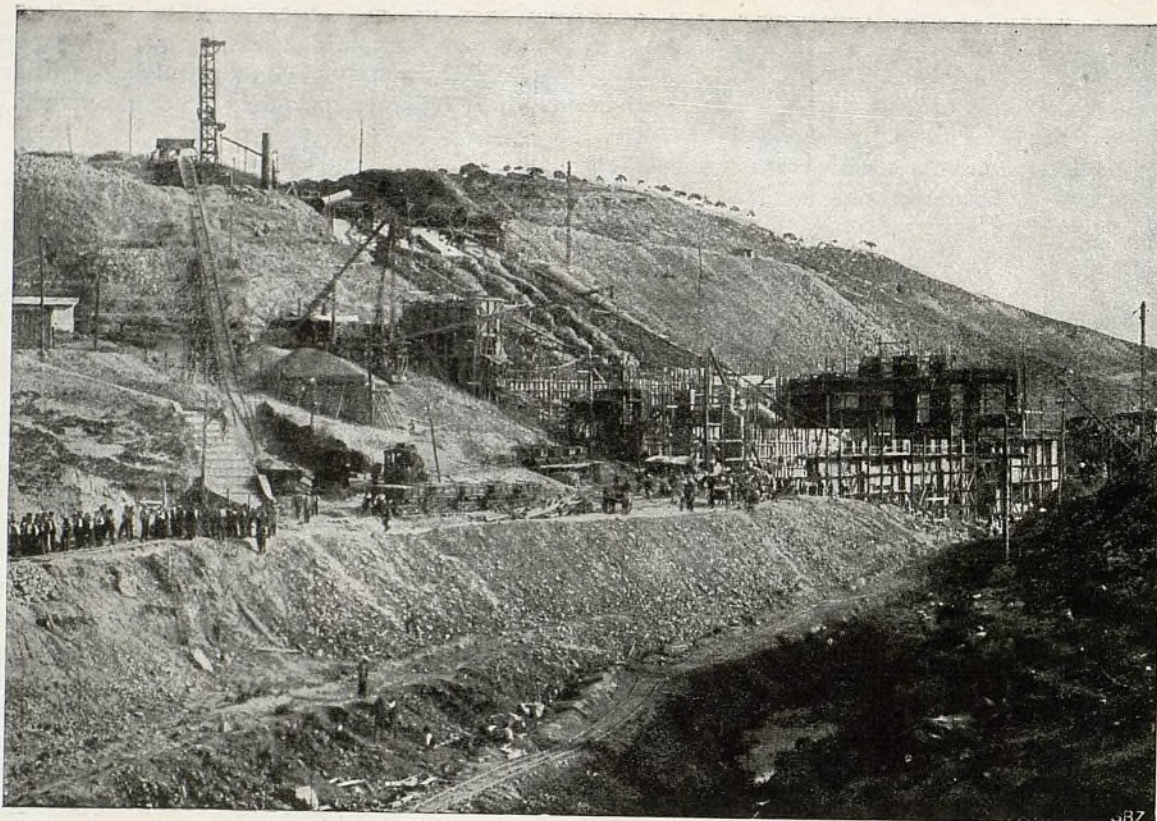
Siguiendo ciertas disposiciones en el montaje de las turbinas, se podía alcanzar fácilmente una perfecta concordancia entre las diferentes partes de la máquina, al montarlas definitivamente.

El rodete es todo de fundición y el grueso de los álabes es de 45 a 50 mm. en su centro. Está atornillado en la platina inferior del árbol de modo que puede desmontarse con facilidad. En la expansión de la parte superior del tubo de aspiración, hay dos portezuelas, accesibles desde el exterior por medio de dos pequeños pozos, que permiten formar un pequeño andamiaje bajo el rodete, lo que facilita en alto grado los trabajos de montaje y desmontaje de los rodetes.

Las turbinas van provistas de regulación llamada « exterior », esto es, que cada álabe tiene su espiga propia, que llega hasta el exterior a través de un guarda aires. Cada una de estas espigas tiene una palanca de regulación, y todas las palancas están unidas al anillo de regulación por el intermedio de bielas.

Los álabes de distribución se pueden sacar uno a uno fuera de la cámara.

Los soportes anulares están dotados de nuestro sistema de descarga por aceite a



[Fig. 76.—Estado de la construcción de la cámara de toma de agua, tubería de presión y casa de máquinas, el 18 de Octubre 1913.

presión, de comprobada eficacia. El anillo superior móvil y el inferior fijo, son de fundición de hierro especial de grano muy fino y se hallan cuidadosamente ajustados uno sobre otro. El anillo inferior se apoya directamente sobre la pieza cónica intermedia, y entre el soporte anular forjado en el árbol y el anillo superior, hay aún otro anillo intermedio para alcanzar una repartición lo más uniforme posible sobre el anillo superior.

En el anillo inferior se inyecta aceite a presión a 25 atmósferas, que se reparte en toda la longitud y en toda la periferia, saliendo uniformemente por los bordes interiores y exteriores. Así es que la turbina gira literalmente sobre un lecho de acei-

te exactamente igual que en las antiguas turbinas del Rhin. Este soporte, girando a 250 revoluciones por minuto, sostiene un peso total de 120 toneladas, de las cuales, 90 corresponden al generador, unas 15 al rotor de la turbina y unas 15 toneladas a la presión del agua sobre el rodete. Para alcanzar el máximo rendimiento posible se prescindió del empleo de tubos de comunicación directa, evitándose así pérdidas de agua adicionales.

Naturalmente, esto equivale a un cierto aumento de carga para el soporte quicionera. El árbol de la turbina termina en su parte superior con un plato



Fig. 77.—Tubos en curva a la entrada de la casa de máquinas. (8 Agosto 1913).



Fig. 79.—Montaje de la tubería de presión.

de acoplamiento, por medio del cual se atornilla directamente con el árbol del generador. El acoplamiento se efectúa por medio de 16 tornillos muy ligeramente cónicos y finamente pulimentados de

cado en el piso de las turbinas (fig. 86), junto a la cámara espiral, y transmite su movimiento a la regulación, por medio de una triple palanca y dos barras convergentes. El aceite a presión, indispen-

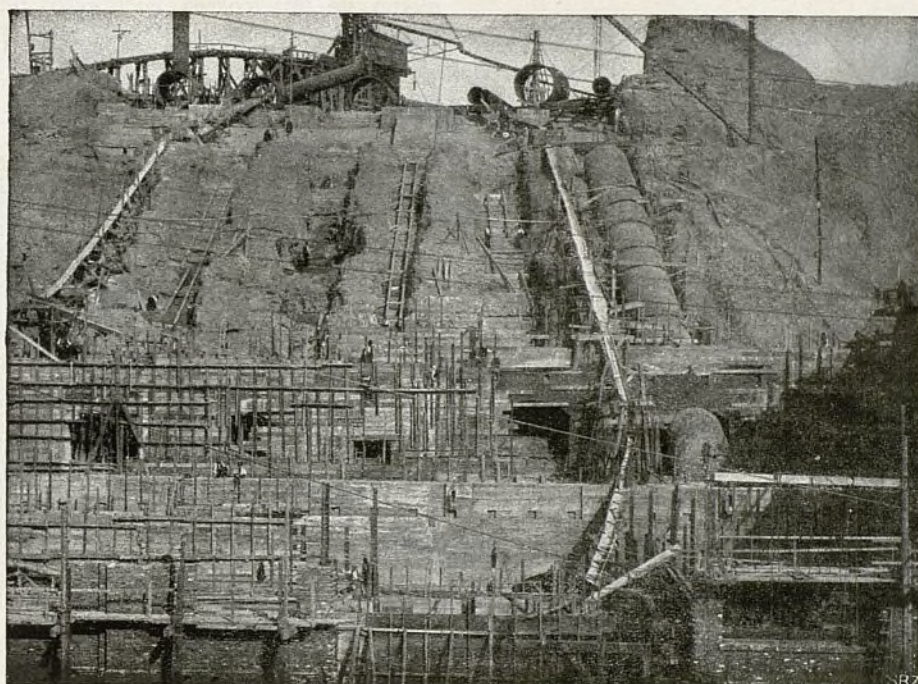


Fig. 78.—Emplazamiento de la tubería vista desde la parte inferior, tal como se encontraba el 18 de Octubre 1913.

75 mm. diámetro. El generador tiene dos soportes: uno en la cruz de los brazos inferiores, algo más alto que el piso de la sala de máquinas; el otro en la parte más alta de la cruz superior. Actualmente se han colocado soportes de aceite de construcción modernísima, que no necesitan ya ninguna bomba para comprimir el aceite, pues se produce ya la presión en el mismo soporte. Estos so-

sable para el regulador y para los soportes quicio-
neras, se obtiene de un grupo de bombas especial, que también va colocado en el piso de las turbinas.

Consiste en dos bombas de engranajes dobles accionadas cada una separadamente por una pequeña turbina Pelton. Estas bombas han sido también patentadas por la firma *Escher Wyss & Co.* El aceite se aspira de un recipiente común, y se impele por



Fig. 80.—Vista general de la casa de máquinas y de la cámara de toma de agua

portes son patentados por E. W. C. El primero de ellos está ya funcionando con el mejor éxito.

El accionamiento de la regulación se efectúa por medio de un servo-motor alimentado por aceite a presión. El cilindro del servo-motor se halla colo-

medio de las bombas, a una caldera de 700 mm. diámetro y 2 m. de altura, el aceite destinado a los reguladores, mientras que el destinado a los soportes es comprimido a un serpentín refrigerador, para contrarrestar los efectos de la elevada tem-

peratura existente en la sala de máquinas durante el verano. En caso necesario, el aceite para los cojinetes puede tomarse del de los reguladores, con lo que gana la seguridad de funcionamiento de los grupos ⁽¹⁾.

El aceite a presión del sistema del servo-motor

pasa primeramente al cilindro de cierre del servo y de éste al regulador de la turbina. Este regulador propiamente dicho, consiste en un péndulo, accionado directamente por el árbol de la misma turbina por medio de una correa horizontal, de la válvula de regulación, del mecanismo de retroceso y del fijador

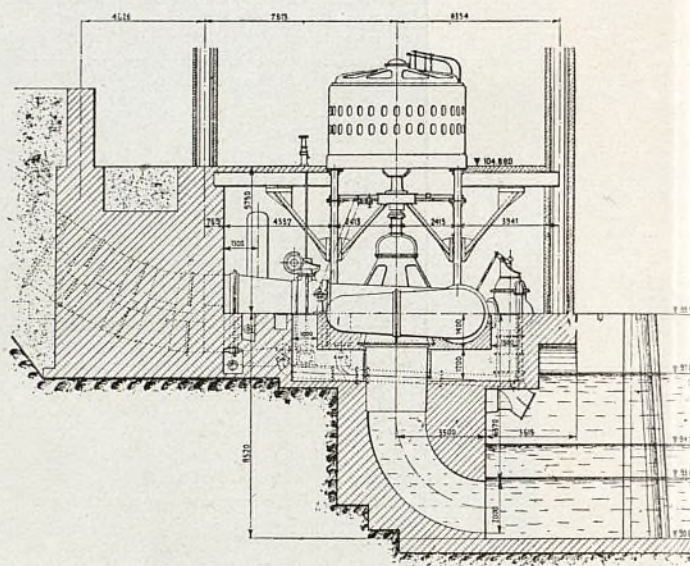
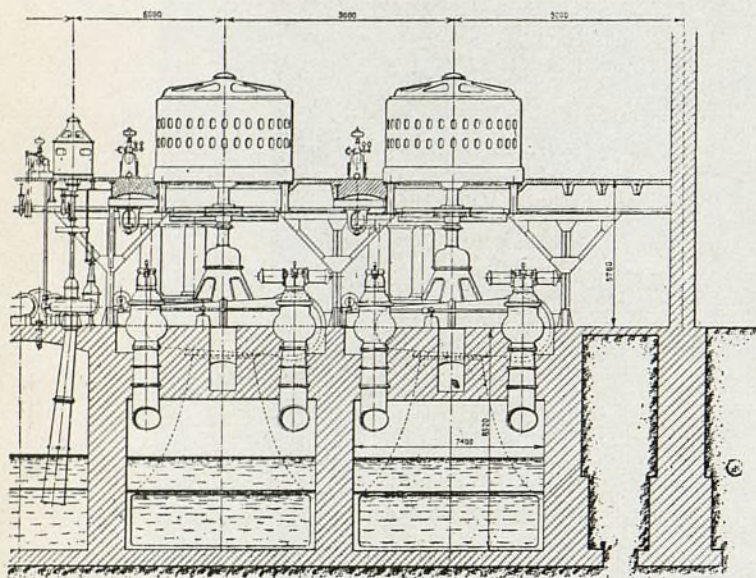


Fig. 82.—Vista de la sala de generadores.

Cortes
longitudinal,
transversal
y horizontal.

Escala 1 : 300.

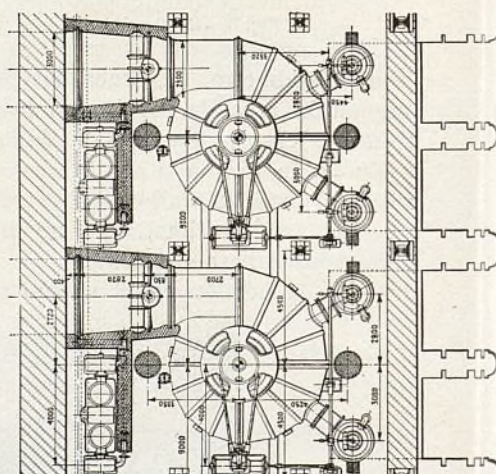


Fig. 81.—Disposición de las turbinas y generadores en la Central de Serós.

de velocidades, dispuesto todo ello en la conocida forma de nuestros Reguladores Universales de presión de aceite ⁽²⁾.

El accionamiento del péndulo por medio de correa, sistema que proponemos siempre y generalmente adoptado, no ofrece ningún peligro, porque si eventualmente se rompiera la correa o si ésta se cayera, la turbina se cerraría automáticamente. El cierre se efectúa por medio de nuestra disposi-

(1) Estas turbinas verticales no pueden funcionar si los cojinetes no están alimentados con aceite a presión. Mencionaremos aquí, citando únicamente las mayores unidades, que en Río Janeiro funcionan sin interrupción, desde 1912, 8 turbinas Escher Wyss & Co., de las cuales dos son de 20.000 H.P., en Necaxa, desde 1910, 8 turbinas E. W. C., de las cuales dos son de 16.000 H.P., sin que ni una sola vez hayan sufrido nada los soportes quicioneras.

(2) Véase una detallada descripción de estos reguladores en el Tomo LXIV del «Schweizerische Bauzeitung», página 224.—21 Noviembre 1914.

ción patentada, consistente en una pequeña válvula auxiliar que se abre al bajar el péndulo y comunica inmediatamente la presión a la parte superior de la distribución.

han dado muy buenos resultados en la práctica. El número de revoluciones puede variarse desde el cuadro de electricidad. Además el regulador lleva un limitador de abertura de los álabes distribuidores,

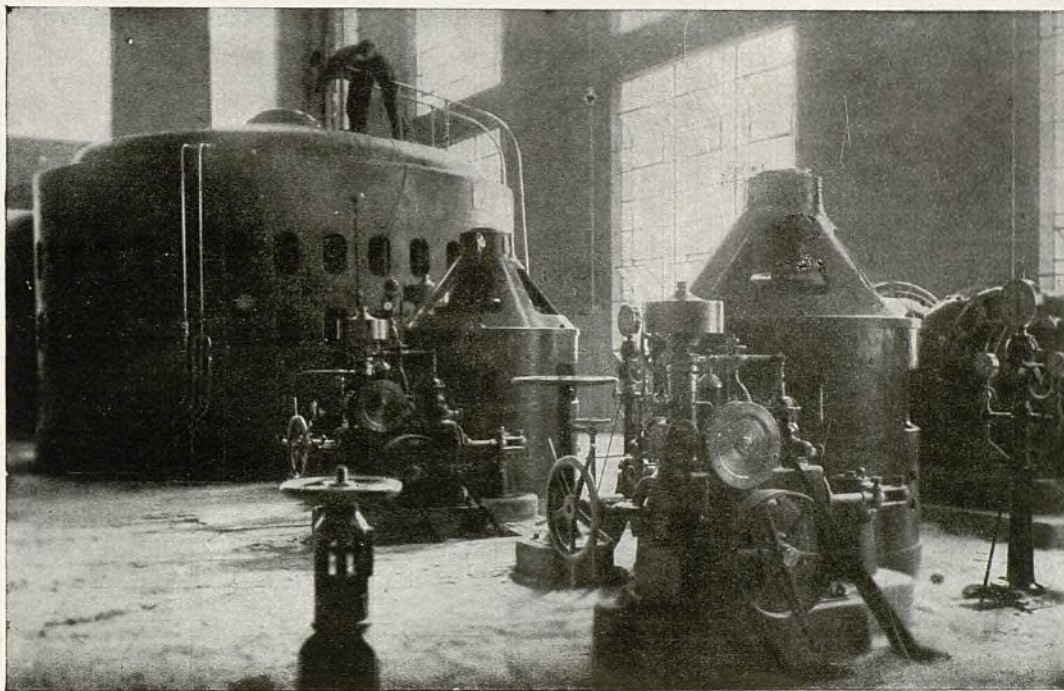


Fig. 83.—Los dos grupos de excitatrices; en la parte posterior uno de los generadores de la General Electric Co. el día de la puesta en marcha.

A fin de que la turbina pueda ponerse en marcha, debe anularse la acción de este dispositivo durante este período, lo que muy fácilmente se

regulable a mano, que permite fijar una determinada carga máxima de la turbina.

La disposición de cierre de la turbina consiste,

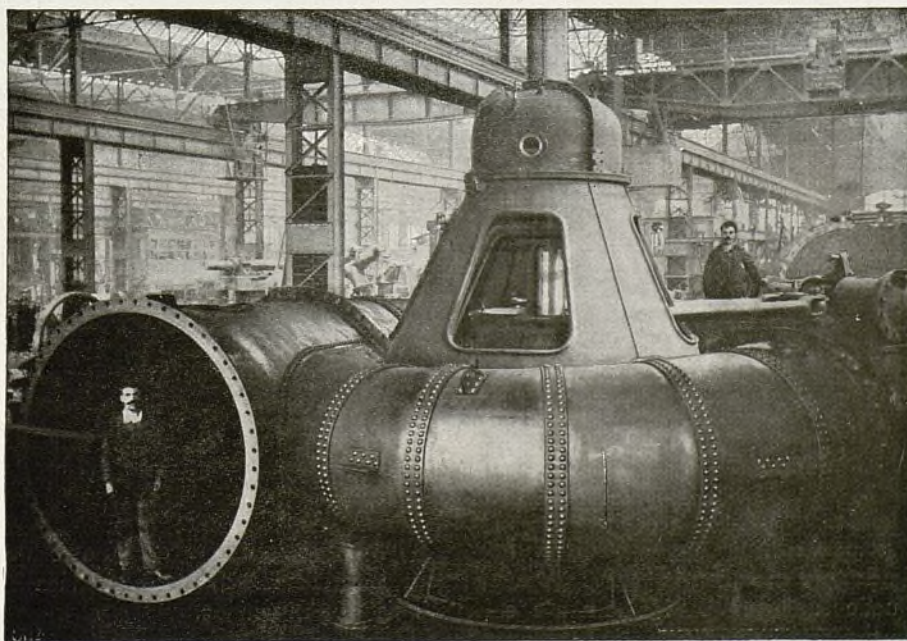


Fig. 84.—Caja de una de las turbinas de Serós en los talleres de Escher Wyss & Co., en Zurich.

logra accionando a mano una pequeña válvula. Normalmente, todos nuestros reguladores van provistos de estos mecanismos de cierre automático, que

según queda ya dicho, en una válvula de mariposa accionada hidráulicamente. Dada la poca longitud de la tubería, no se considera necesario que

su cierre sea muy perfecto, por lo que resulta justificada la adopción de una válvula de mariposa, por ser más económica.

La turbina sin carga no queda detenida con el simple cierre de los álabes distribuidores, pues éstos siempre pierden algo, sobre todo después de al-

bería especial de 1.200 mm. de diámetro, según queda dicho, se bifurca en dos de 500 mm. cada una, las que tienen una válvula de compuerta accionada mecánicamente antes de cada turbina. Las turbinas disponen también de regulación exterior accionada por un regulador normal de presión de aceite.

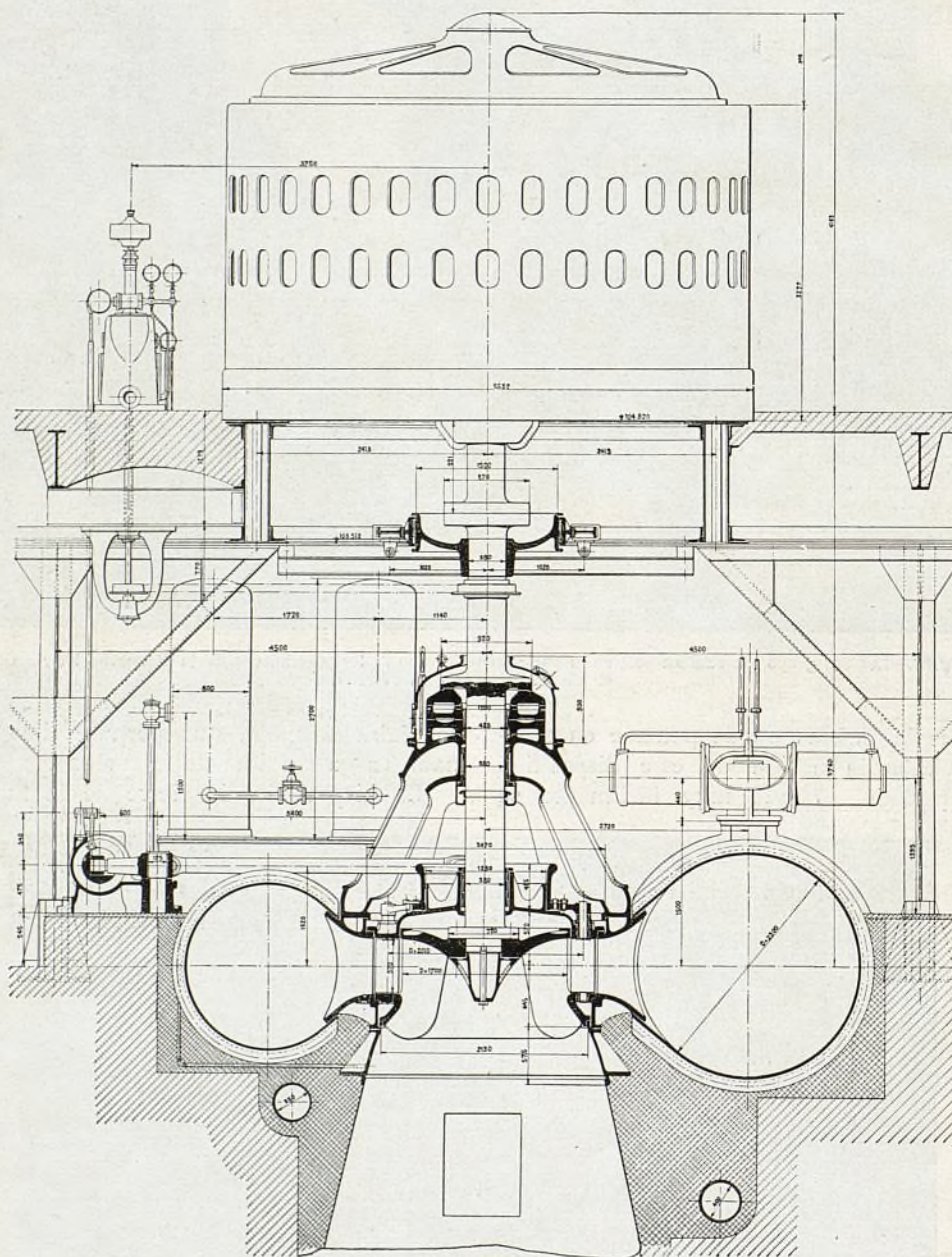


Fig. 85.—Turbina espiral Francis de 14 500 HP, con 50 metros salto, de Escher Wyss & Co. Corte a escala 1:80.

gún tiempo de funcionamiento, así es que se dispuso un freno de quijadas debajo de los platos de acoplamiento que puede funcionar indistintamente con aceite a presión o a mano. Por este medio la turbina queda parada en un tiempo comprendido entre 5 y 10 minutos.

Las turbinas excitatrices son del tipo simple, vertical, en cámara espiral, de 600 caballos de potencia y funcionan a 600 revoluciones por minuto. Su tu-

En estas turbinas el soporte quicionera se encuentra también sobre la cámara de la turbina en el piso de máquinas.

La figura 1 permite ver la disposición de la línea principal de transporte a Barcelona. Se estableció una línea que desde Pobla, en la parte alta de Tremp, conduce a Serós pasando por Barcedana, Balaguer y Lérida, uniendo así las dos Centrales.

Partiendo de Camarasa la línea se dirige a Igua-

lada y desde allí a Sans-Barcelona. El trazado principal de Tremp a Barcelona tiene unos 160 km. de longitud. La ramificación de Camarasa a Serós tiene 87 km. La tensión de transmisión es de 110.000 voltios. Se aplicaron a esta línea aisladores de campana y de suspensión, fundándose en detenidas experiencias que la Sociedad había efectuado en su casa principal en New-York. Los conductores son todos dobles. Primeramente se erigió una línea para 25.000 voltios solamente con pequeños aisladores para suministrar corriente de la Central de la Pobla. Como el suministro de los aisladores se efectuó con algún retraso, decidióse la Sociedad a construir una línea provisional para 88.000 voltios.

Los aisladores de campana están formados por

En Julio de 1915 la longitud de las canalizaciones de toda clase en servicio eran las siguientes:

25.000 voltios: cables subterráneos	4,3 km.
líneas aéreas de transporte	352 »
6.000 volt. cables subterráneos	342 »
líneas aéreas de transporte	167 »
220 volt. lín. aéreas distribución	1984 km.
2×110 volt. corriente continua cables subterráneos	495 km.

El total de pólizas y contratos era el siguiente:

Alumbrado particular	27.000 bujías
» público	734.000 »
Fuerza motriz	56.800 kw.
de los que pertenecían a tranvías	1.500 »
Número de contadores	53.500

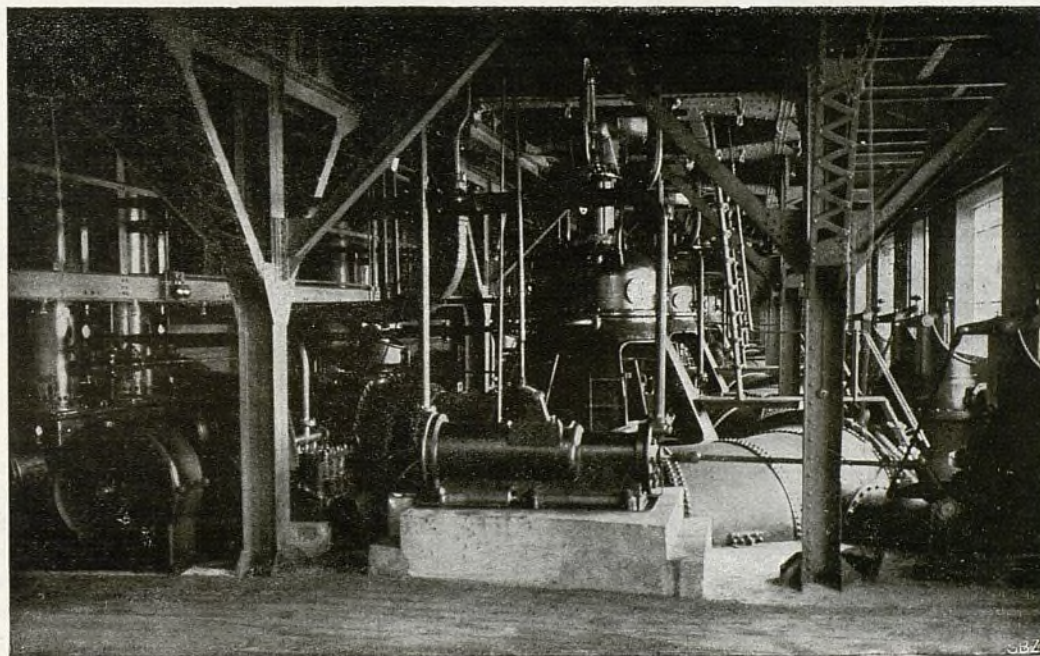


Fig. 86.—Vista parcial del departamento de turbinas de la Central de Serós.

cuatro elementos de 14" (igual a 356 mm.) de diámetro y los suspendidos tienen 7 elementos de dimensiones normales. Con los aisladores de campana los tres conductores de cada línea se hallan formando un triángulo a cada lado de los postes; con los suspendidos están una sobre otra, formando un triángulo isóceles muy aplanado. Un hilo de tierra reúne entre sí los extremos de los postes. A cada 30 kilómetros se verifica una completa inversión en la disposición de los conductores. Los postes son de hierro galvanizado, formados de piezas de muy pequeña sección, pero, gracias a las holgadas dimensiones de los postes, se ha alcanzado una gran rigidez.

Las líneas principales de transporte terminan en la gran sub-estación de Sans, donde la corriente se transforma a 25.000 y a 6.000 voltios, y después, para la distribución directa, se vuelve a transformar a 220 voltios (4 hilos) o en continua a 2×110 voltios, por medio de transformadores rotativos.

Creemos oportuno añadir a la descripción de las instalaciones algo sobre las organizaciones que requirió su construcción.

En Pobla de Segur, sobre el embalse del muro-presa de San Antonio, se erigió primeramente una Central de 4.500 caballos para la construcción, utilizando un salto del Noguera Pallaresa sobre unos 15 km. y funcionando con 25,5 metros de salto. La construcción de esta Central fué considerada primeramente como provisional, pero, cuando se terminaron los trabajos, propuso la dirección transformarla en definitiva, puesto que más tarde, en el caso de electrificación del ferrocarril transpirenaico, podría servir de estación de fuerza para su funcionamiento.

La presa primitiva, que no tenía más que 2 a 3 metros de altura, estaba formada por ataguías rellenas de piedras. Luego se construyó, aguas abajo de esta presa, un muro de hormigón con la disposición normal que se da a los muros de presa definitivos. El canal de sección trapezoidal tiene siete kiló-

metros de longitud, y en su mayor parte no está revestido; solamente una pequeña parte se construyó como acueducto de hormigón. Termina el canal en una pequeña cámara de toma de agua, de la que sale un tubo para cada una de las tres turbinas dobles, en cámara cilíndrica, de 1.500 H.P., a 250 revoluciones-minuto.

La casa de máquinas es muy sencilla y cubierta de plancha ondulada.

Para poder suministrar energía en el plazo más breve posible a la parte baja de la provincia de Lérida, decidió la Sociedad la construcción de una Central térmica junto a la estación del ferrocarril de Lérida, dotada con dos grupos turbo-alternadores de 500 kw. cada uno, con su correspondiente batería de calderas. La fuerza producida por esta Central servía al principio para accionar los motores de las

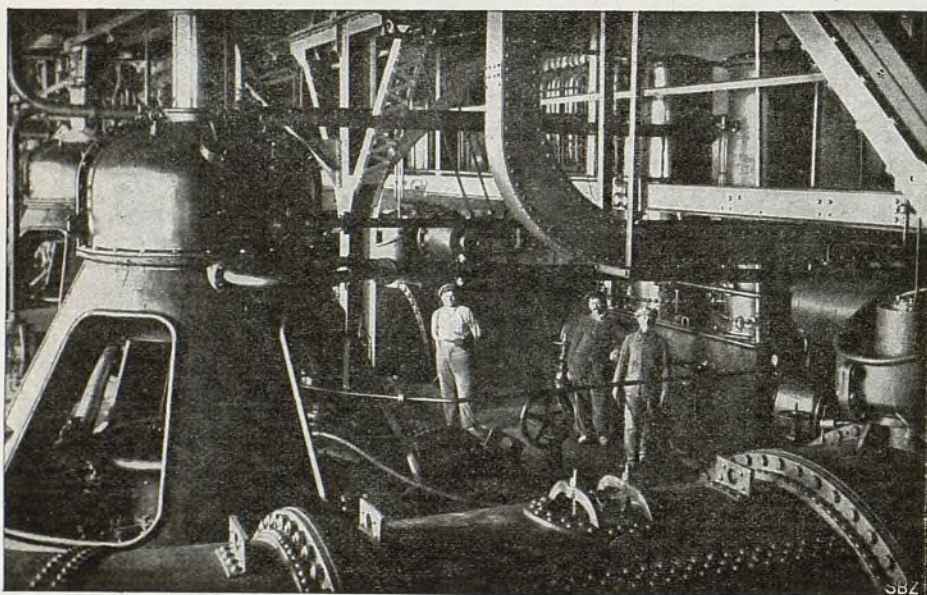


Fig. 87.—Otra vista del departamento de turbinas de la Central de Serós.

máquinas de hormigón, ascensores, transportes por cable aéreo, etc., así como para alumbrar debidamente los puntos donde se realizaban obras importantes.

Pero además, en todas las obras había gran número de máquinas accionadas directamente por vapor. De éstas, debemos mencionar en primer lugar las dragas de cangilones que sirvieron para las excavaciones de los grandes depósitos entre los diques 2 y 3, para las del canal de aliviadero, así como para las del canal de 120 m. y del canal de desagüe. Estas dragas son máquinas muy importantes, cuyos cangilones tienen unos 2 m. de capacidad. Para la remoción de las rocas blandas encontradas en muchos puntos, se emplearon barrenos, pero midiendo la carga de los explosivos de manera que no hicieran más que remover el terreno sin llegar a lanzar la tierra y las rocas.

Para el taladro de los barrenos, se emplearon taladradoras verticales, accionadas también por vapor. Además había un gran número de rodillos de

vapor funcionando en la construcción de los grandes diques o presas, y, naturalmente, todos los «Derricks» estaban provistos de locomoción a vapor.

Otro servicio que al principio se hacía también por medio de tractores de vapor, era el transporte de los materiales de construcción al pie de la obra; todos los materiales se transportaban a Lérida, a la gran estación de la Sociedad (Vilanoveta) y de aquí se transportaban a los almacenes principales situados en Balaguer, S. E. de Camarasa; a Tremp y a Aytona, N. E. de Serós.

Este transporte se efectuaba por medio de locomóviles para las piezas pesadas, para lo que se seguían dos sistemas: por una parte se empleaban locomóviles de vapor Fowler, de 14 toneladas y locomóviles Faxman de 10,75 toneladas; ambos utilizando solamente como medio de adhesión, su propio peso sobre los ejes traseños.

Estas locomóviles podían trabajar también con remolque. Un tres normal con una locomóvil arrastraba de 3 a 4 vagones de 2 ejes, de 11 a 13 toneladas de peso, carga incluidas. La velocidad era por término medio de unos 4 a 5 kilómetros hora, contando todas las paradas necesarias por malos caminos, etc.

El otro sistema era el de automóviles Daimler, en el cual, además del peso del tractor, también se utilizaba parte del peso del remolque como fuerza de adhesión. El tractor, que no tiene más que 5 toneladas de peso, lleva el motor de mucha potencia, así como todos los accesorios del mismo. Ambos ejes son de tracción y el árbol del motor está alargado hasta el extremo posterior del carruaje.

Los remolques tienen un peso total de 11,5 toneladas con carga. Tienen 3 ejes, 2 de ellos son ejes conducidos y el de en medio es de tracción. Este último está unido, por medio de un mecanismo diferencial, a un árbol colocado en la dirección del remolque, el cual a su vez se acopla, por el intermedio de articulación de cardan, con el camión motor o con otro remolque. Los informes de la Sociedad no son tan satisfactorios sobre este segundo sistema, como sobre el de las locomotoras de vapor, pues dan ocasión a muchas más interrupciones, lo cual, unido al elevado precio que la bencina tiene en España, dió motivo a que se utilizaran casi exclusivamente las locomóviles.

Tanto para las instalaciones de Serós como para las de Tremp, se tuvieron que establecer caminos antes de empezar la construcción. Para la primera

fué necesaria una carretera entre Sudanel y Aytona, que se pudo construir con poco coste, pues se trata de un terreno muy fácil. Para la Central de Tremp las cosas no se presentaron tan bien. La Sociedad francesa «Energía Eléctrica de Cataluña», que construyó una Central de 25.000 H.P. en Capdella, para la cual suministró la casa *Escher Wyss & Co.* todas las turbinas y tuberías, transportaba casi todo su material desde Tárrega (cerca de Cervera, hacia Artesa, O. de Camarasa), Tremp y Poblá hasta Capdella, por medio de carros de dos ruedas tirados por mulos. Únicamente utilizaba tractores para las piezas de gran tamaño. Resultó, pues, que desde principios de 1913 estos caminos tuvieron que soportar también todo el tráfico de las obras de la Sociedad PEARSON.

Este enorme tránsito, puso aquellos caminos en muy mal estado, tanto más si se tiene en cuenta que, como casi todas las carreteras de España, no tenían lecho de carretera, así es que se formaron surcos muy profundos. Por esta causa la Sociedad PEARSON construyó una carretera, para su uso particular, en el valle del Noguera Pallaresa, empezando algo al Norte de Balaguer, hasta cerca de Tremp, la cual, al principio, no podía utilizarse más que para su tráfico.

Este trabajo, que fué objeto de una conferencia en la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de Zurich, data del año 1917, por lo que consideramos de interés algunas aclaraciones, especialmente en lo que se refiere al desarrollo de los trabajos hidroeléctricos realizados en Cataluña desde aquella fecha, ya que no todos han seguido el curso que entonces se previera.

La Catalana de Gas y Electricidad tiene, hace ya tiempo, en explotación, la Central hidráulica de Seira y la Central térmica de San Adrián.

La Energía Eléctrica de Cataluña tiene en funcionamiento, además de la Central de Capdella que se menciona, la Central llamada de Molins, también sobre el Flamisell, aguas abajo de la primera. En esta Central hay instalados tres grupos con turbinas tangenciales de *Escher Wyss & Co.*, de unos 7.000 caballos cada una, siendo el salto de 265 metros. Esta entidad toma, además, un considerable número de kilowatios de la Central que la Sociedad Productora de Fuerzas Motrices tiene en Poblá de Segur, donde la Energía Eléctrica de Cataluña ha instalado una estación transformadora al aire libre, primera de esta clase en España. La Central de Poblá está equipada con dos grupos de turbinas Francis en cámara espiral, de 8.000 caballos cada una, bajo un salto de 188 metros, construidas por *Escher Wyss & Co.*, cuya casa construye también actualmente otras dos turbinas de 4.000 caballos, para ampliar esta Central.

Riegos y Fuerza del Ebro, introdujo importantes modificaciones en el plan de aprovechamiento de las concesiones del Noguera Pallaresa, pues ha renunciado, por lo menos de momento, a la cons-

Esta carretera la construyó la Sociedad actuando como contratista del Estado, reduciendo a menos de un año, los cinco que se habían previsto.

Al principio no se admitió el paso de carros de dos ruedas, permitiéndose únicamente el de tractores. Desde los comienzos la conservación fué siempre excelente. Naturalmente que, en la actualidad, ya no existe ninguna clase de limitación para el tráfico en esta carretera.

La Sociedad construyó por administración todas las obras de importancia de las Centrales de Tremp y de Serós. Únicamente se traspasaron a contratistas algunos pocos trabajos que no presentaban ninguna dificultad; el número de obreros alcanzó a 15.000 durante los meses de mayor actividad, comprendiendo de Junio a Octubre de 1913, disminuyendo luego a 9.000 durante los meses de invierno. Desde que estalló la guerra, el máximo de obreros fué de 3.500. Durante el tiempo de mayor actividad se emplearon de 1.500 a 2.000 animales de tiro; para el transporte de personal y a la disposición de los Ingenieros, particularmente de los Inspectores del Estado, dispuso la Sociedad un importante parque de automóviles, que era de absoluta necesidad, en un terreno donde no había otro medio rápido de locomoción.

trucción de la Central de Barcedana, erigiendo en su lugar la importante Central de Camarasa, llamada también de Confluencia, por estar emplazada en el punto donde el Noguera Pallaresa afluye en el Segre. Actualmente, está alimentada esta Central por las aguas del Noguera Pallaresa, que se embalsan y derivan por medio de una presa de unos 90 metros de altura, pero, más adelante, podrá ser también alimentada por las aguas del Segre. La Central está construída para cinco grupos de eje vertical, de 18.500 caballos cada uno. Actualmente funcionan ya dos grupos con turbina Francis, de cámara espiral y reglaje exterior, procedentes de la mencionada casa *Escher Wyss & Co.* Sin poder entrar en la descripción de esta importante instalación, diremos únicamente que los trabajos se han verificado con una rapidez y economía verdaderamente notables bajo la dirección del eximio Ingeniero Mr. G. W. Caldwell, que había intervenido ya eficazmente en la construcción de la presa de Talarn. También es digno de notar que las tuberías para estas grandes turbinas y las importantes compuertas de entrada del canal (para 80.000 litros de paso) y de la cámara de toma de agua (para 20.000 litros cada una), han sido construídas en un importante taller de Barcelona, bajo la dirección y control de nuestro esclarecido compañero, D. Francisco Vives Pons.

En cuanto al tercer grupo de que se habla en la pág. 25, y que requería el embalse del Ebro en Fayon, no se puede llevar a efecto, pues, aparte de las grandes dificultades de diverso orden que ofrece, la práctica ha demostrado que no habría consumo bastante para absorber la gran cantidad de energía que allí se desarrollaría.

CRÓNICA DE LA AGRUPACIÓN

El proyecto de nueva organización de servicios de los Ministerios, según el cual se pretende nuevamente sujetar a nuestras Escuelas de Ingenieros Industriales a la dependencia del Ministerio de Instrucción Pública y las de las otras carreras de ingenieros civiles al Ministerio de Trabajo (que lo será igualmente, al parecer, de Industria y Comercio), ha causado péximo efecto entre todos los compañeros.

Hace escasamente medio año, conseguimos que del Ministerio de Instrucción Pública pasasen a depender del de Fomento, apoyándonos precisamente en la postergación en que se tenía nuestra Carrera a los efectos de cooperar al encauzamiento del trabajo y al progreso industrial de nuestra tierra. Entendimos entonces, como ahora, que era preciso lograr mayor contacto con las dependencias de nuestro Gobierno donde con mayor intensidad se sienten los latidos de la actividad y ansias de nuestro pueblo hacia el trabajo, y que al igual y quizás con preferencia a todos los demás ingenieros civiles, debíamos formar parte, podríamos decir, del Estado Mayor del Ministerio de Fomento o del que asumiera las, hasta hoy, sus atribuciones.

No cejaremos en nuestro empeño de defender lo que es para nosotros dogmático en la institución de nuestra Carrera y como avance de nuestra actuación se remitió al Presidente del Consejo de Ministros, al igual que a los Ministros Sres. La Cierva (ex-ministro de Fomento), Maestre (actual Ministro de Fomento) y Cambó (ex-ministro de Fomento), el siguiente telegrama:

«Noticia proyecto reingreso Escuelas Ingenieros Industriales a Ministerio Instrucción Pública excepcionando nuevamente carrera de los demás ingenieros civiles, ha producido unánime disgusto por indicio excluir carrera utilización por el Estado, cuando tendencia mundial es dignificar industrias por acción técnica y social obligada Ingeniero Industrial. Stop. Suplicamos influya rectificación propósito manteniendo carrera mismas prerrogativas demás especialidades reconociendo preferente influencia progreso trabajo nacional.—Ramoneda».

Ya tendremos al corriente a nuestros lectores del desarrollo de este asunto.

Nuestro programa

Reflejando el común sentir de nuestra colectividad, encuadrada bajo el lema de cooperar al progreso de nuestra Patria e impulsar su riqueza propia, dedicaremos con preferencia las páginas de esta Revista a cuanto sea verdaderamente nuestro y refleje la industria española en todas las manifestaciones de su trabajo.

Empezamos hoy la realización de nuestro programa dando a conocer una de las fuentes de riqueza de nuestro suelo, gracias a la cual ha podido salvarse de una segura ruina gran parte de la industria catalana durante la tormentosa época de la pasada guerra.

Sin las soberbias instalaciones de producción de fuerza, que tanto honran hoy a Cataluña, por las cuales se ha podido poner en práctica utilización las fuerzas desperdiciadas en sus ríos, sin ellas, al frente de los precios que alcanzaron los carbones de nuestro consumo, y de otra parte la imposibilidad de procurárseles, forzosamente habrían quedado paralizadas la mayoría de las industrias que en la actualidad constituyen nuestra riqueza.

Como hemos dicho, inauguramos con este trabajo la serie de los que seguirán, dedicados a este tema, y, sucesivamente, nos proponemos dar a conocer en estas páginas cuanto es característica propia en el ramo de nuestra actividad industrial.

Junta Directiva

Entre los asuntos despachados en las sesiones ordinarias del pasado mes, figura una razonada exposición que esta Agrupación eleva a la Junta Superior en cumplimiento del acuerdo tomado en la Junta General a propuesta de los Sres. Ferrán y Cirac.

Turnos para los Peritajes judiciales

No habiéndose cubierto los turnos que se establecieron para la designación de peritos judiciales correspondientes al finido año de 1921, la Junta Directiva ha acordado que subsistan los mismos turnos para el presente año.

Los señores socios que no habiendo figurado en los citados turnos durante el pasado año deseen ser incluidos en el presente, pueden solicitarlo por escrito al Sr. Presidente.

Aviso de Biblioteca

Se encarece a los compañeros asociados la conveniencia de asesorar al Bibliotecario sobre las obras

y revistas, cuya adquisición consideren de interés para la Agrupación. A este objeto se servirán dejar una nota escrita en esta Secretaría indicando el título de las obras, autores y, a ser posible, las correspondientes casas editoriales y precios.

Altas de socios

Durante el pasado mes han ingresado en esta Agrupación como Socios Titulares los compañeros D. Alberto Araño, D. Esteban Recolóns y Lladó y

D. Ricardo Alsina Prat y ha reingresado D. Clemente Durán de la Vega.

Es esperado en Barcelona el eminente ingeniero norteamericano Dr. J. A. L. Waddell, procedente de Pekín, donde formó parte del jurado internacional que falló el concurso para la construcción de un puente sobre el río Amarillo en la línea férrea de Pekín a Hankow, cuyo coste será de 63.000.000 de francos.

Revista de Revistas

Ibérica (Número extraordinario de Año Nuevo).

Grata y luminosa impresión de optimismo y de fe en el resurgir de nuestra Patria deja en el ánimo la contemplación del magnífico número de año nuevo de **Ibérica**. Con decir que su presentación no tan sólo iguala sino supera a la de las más acreditadas Revistas extranjeras, habremos hecho el mejor elogio que escribir pudiéramos de tan notable número.

Contiene los siguientes, todos muy interesantes, trabajos:

Metropolitano Alfonso XIII. Trozo Sol-Atocha.—Las minas de Almadén.—El maíz, planta americana.—Sobre el cráneo de «Broken Hill».—Electrificación de ferrocarriles italianos.—Nuevo frecuencímetro de cuerda.—Donativo Claude.—Caída de meteoritos en Cochinchina.—La Universidad Comercial de Deusto, por L. Chabaud, S. J.—Los anaglifos geométricos y la visión en relieve, por J. Pericas, S. J. (con un suplemento en colores).—La evolución de un siglo en la construcción de locomotoras, por J. Serrat.—El eclipse anular de Sol del 28 marzo de 1922, por J. Ubach, S. J.—Nota astronómica para febrero.—Bibliografía.—Suplemento de publicidad comercial e industrial, por F. Palencia.

El artículo de nuestro ilustre compañero D. José Serrat y Bonastre, constituye un acabado estudio de la evolución de la locomotora desde los primeros modelos de Stephenson hasta los tipos más modernos. Es, como todos los trabajos del Sr. Serrat, notabilísimo.

Los anaglifos y la visión en relieve han dado ocasión a nuestro colega para presentar un notable suplemento con llamativos anaglifos geométricos en cuya contemplación pasarán seguramente agradabilísimos ratos los lectores, que admirarán sin duda la habilidad y el esfuerzo que la reproducción impresa de tan ingeniosas figuras supone en una revista de tan crecida tirada.

La parte destinada a crónica científica, siempre tan amena y variada, lo es mucho más en este número extraordinario, pues en ella se dedican interesantes descripciones al nuevo trozo Sol-Atocha del Metropolitano de Madrid, a las minas de Almadén, al maíz considerado como planta americana, etc.

Acompañan al número espléndidas páginas de publicidad científica y de exportación, primorosamente impresas a diversidad de tintas y con excelente orientación de lo que es la publicidad moderna. Hay modelos de exquisito buen gusto y de gran efecto artístico.

Muy sinceramente felicitamos a nuestro estimado colega.

Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure

(31 Diciembre 1921).

Entre otros importantes artículos descuellan los siguientes:

Progresos de la transformación de la energía mecánica. Central a vapor para 250.000 Kw. en París.

BIBLIOGRAFIA

«Coeficients i fórmules per al càlcul de les vigues continues».—«Càrregues aïllades o uniformes»: Eduard Agustí, Ingeniero civil (E. de Gante).

Esta nueva obra del distinguido Ingeniero Sr. Agustí, es una ampliación de la «Generalització del Teorema dels 3 Moments» del mismo autor, de la cual se hizo una elogiosa crítica en el número de Noviembre del año 1916 de esta Revista. En esta primera obra se exponía de un modo elegante y sencillo, la manera de aplicar el teorema de los tres momentos, por un procedimiento original, al cálculo de las vigas continuas de 2, 3, 4 y 5 tramos, no solamente para el caso de cargas uniformemente repartidas, sino también muy especialmente para el caso de cargas aisladas.

Conocidas son de todos los Ingenieros las dificultades que se presentan cuando se trata de calcular las

vigas continuas de más de tres tramos; las diferentes hipótesis para hallar la repartición de cargas más desfavorables para cada tramo, el cálculo de los coeficientes λ para la determinación de los momentos de flexión, los esfuerzos cortantes, etc., etc., unido al farrago interminable de las operaciones numéricas y algébricas, acaban por constituir un verdadero laberinto a medida que el número de tramos aumenta.

Muy raras son las obras que nos dan tablas seriadas y ordenadas con los valores de los coeficientes y de los momentos para vigas continuas de dos a cinco tramos y alguna de ellas difícil de adquirir por la rapidez con que se agotan las sucesivas ediciones, por este solo motivo, la obra de D. Eduardo Agustí ya resultaría digna de encomio al venir a enriquecer esta parte de la literatura técnica, sino fuera porque el hecho de extender

en esta segunda obra, el cálculo de las vigas continuas hasta las de 10 tramos, la hace mucho más estimable todavía.

El libro va encabezado con un prólogo del eminente arquitecto Sr. Doménech y Montaner, viene luego una sucinta explicación en catalán, castellano y francés, de la marcha seguida para obtener los coeficientes λ , los momentos de flexión en los apoyos y en la parte central de cada tramo, las reacciones parciales y totales de los apoyos, los diagramas aproximados de los momentos flectores y esfuerzos cortantes y la explicación para obtener los diagramas exactos. Siguen las tablas de coeficientes λ para vigas continuas de tramos desiguales cualesquiera y para el caso particular en que los tramos laterales sean una fracción de los intermedios, y por fin las tablas que nos dan, para el caso de carga uniforme, los valores de los momentos de flexión en los apoyos, no sólo cuando están cargados todos los tramos, sino cuando lo están los más desfavorables para cada elemento.

Felicitemos efusivamente al Sr. Agustí por su nueva obra y deseamos que sus lecciones y su ejemplo sirvan de provecho y de estímulo a nuestra juventud estudiosa.

«Statique, Dynamique», par M. Stuyvaert, correspondant de l'Académie royale de Belgique, Professeur a l'Université de Gand.—Van Rysselberghe & Rombaut, éditeurs. Rue des Foulons, 1. Gand.

Ya casi es proverbial el que un libro es como un amigo. Pero, quisiéramos saber hasta qué punto esto puede admitirse, al menos en el sentir de la generalidad de los hombres (aun de los que poseen base cultural para entenderlos), cuando el libro contiene matemáticas. Creemos que, en su mayor parte, los libros que llevan matemáticas resultan amigos «no muy simpáticos», a causa de la forma de presentación de dichas matemáticas, precisamente.

Pues bien, de esta significación general, es una excepción el libro de M. Stuyvaert de que nos ocupamos. En él todo, a nuestro entender, es atractivo: el método, la claridad de exposición y hasta las matemáticas.

Se ocupa de lo usual en Mecánica racional; pero, a la vez, insinúa problemas técnicos tan interesantes como puerta de exclusa, soporte de cierre (o presa), puente levadizo, polea diferencial, puente colgante, sistemas

constructivos articulados, bielas y manivelas, rodamientos y colisa, etc.; todo ello con las ecuaciones diferenciales y las integrales que les convengan, pero todo ello agradable. Verdaderamente, así es cómo corresponde presentar la Matemática, para que la forma no mengüe su grandiosa belleza: y ello bastaría para acreditar a M. Stuyvaert, si otras notables obras no le hubiesen dado ya renombre.

«L'Institut d'orientació Profesional» ha publicado el núm. 3 de sus «Anals». Forma un elegante tomo de 144 págs. con numerosas tablas intercaladas en los textos, y varias láminas y gráficos, todo ello dedicado al fin que el Institut persigue. Por primera vez, aparecen en este número notables firmas de colaboración extranjera, que realzan el contenido del volumen.

Son interesantes el artículo de J. Ruiz Castellá relativo a los «motivos de la elección de oficio»; el de J. M. Tallada «La determinación de la fatiga profesional en los talleres»; el titulado «Laboratori Antropométric», que se ocupa de la visión ocular en relación con el oficio, escrito por Luis Trías; y el «Laboratori psicométric», por el Dr. Mira, que se refiere a la emoción, carácter, reacción, tiempo de ejecución y aptitudes psicomotrices; todos ellos están escritos en catalán y llevan (a excepción del escrito por el Sr. Tallada) un resumen final escrito en francés.

El Dr. Otto Lipmann inserta un artículo de generalidades, titulado «Der bereich der psychologischen berufsseignungsforschung» (L'abast de la investigació psicológica de les aptituds professionals); y Mr. J. M. Lahy, un trabajo sobre «La méthode a suivre pour la selection des travailleurs. Les Dactylographes», que finaliza con un capítulo dedicado a «cómo escoger un buen empleado».

Se describe luego la organización científica del trabajo en la fábrica de automóviles Elizalde; y, en la «Sección Experimental», hay detalles de la actuación práctica de los laboratorios Médico-antrópométrico y Psicotécnico del «Institut».

En la «Sección d'informació» se explica el trabajo desarrollado por el «Institut» en sus aspectos interno y externo o de expansión (ésta en Congresos y conferencias); terminando el volumen con apartados de Noticias y Documentos de Instituciones afines, y Sección Bibliográfica.

A. G. B.

OFERTAS Y DEMANDAS

Ingeniero industrial especializado en Topografía, con largos años de práctica, poseyendo aparatos propios, se ofrece para toda clase de trabajos topográficos, a precio alzado.

Dirigirse a la Administración de esta Revista.

Se ofrecen en venta *cuatro grupos electrógenos «Asster»* completamente nuevos, tipo F., capaces cada uno para alimentar 108 lámparas de 10 bujías o 65 de 16.

Compuestos de motor monocilíndrico acoplado directamente a dinamo de corriente continua, bipolar, hipercompound a 115 voltios 12 amperios, 1650 revoluciones minuto.

El motor está provisto de magneto de alta tensión, carburador de nivel constante a pulverización con regularización de aire automática, regulador centrífugo de admisión y radiador de haz tubular.

El cuadro de distribución es completo, siendo el

peso de todo el grupo de 200 kg. y sus dimensiones 960 x 760 x 1,030 mm.

Muy indicados para estaciones de telegrafía sin hilos u otros usos. Su consumo no llega a *un litro y cuarto* de gasolina por hora.

Precios y demás pormenores: Administración de esta Revista.

Central eléctrica de ocasión, en estado de nueva, con funcionamiento garantido, se vende. Se compone de un motor «Vellino» de 4,5 H.P., magneto Bosch alta tensión, refrigeración por termo-sifón; directamente acoplado a una dinamo de corriente continua a 55 voltios. Cuadro de distribución completo. Batería de acumuladores, de 135 amperios con descarga de 45-hora, en 3 horas, hasta 181 amperios con descarga horaria de 18, en 10 horas.

Precio y condiciones: Administración de esta Revista.