

pedra, así como su carga automática a los vagones, utilizando la gravedad, que hasta ahora es el medio de transporte más económico. El depósito de arena, conseguido mediante la impulsión de la draga de succión, está situado a bajo nivel, pero mediante una ingeniosa disposición totalmente automática, se eleva al nivel suficiente para cargar por gravedad las vagonetas que transportan este material a la hormigonera y una disposición también mecánica consigue el mismo efecto con el cemento.

Basta esta descripción general para comprender que la mano de obra está reducida a un mínimo, que es lo que permite alcanzar costes de fabricación, a los que de ninguna manera podría llegarse de no haber montado una instalación tan perfecta, tanto en sus elementos auxiliares como en su ubicación.

La explotación de la cantera se hace con una pala eléctrica de 1,500 metros cúbicos de capacidad en la cuchara, que se mueve sobre orugas, y para la perforación se emplean dos compresores accionados eléctricamente. Los trenes vierten directamente sobre tolvas de alimentación de las machacadoras, de tipo giratorio, con un rendimiento de 45 metros cúbicos por hora, y a la salida de ellas una cinta transportadora de 70 cm. de anchura lleva la piedra a las tolvas para carga directa a las vagonetas que la conducen a la hormigonera (fig. 4.<sup>a</sup>). Estas tolvas tienen una capacidad total de 5,000 metros cúbicos, y se han dispuesto cuatro bocas de salida en forma que simultáneamente cargan las cuatro vagonetas que se precisan para el metro cúbico de hormigón.

Con la draga de succión "Guipúzcoa" se formó un depósito de arena de 30 000 metros cúbicos, más que suficiente para toda la obra, y el abastecimiento de este material se hace mediante un *dragline* que por un torno eléctrico y sin intervención en absoluto de ningún obrero, eleva la arena a un silo desde el que, como los de la piedra, se cargan por gravedad y simultáneamente las vagonetas de cada tren. La capacidad del *dragline* es de 0,50 metros cúbicos, y su funcionamiento se comprende del examen de la figura 5.<sup>a</sup>; en cada maniobra completa invierte 1,5 minutos y da un rendimiento de 20 metros cúbicos por hora (figuras 6.<sup>a</sup> y 7.<sup>a</sup>).

La hormigonera empleada (fig. 8.<sup>a</sup>) va montada sobre un puente metálico de 14 metros de luz y 8 metros de altura, abarcando con la luz indicada dos calles de bloques, y el hormigón se vierte directamente por cañaleras en los encofrados de los bloques; los materiales que transportan los trenes vierten directamente en el cajón elevador, que a su vez los arroja en la cubeta de la misma, haciendo en cada amasada un metro cúbico.

El tamaño máximo de los bloques es de  $5,50 \times 2,50 \times 3,20 = 44$  metros metros cúbicos, y como la

densidad del hormigón que se obtiene es de 2,3, resultan de un peso máximo de 100 toneladas, que es el que se ha tenido en cuenta para proyectar los elementos auxiliares que han de maniobrarlos, y que a continuación se describen ligeramente.

Los encofrados, contruidos de madera, con refuerzos metálicos, pesan aproximadamente 10 toneladas, lo que para su maniobra exige un puente grúa de esta potencia y altura suficiente para que el molde pase por encima del bloque que contenía; el que se emplea tiene la potencia mencionada, 14,00 metros de luz para abarcar dos calles de bloques y 9,50 metros de altura; la velocidad de elevación es de 5 metros por minuto, y la de traslación en carga, 20 metros por minuto. Como en el perfil de la obra existen seis tipos distintos de bloques, los encofrados están dispuestos en forma que fácilmente se adaptan a unos u otros de aquéllos.

La grúa Goliath (fig. 9.<sup>a</sup>) que mueve los bloques y los transporta, tiene una potencia de 130 toneladas, con luz de 6,95 metros y 10,65 metros de altura, dispuesta así para poder colocar un bloque encima de otro, cuando se necesite descongestionar el campo para continuar la fabricación; la velocidad de elevación es de 1,50 metros por minuto, y la de traslación de 30 metros en igual tiempo.

El carro transbordador que circula por la vía honda y que transporta sobre él al Goliath cargado con un bloque, tiene 200 toneladas de potencia, con un ancho de vía de 5,80 metros y velocidad de 31 metros por minuto.

Mediante la combinación del carro transbordador y la grúa Goliath se llevan los bloques al alcance de la grúa Titán fija, instalada en el embarcadero (figura 10) y este valioso elemento auxiliar tiene una potencia de 100 toneladas a 16,75 metros de vuelo y 62 toneladas a 22,75 metros de alcance.

El transporte de los bloques se hace en gabarras de 400 toneladas, de las que hay dos en servicio, y tienen 35,58 metros de eslora, 7,30 metros de manga y 2,70 metros de puntal, remolcadas por un remolcador de 120 C. V. de fuerza.

Por último, la maniobra de colocación de los bloques en la obra se hace, dirigida por buzos expertos, con una magnífica cabria flotante (fig. 11) de 130 toneladas de potencia y una volada de 10 metros.

El complemento de esta ligera descripción del taller de bloques de la S. A. Puertos y Pantanos, sería dar a conocer los costes de fabricación que resultan, pero, si bien acabarían de demostrar su eficacia, descubrirían secretos comerciales, que debemos respetar. Basta con lo expuesto para comprender que con instalaciones tan completas como ésta, es con las que se pueden acometer con garantías de éxito las obras de puertos, y principalmente las de sus diques de abrigo.

José DE UCELAY.  
Inspector general de C., C. y P.

## Viaje por Suiza

### La instalación de Wettingen en el río Limmat.

El viajero que por ferrocarril marcha a Zurich, viniendo de Basilea, se encuentra unos kilómetros antes de llegar a la primera ciudad, y precisamente coincidiendo con el paso del tren por un puente metálico,

con una presa vertedero, que a primera vista parece de cristal.

Es la presa llamada Wettingen y tiene por objeto asegurar a Zurich el suministro de energía eléctrica.

Esta ciudad, que ya disponía de dos centrales, de la Wäggitel y de las instalaciones de Sils y Heidsse, se

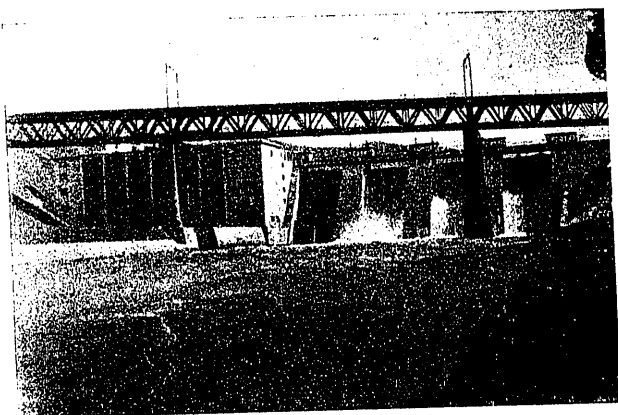


Fig. 1.ª — Presa y Central de Wettingen, vistas desde aguas abajo.

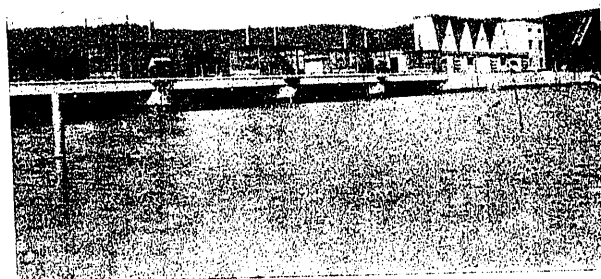


Fig. 3.ª — Vista de la Presa y Central desde aguas arriba.

ha hecho construir en el río Limmat la instalación mencionada para, con tres turbinas de 10 000 c. v., coaxiales con tres alternadores trifásicos de 10 000 Kw./a., asegurarse una producción anual de 135 millones de kilowatios hora.

La presa tiene 59 metros de longitud y 18 metros de altura.

El vertedero está formado por cuatro alzas automáticas de 11 metros de longitud, correspondiéndose cada alza con un desagüe de fondo, cerrado en la cara de agua arriba por una compuerta deslizante, y agua abajo por otra de sector que actúa de reguladora del desagüe y que se aplica a la solera cuando ésta va a iniciar la formación de un colchón de aguas de 24,70 metros de longitud y 3,50 metros de máxima profundidad.

El río Limmat, al ser detenido por la presa de Wettingen, forma un pantano de 6,17 millones de metros cúbicos de capacidad, 2 400 km.<sup>2</sup> de cuenca alimentadora y 9,8 kilómetros de cola. Con semejante pantano, el caudal medio disponible llega a ser de 107 m.<sup>3</sup>/seg. y el máximo aplicable de 120 m.<sup>3</sup>/seg., destinándose los aliviaderos y desagües de fondo a

Como el caudal sufre profundas alteraciones, se adoptaron turbinas tipo Kaplan (de hélice de paso variable), con seis palas, que van a desaguar a un canal de descarga de 420 m. de longitud, el cual vuelve a afluir al río Limmat 1 300 m. agua abajo de la fábrica.

Antes de escoger el tipo de presa croquizado en la figura 4.ª, pasó el proyecto de la instalación por una serie de fases y ensayos que, empezados en el antiguo Laboratorio del Politécnico de Zurich, continuaron en el actual, bajo la dirección del profesor Meyer-Peter.

Por lo interesante del proceso de los mismos, haremos aquí una historia sucinta de su evolución, entre otras razones porque servirá para poder comprender todo el lujo de detalles con que está estudiada la instalación.

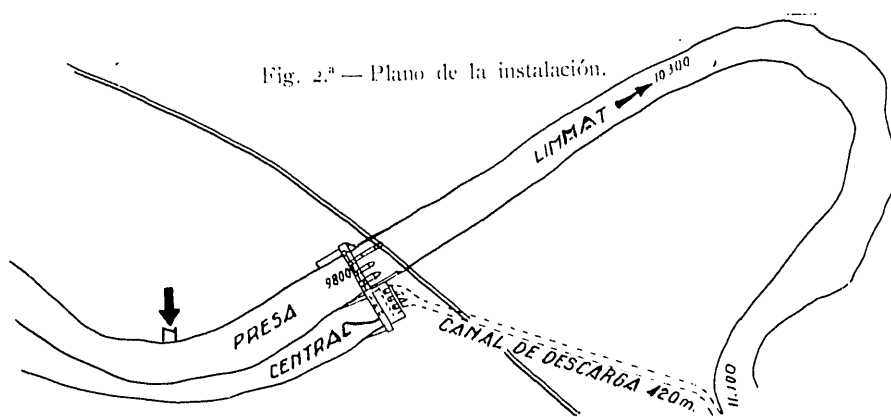
Se hizo, en primer lugar, un concurso de proyectos, de los que se seleccionaron unos cuantos para ensayarlos en modelo reducido. Dado que la máxima avenida habría de desaguar sin sobrepasar una determinada cota y produciendo la mínima erosión posible en el cauce, el criterio para una primera eliminación

fué desechar todos aquellos tipos en que cada vano de vertedero no se correspondiera con un desagüe de fondo, pues una serie de investigaciones preliminares llevaron al convencimiento de que el mejor modo de amortiguar la energía de la corriente en la evacuación de las grandes avenidas era la apertura simultánea de aliviaderos y desagües correspondientes, por crear al encontrarse una agitación tan intensa, que absorbía dicha energía, localizando sus efectos en una zona perfectamente protegida por un zampeado cubierto por un colchón de agua.

Después de esta eliminación previa, quedaron pendientes de selección cinco modelos, que, en síntesis, eran los siguientes<sup>1</sup>: tres con

<sup>1</sup> El detalle de los mismos se puede ver en los artículos del profesor Meyer-Peter: "Die Hydraulischen Modellversuche für das Stauwehr des Limmatwerkes Wettingen des Stad Zürich", *Schweizerische Bauzeitung*, mayo 1927; o en el del ingeniero Gaio Marcello: "Il nuovo laboratorio di idraulica del Politecnico di Zurigo", *L'Energia Elettrica*, mayo 1931.

Fig. 2.ª — Plano de la instalación.



evacuar las máximas avenidas (750 m.<sup>3</sup>/seg.), sin que el nivel de agua arriba sobrepase la cota 380,24 m. sobre el nivel del mar.

El salto máximo a utilizar es 23,29 m., que puede bajar según la oscilación del nivel agua abajo hasta 21,16 m., no permitiéndose descenso en la parte de agua arriba, por las alzas de que hablamos al principio.

aliviadero de alzas y desagüe de fondo, acabado en colchón de aguas; otro con aliviadero, constituido por una batería de sifones y el desagüe acabado en una solera con resaltos, y otro con aliviadero de alzas y el desagüe de fondo yendo a aflorar a la solera me-

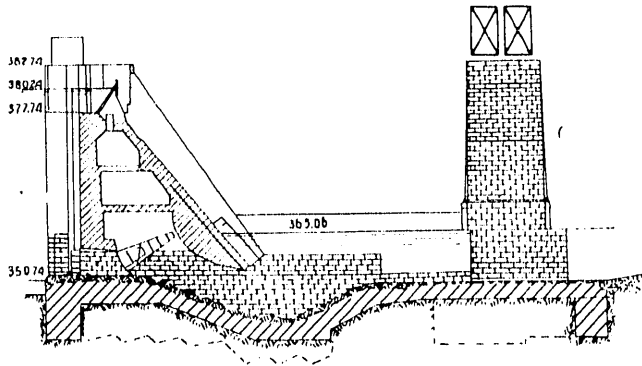


Fig. 4.ª — Corte-proyección de la presa con la pila del puente de los F. C. Federales.

dante un tramo vertical, por donde se eliminaron las aguas en surtidor, pretendiendo con esto crear una zona limitada de más intensa agitación que los demás. Los tres primeros vertederos se diferenciaban esencialmente entre sí en que uno de ellos tenía la cota del fondo del colchón más alta que los otros dos y, por lo tanto, requería más fábrica, y en el que tenía dicha cota más baja concluía el colchón con la disposición dentada preconizada por Rehboek.

Se ensayaron los modelos para caudales de 750 y 300 m.<sup>3</sup>/seg., y se desecharon los modelos de sifón y de desagüe en surtidor, el primero por no amortiguar suficientemente la energía, y el segundo por dificultades constructivas. De los tres que quedaron, se adoptó el de colchón a cota intermedia, entre las otras dos, por ser el más económico.

Ensayado este modelo en particular, se vió que las zonas en que el choque de los desagües producía una más intensa agitación superficial se correspondían en el fondo con las más agitadas, y, por tanto, de mayor acción erosiva sobre el zampeado. Como esas zonas de agitación intensa superficial eran las

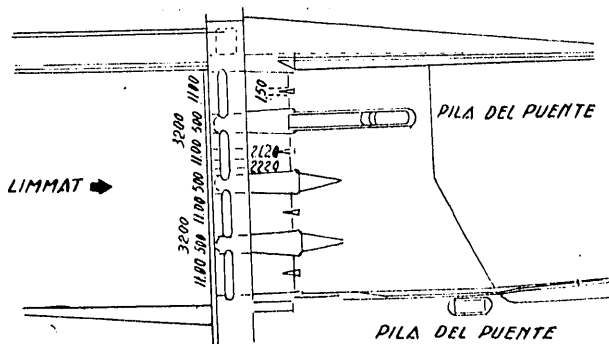


Fig. 5.ª — Planta de la presa.

que correspondían propiamente a los vanos, y las de agitación profunda las de delante de las pilas entre vanos, se dispuso de la colocación de los partidores en forma de cuña, que se ven en la figura 6.ª, y que tienen por objeto dividir el caudal del aliviadero en dos mitades que, incidiendo oblicuamente contra la parte de-

lantera de las pilas, reduzcan en lo posible esa zona de calma superficial.

Como los Ferrocarriles Federales se opusieron a la ubicación de la presa, inmediatamente agua abajo del puente de hierro que se ve en la figura 1.ª, hubo que hacerlo agua arriba del mismo, y con el fin de proteger sus pilas, al parecer no muy sólidamente cimentadas ni construídas, se hizo coincidir una de ellas con la prolongación de una de las pilas entre vanos del aliviadero.

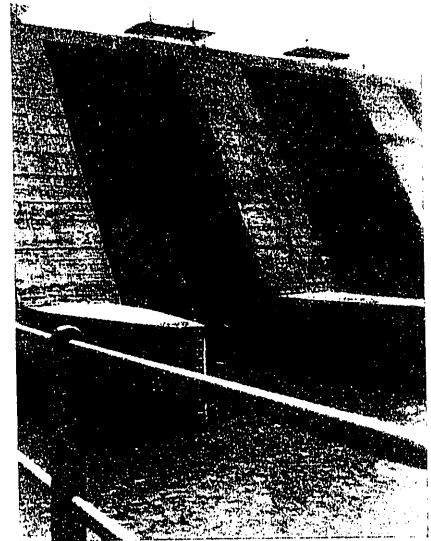


Fig. 6.ª — Aliviadero de superficie con los partidores en cuña.

Estudiada en modelo la influencia de esta disimetría en la acción corrosiva, se vió que era acentuadísima en el caso de desagüe simultáneo y a toda sección de todos los vertederos y aliviaderos. Después de diversos tanteos, y en vista de que se comprobó que la manera de neutralizar tal disimetría consistía en abrir el desagüe de fondo, correspondiente al vano de la derecha de la pila alargada, un 30 por 100 más de lo que equitativamente le correspondía, cerrando, por tanto, los otros tres un 10 por 100, se llegó a la conclusión de que para caudales superiores a los 266 m.<sup>3</sup>/seg. era necesario hacer un diagrama en el que, por ensayos experimentales, se determinasen para cada caudal la parte que le correspondía eliminar al desagüe de fondo mencionado y la de los otros tres desagües.

Previamente se había llegado a la conclusión de que los aliviaderos no debían desaguar más de esos 266 m.<sup>3</sup>/seg. ya indicados.

Ya se ve, por las diversas figuras que acompañan a este artículo, que la central está situada a continuación de la presa.

El coste de toda la instalación fué de 20 500 000 francos suizos, siendo inaugurada el 7 de mayo de 1933, poco antes de efectuar nosotros la visita a la misma, y en cuyos locales todavía estaban expuestos los proyectos relativos a cada uno de sus componentes.

Rafael URESA y Raúl CELESTINO,  
Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.