

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Construcción de pantanos en Alemania.

La defensa contra las inundaciones, los abastecimientos de aguas potables, la producción de fuerza motriz, la alimentación de canales de navegación y de riego, y en más de una ocasión la satisfacción combinada de necesidades tan diversas han sido motivos para desarrollar considerablemente en Alemania durante los últimos años la construcción de pantanos. Ello ha dado ocasión á M. Roloff para publicar en la *Zeitschrift für Bauwesen* un artículo muy interesante, en el que abundan datos muy curiosos que vamos en extracto á presentar á nuestros lectores.

No hace apenas veinte años que fué construído en Alemania el primer pantano de relativa importancia en Remscheid en el valle del Eschbach, perteneciente á la cuenca del Rin, y ya hoy se cuentan en el país unos 30 pantanos capaces de embalsar un volumen total de 132,5 millones de metros cúbicos, y cuyo costo ha ascendido á 57 millones de marcos. Además, se encuentran en construcción ó en proyecto otros 20, que sumarán un embalse de 480 millones de metros cúbicos.

El principal promotor de este movimiento á favor de los pantanos ha sido el Ingeniero Yutze, el cual ha propuesto también para las presas, perfiles y disposiciones especiales, de que someramente nos ocuparemos más adelante.

Entre los 30 pantanos en explotación tres corresponden á Sajonia, 18 á la provincia Renana, siete á Silesia y uno al Harz. Otros dos se construyen actualmente en Sajonia, en el valle del Weisseritz, cuyas capacidades serán de 15,5 y de 8,75 millones de metros cúbicos, y aun se proyectan muchos más en Baviera, en Baden y en Hesse.

Sobre la orilla izquierda del Rin, en la provincia Renana, no se encuentra hasta la fecha más que uno, el del Urft, que puede almacenar 45 millones de metros cúbicos, y que es hasta hoy el de mayor capacidad construído en el país. Aun se le ha considerado como el mayor de Europa, y quizás lo haya sido en efecto, aunque ya deberá ceder el puesto, quedando por bajo de algunos pantanos españoles, alguno de los cuales, como el del Guadalquivir, hoy casi terminado, es capaz de embalsar 76,4 millones, y podrá llegar hasta 93 mediante el recrecimiento previsto del umbral del aliviadero.

Sobre la orilla derecha del Rin se han establecido ya, en la cuenca del Wupper, ocho pantanos de un embalse total de 19 millones de metros cúbicos, y están en construcción en la misma región otros dos, uno en la proximidad de Rontgen-Aadren de 8,75 millones de metros, y otro en Ohl en el valle del Kerspe de 15,5 millones.

La total capacidad de los nueve pantanos que funcionan en el valle del Ruhr es, aproximadamente, de 32 millones de metros cúbicos, y como este embalse ha llegado á ser insuficiente para las necesidades industriales y para los abastecimientos de agua potable, se procede actualmente á la construcción de nuevas presas en el valle del Mohne, con las que se embalsarán 130 millones de metros cúbicos, y en el del Lister, donde llegarán á almacenarse 22 millones, y como al mismo tiempo se recrece la presa del Ennepe, pronto se dispondrá en total en el valle del Ruhr de un volumen embalsable de 186 millones de metros cúbicos.

Todos los gastos ocasionados por las obras que acabamos de enumerar, son soportados por los interesados mismos, sin intervención por parte del Estado. Al efecto, se forman sindicatos que se encargan de la construcción de las obras que se consideran necesarias para el objeto perseguido, y los recursos financieros se obtienen mediante el pago de contribuciones proporcionales, ya al consumo de las fábricas, ya á la fuerza motriz utilizada por los establecimientos industriales de la región. La *Asociación de los pantanos del Rhur*, por ejemplo, ha cobrado en 1909 una suma de 577.000 marcos como contribución de las fábricas hidráulicas y 8.300 de los establecimientos metalúrgicos.

Por el contrario, en la Silesia, donde importaba poner término á crecidas calamitosas para la región, el Estado ha intervenido acudiendo con una subvención de 30 millones para la construcción de un sistema de pantanos destinados á evitar los peligros de las inundaciones del Oder. Siete de estas obras, que permitirán en total un embalse de 29,6 millones de metros cúbicos, están ya terminadas y han costado 8 millones de marcos; otras nueve capaces de embalsar 65 millones de metros, están en curso de ejecución y han sido evaluadas en 11 millones. Nuevos proyectos se elaboran aún para el establecimiento de un pantano de 88,5 millones de metros de cabida en el valle del Malapane y otro de 100 millones en el del Glatzer-Neisse. Estos pantanos, además de defender contra las crecidas, servirán también á los intereses de la navegación, procurando un suplemento de alimentación al Oder de modo á conservar una altura de agua mi-

nima de 1,50 metros aguas arriba de Breslau y de 1,40 metros aguas abajo de esta localidad.

Con un objetivo idéntico se trata de construir en el valle del Eder la presa de Waldeck, que permitirá embalsar más de 200 millones, y que el articulista supone que será el mayor embalse del continente. Sería superado, sin embargo, si fuera construido el proyectado pantano de Yesa, en la cabecera de la cuenca del Ebro.

La cuenca receptora del pantano de Waldek se extiende por 1 430 kilómetros cuadrados, y desagua anualmente un volumen medio de 500 millones de metros cúbicos. La superficie inundada sería de 1.200 hectáreas, correspondiente á una longitud de 25 kilómetros y á un ancho máximo de 2 kilómetros próximamente.

Este embalse no sólo está destinado á reducir el caudal de las avenidas del Eder, el Fulda y el Weser, sino que además alimentará el canal en construcción del Rin al Weser y mejorará las condiciones de la navegación en este último río durante la época de estiaje. Además será también utilizado para riegos y para fuerza motriz. Todavía un segundo pantano de 22 millones de metros cúbicos se proyecta en la misma región á través del valle del Diemel.

Varios más de una importancia relativamente mínima funcionan igualmente en la Prusia oriental para necesidades agrícolas y para la producción de fuerza motriz.

Del conjunto de los pantanos en explotación en Alemania se han podido deducir algunos datos que serán quizás útiles de conocer. La superficie inundada, suponiendo los pantanos llenos, es de 1.313 hectáreas, mientras las cuencas alimentadoras cubren 1.344 kilómetros cuadrados; corresponden, pues, aproximadamente una hectárea por kilómetro cuadrado y 100.000 metros cúbicos de embalse por cada hectárea inundada. El caudal medio anual de las corrientes alimentadoras es de 5.600 metros cúbicos por hectárea de cuenca, y la capacidad de los pantanos es, por término medio, el 27 por 100 del volumen correspondiente; pero esta proporción se reconoce hoy insuficiente para poder aprovechar toda el agua disponible, pues la experiencia adquirida permite esperar que cada año el pantano se llene de dos veces á dos veces y media y los pantanos entonces, para alcanzar aquel desiderátum, deberían tener capacidades equivalentes al 40 ó el 50 por 100 de los volúmenes anuales. Claro es que estos coeficientes se refieren al clima especial de Alemania y no podrían aplicarse á España sin modificación, sobre todo á la parte meridional y oriental de nuestra Península, donde la irregularidad en la distribución de las lluvias es tan grande, y la capacidad de los pantanos deberá ser, por consiguiente, mayor, para obtener el mismo coeficiente de aprovechamiento.

El coeficiente resultante de la configuración del valle y que puede expresarse por

$$f = \frac{C}{Ph},$$

fórmula en la cual C representa la capacidad, P la superficie inundada con el pantano lleno y h la profundidad máxima, es, por término medio, igual á 0,385 lo que equivale á un volumen un poco superior al que se obtendría asimilando el embalse á un cono.

De los pantanos mencionados existen construidos en Prusia 26, capaces de 127 millones de metros cúbicos, los cuales han costado por todos conceptos 48,1 millones de marcos, de los cuales 11,2 millones han sido destinados á

instalaciones accesorias (fábricas, etc.), y 36,9 á los pantanos propiamente dichos, es decir, á adquisición de terrenos, construcción de presas, tomas y mecanismos, etc. El precio por metro cúbico de capacidad resulta, pues, por término medio, á 0,29 de marco, ó sean próximamente 0,40 de peseta, precio bastante elevado y que sólo se explica por la escasa capacidad de tales pantanos, que es, por término medio, de 4,8 millones de metros. Por ello en la presa de Urft, que más atrás hemos citado, el precio baja hasta 0,09 de marco ó 0,12 de peseta. Aun este precio es relativamente elevado para pantanos de la capacidad del que nos ocupa y no suele ser alcanzado en España en las obras similares. En el pantano del Guadalquivir el precio de metro cúbico de embalse costará por todos conceptos 0,02 y aun podrá reducirse este precio al aumentarse la capacidad, mediante el recrecimiento proyectado. Es verdad que en este caso la estrechez de la cerrada contribuye también especialmente á esta baratura excepcional. El precio más elevado del metro cúbico de embalse de los pantanos prusianos es el alcanzado en Ronsdorf, donde ha llegado á 1,74 marcos.

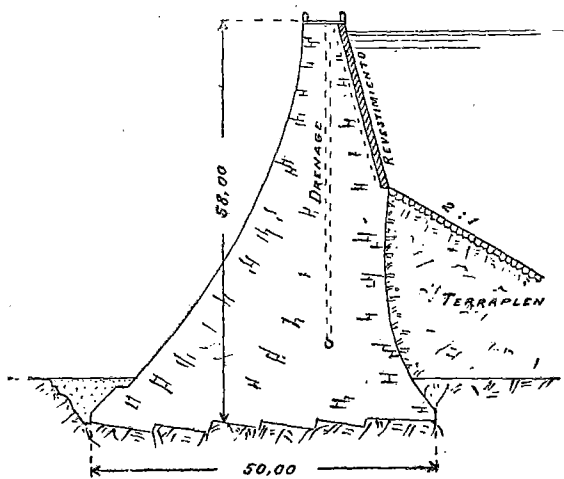
De estas 26 presas, 22 están constituidas por muros de fábrica y las cuatro restantes por diques de tierra. Sólo una, la de Buchwald es de hormigón; el resto de las de fábrica están construidas de mampostería con morteros bastardos de cemento y cal adicionados en la mayor parte de los casos de una cierta cantidad de *trass*, producto añadido con el objeto de aumentar la impermeabilidad del mortero y de comunicarle al mismo tiempo una cierta elasticidad que ayude á contrarrestar los efectos de la temperatura. El hormigón de la presa de Buchwald estaba compuesto de un volumen de cemento, $\frac{1}{3}$ de *trass*, 4 volúmenes de arena y 8 de piedra partida.

También para prevenir los efectos de temperatura se ha dado á las presas planta circular. Los cimientos se han apoyado siempre directamente sobre la roca y la sección transversal de los muros, aunque se aproxima por lo común al perfil triangular, tan generalizado hoy entre nosotros, no presenta, sin embargo, vertical el paramento mojado con el objeto de dar más estabilidad al revestimiento que á este paramento se aplica con objeto de conseguir la impermeabilidad.

Consiste el revestimiento en un enlucido de cemento sobre el cual se aplica una capa de asfalto ó siderosteno, que se protege á su vez en la mitad inferior del muro por un terraplén empedrado y con talud de 2×1 y en la mitad superior por un nuevo revestimiento construido con ladrillos bien cocidos. A pesar de tan minuciosas precauciones, no es posible en absoluto suprimir las filtraciones á través de las mamposterías, y se las recoge por medio de drenes que las vierten en un colector con desagüe hacia aguas abajo. La figura representa la disposición general.

Para impedir que el nivel rebase la coronación de la presa, ésta va provista de vertederos superficiales que unas veces se establecen lateralmente al muro y otras en su misma dirección. Su efecto es reforzado en las presas de Silesia por otros desagües practicados á mitad de altura. En Marklisa el vertedero consiste en dos pozos verticales de sección circular, cuyos bocales se encuentran al nivel del embalse normal, y en los que empiezan á verter las aguas cuanto que este nivel es excedido. De la parte inferior de los pozos arrancan galerías que atraviesan en túnel las laderas. Esta disposición parece, sin embargo, que no ha dado buen resultado.

En ningún punto han ocurrido obstrucciones de los vertederos á consecuencia de los hielos. Las tomas de agua en las presas se hacen por medio de tubos metálicos dispuestos en galerías de fondo que permiten la inspección. También suelen servir para el desagüe de fondo las galerías laterales por donde durante la construcción se derivan las aguas de la corriente.



Las compuertas se sitúan en pozos practicados en el muro mismo ó en torres de toma independientes del resto de la construcción y enlazadas por medio de pasaderas al cuerpo de la presa.

Los cálculos de resistencia se efectúan bajo la hipótesis de que el nivel del agua llegue hasta la misma coronación de la presa, mientras el umbral de los vertederos se coloca á 1 ó 1,50 metros por debajo de aquel nivel. El peso admitido para las mamposterías es de 2.300 kilogramos por metro cúbico, y los mayores esfuerzos de compresión quedan siempre comprendidos entre 8 y 12 kilogramos por centímetro cuadrado, esfuerzos que aun quedan reducidos al ser transmitidos á la roca que sirve de cimiento, mediante el ensanchamiento de la base de apoyo. La relación entre el espesor en la base y la máxima altura de los muros oscila entre 0,60 y 0,87, siendo por término medio de 0,71. Con el peso admitido para las mamposterías, los coeficientes que corresponderían al perfil triangular en los supuestos de tensión nula en el paramento de aguas arriba y en el de satisfacerse á la condición de Levy, según la cual la presión en cada punto de dicho paramento debe ser igual á la ejercida por el agua sobre el mismo punto, serían respectivamente 0,66 y 0,89, y como la inclinación del paramento mojado acercando al de aguas abajo la resultante de las presiones, da lugar siempre á una repartición menos ventajosa, es de suponer que la condición de Levy no sea satisfecha en la mayoría de los casos; bien es verdad que con el incremento de estabilidad, debido al espesor de la coronación, la forma circular de la planta, y especialmente el saneamiento interior de la presa que ha de contribuir á reducir á un mínimo las subpresiones, el cumplimiento estricto de la condición indicada no es seguramente imprescindible en la práctica.

Considerando el conjunto de las presas, el precio del metro cúbico de mampostería ha resultado como término medio á 34 marcos.

Las presas de Silesia, construídas de tierra, están provistas de un macizo impermeable de arcilla, ya bajo la forma de un núcleo interior ó ya constituyendo un revestimiento por la parte del agua. Los taludes del terraplén en la parte mojada son de 3 á 4 de base por 1 de altura y en la

de aguas abajo es solamente de 2 por 1, consolidándose además esta parte por medio de encespedamientos. Los vertederos son en este caso laterales al dique ó se sitúan en medio de él, construyéndose entonces de mampostería. En cuanto á las canalizaciones de toma y descarga se establecen al pie de los diques en macizos de mampostería ordinaria ó de hormigón.

Q.

GARANTÍA POR EL ESTADO

DE LAS OBLIGACIONES DE LOS FERROCARRILES FRANCESES

En la última reunión general de la Asociación francesa para el desarrollo de las obras públicas, el Inspector general Mr. Doniol ha presentado un informe muy interesante acerca de los medios que deben emplearse para hacer posible la ejecución de las obras que son necesarias en los ferrocarriles franceses.

Desde hace muchos años las Compañías concesionarias de los ferrocarriles de Francia han encontrado el dinero que les era necesario acudiendo á la emisión de obligaciones, y hasta ahora este procedimiento les ha dado siempre los resultados previstos y deseados, porque las Compañías contaban con que conservarían, durante mucho tiempo todavía, la dirección de sus líneas. Con esta perspectiva, les era fácil la colocación de obligaciones que habían de ser completamente reembolsadas por ellas mismas, dado que podían disponer de tiempo suficiente para que no les fuesen muy gravosas las cargas ocasionadas por la amortización del capital obligaciones; pero es claro que esta manera de proceder es de aplicación más difícil, á medida que se acercan las fechas de reversión al Estado de las líneas concedidas, puesto que las cargas producidas por las amortizaciones son tanto más grandes cuanto más cortos son los plazos de que se dispone para el reembolso total de los capitales y porque, además, para que un empréstito de esta clase pueda hacerse con un precio de emisión ventajoso, es conveniente que su duración no sea inferior á cincuenta años.

A consecuencia de la baja que se ha producido desde hace quince años en los valores de ferrocarriles, el precio medio de emisión de las obligaciones es menos elevado que en tiempos anteriores. Si se toma por base, como ejemplo, el número de obligaciones emitidas por las Compañías en el año 1908, una baja de 10 francos en el precio medio de emisión representa una nueva carga anual de 8 millones y medio de francos próximamente; y no son tan sólo los accionistas los que han de soportar y sufrir esta pérdida, sino que la carga caerá en parte sobre el Estado, á causa de la garantía de interés de que gozan las Compañías francesas en virtud de los convenios de 1883.

Por otra parte, el interés general exige que no se renuncie á mejorar los servicios de las grandes líneas de ferrocarriles; que el personal de constructores, fabricantes, contratistas, agentes y obreros de todas clases, no dejen de encontrar trabajo en Francia, y que los empréstitos destinados á hacer frente á los grandes gastos que estas obras exigen, encuentren colocación fácil y conveniente, atrayendo hacia ellos los grandes capitales acumulados por el ahorro francés.

La gestión que hacen las Compañías concesionarias, que