

# 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.

## Los grandes diques de embalse en Inglaterra

Tomamos de un artículo, que, según la *Engineering*, publica recientemente el *Giornale del Genio Civile*, los datos necesarios para la descripción de estos dos diques.

Empieza el artículo de la revista italiana diciendo que si el Ingeniero pudiese, después de un cuidadoso examen de las condiciones locales, y con el auxilio de ensayos en el terreno, escoger libremente el punto para la instalación de una presa, la construcción de ésta resultaría relativamente fácil, por ser el arte de construir diques teóricamente sencillo, teniéndose en abundancia datos prácticos para confirmar ó corregir las deducciones teóricas. Pero, desgraciadamente, la posición de la presa depende del lugar donde ha de formarse el lago artificial, y, por esto, rara vez se tiene la libertad de elegir, encontrándose en general

Como ejemplo de construcciones muy difíciles, y felizmente realizadas, pueden citarse los dos grandes diques, objetos de esta nota, construídos para constituir depósitos de distribución en el Derwen Valley, estando su proyecto bajo la dirección del Ingeniero Edward Sandeman. Estos diques, llamados, respectivamente, dique Howden y dique Derwen, se encuentran en la parte del Derbyshire, atravesada por el ferrocarril del Midland, entre Matlock y Buxton. Son muy semejantes el uno al otro, y sólo se diferencian en sus dimensiones. La figura 3.ª da la sección transversal. El lago formado por el agua embalsada por la segunda de ellas, empieza inmediatamente agua abajo de la primera.

La longitud en la coronación, al nivel máximo del agua, es de 328 metros para el dique Howden y de 387 para el de Derwen; su altura sobre el lecho del río es, respectivamente, de 35,5 y 34,6 metros, y su grosor en las partes más anchas de sus bases, de 35,5 y 34,6 metros.

Prácticamente pueden decirse iguales; la única diferencia que

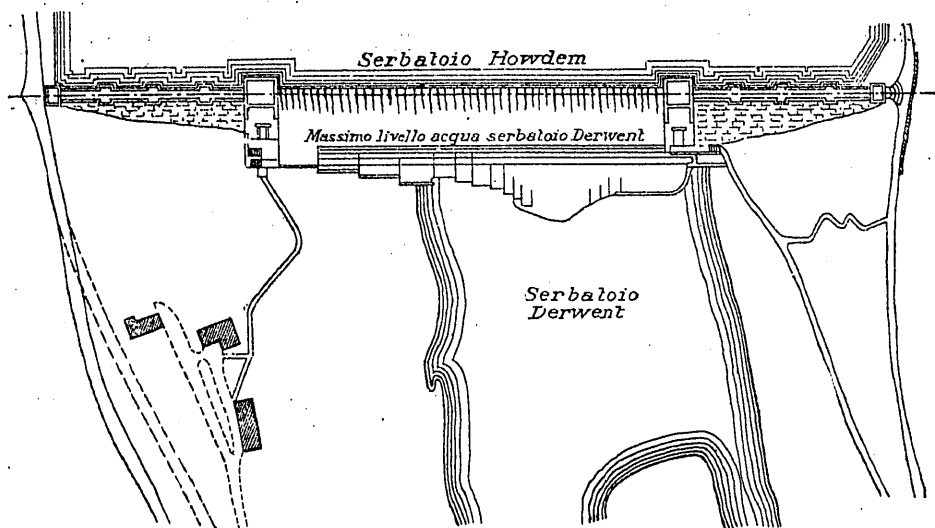


Fig. 1.ª

dentro de restringidos límites del terreno, y de un conjunto de circunstancias, por las cuales el embalse puede obtenerse económicamente.

El Ingeniero debe, por tanto, construir el dique precisamente en un punto fijado con antelación, ó muy próximo á él; y debe, por consiguiente, vencer lo mejor posible todas las dificultades del lugar, sin que jamás, entendiéndose bien, deba permitirse correr cualquier riesgo contentándose con una imperfecta seguridad.

presentan á la vista es el vertedero central, que tiene una longitud de 152 metros en la primera y 182 metros en la otra, la cual está más agua abajo y debe dar paso á una mayor cantidad de agua.

La formación geológica del valle, aunque sea bastante buena por sí misma, no es el ideal para las fundaciones de grandes diques. La parte superior está formada por un gres compacto, pero éste se encuentra todo sobre el nivel de las excavaciones que

deben seguirse para la instalación de los dos diques; inferiormente se encuentran rocas, constituidas por una variedad de estratos de esquisto, alternados con estratos de arena, los primeros de altura variable de algunos metros á pocos centímetros, y las otras de altura generalmente menor de 60 centímetros, pero que en algunos puntos llega á dos y á 2,40 metros.

Desgraciadamente los estratos sufrieron antiguamente grandes trastornos, y en el fondo del valle, la presión de los montes adyacentes les ha hecho extenderse de un modo peligroso. Precisamente en la parte peor de este ensanchamiento es donde tenía que construir los dos diques el Ingeniero Sandeman. Las laderas del valle han sido también, si bien no tanto como en el fondo, descompuestas y agrietadas, y deben considerarse como enteramente permeables.

Las mencionadas condiciones estatigráficas se manifiestan en la figura 2.<sup>a</sup>, que se refiere al dique Derwent.

Una presa rara vez se arruina por efecto directo del choque de las aguas. La ruina se verifica generalmente por la acción corrosiva de las aguas que se filtran bajo los cimientos ó alrededor de sus extremos incrustados en el terreno natural. Bajo la presión de 30 metros de altura de agua, por ejemplo, una sutilísima

trinchera, la cual fué después rellena de argamasa de modo de formar un diafragma impermeable. Esta trinchera se extendía por toda la longitud del dique y terminaba en el flanco oriental del monte á la profundidad de 57,75 metros bajo el suelo, y en el flanco occidental á la profundidad de 35 metros. La altura del dique entre el nivel del dintel del vertedero y el punto más de la mayor base de fundación, resultó de 56,85 metros, y la existente entre el mismo nivel y el punto más bajo de la base del diafragma, de 73,50 metros.

Conseguida así la seguridad contra las filtraciones bajo el dique, había también que impedir las en los dos extremos. El modo como se hace esto habitualmente consiste en incrustar el dique contra las laderas del valle, enlazándole con la roca sólida. Pero en ensayos llevados hasta más allá de 100 metros no se encontró terreno que diera plena confianza. La roca estaba hendida, encontrándose en ella grandes quiebras, á través de las cuales el agua del embalse hubiera podido salir en gran cantidad, abriéndose un nuevo camino al río.

Se decidió, por consiguiente, construir, fundándolos á notable profundidad, dos largos muros de ala en ángulo recto con el dique, agua arriba de él, y aproximadamente paralelos á las

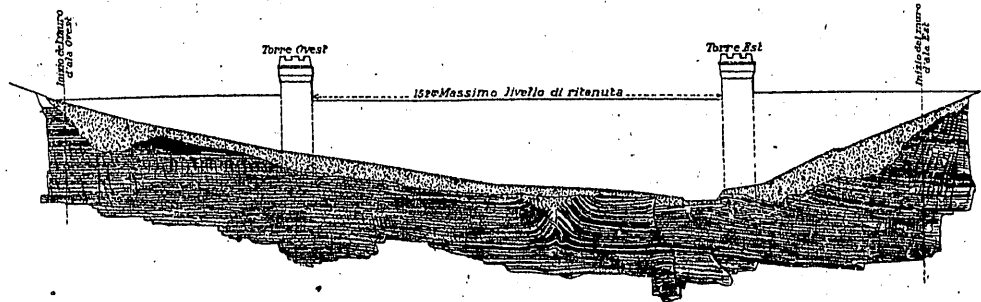


Fig. 2.ª

filtración formará por sí, poco á poco, un más ancho paso, que dejará correr una mayor cantidad de agua, la cual, á su vez, ensanchará la abertura, y así sucesivamente.

Probablemente nunca se habrá construido un dique que sea completamente impermeable. Se debe siempre venir á un acuerdo entre las condiciones ideales y las prácticas y precisamente en esto es en lo que se requiere habilidad y experiencia; pero en las condiciones representadas en la figura 2.<sup>a</sup> fué una empresa de excepcional dificultad la de prevenir todo peligro de filtración y los medios empleados para ello requirieron profundo estudio y grandes gastos.

En el medio del dique de Howden las excavaciones para los cimientos se llevaron hasta 21 metros por bajo del suelo sin que á tal profundidad se considerasen los estratos completamente impermeables, aunque fuesen bastante aptos para sostener la construcción. No encontrando probabilidad alguna de notable mejoramiento de llevar más allá la profundidad, mientras que el aumento de gastos dependiente del rápido ensanchamiento de la base del dique se prestaba á serias consideraciones.

El Ingeniero Sandeman decidió, por tanto, no exigir una unión impermeable entre la base del dique y el suelo de fundación, sino construir debajo de la misma base, en la parte de agua arriba (fig. 3.<sup>a</sup>), un muro de moderado espesor fundado á una profundidad conveniente para apoyarse sobre un estrato impermeable ó al menos sobre estratos sujetos á tal presión que las filtraciones no fueran de temer.

Se vino, por lo tanto, á excavar longitudinalmente bajo la superficie del suelo de fundación del dique, una trinchera de 1,80 metros de anchura, y de una profundidad de más de 16,50 me-

orillas del embalse. La excavación para el muro del ala oriental, resultó de 870 metros de longitud, la del muro occidental, de 790 metros, de los que 300 se siguieron en túnel.

Estas excavaciones de 1,72 metros se llenaron de argamasa,

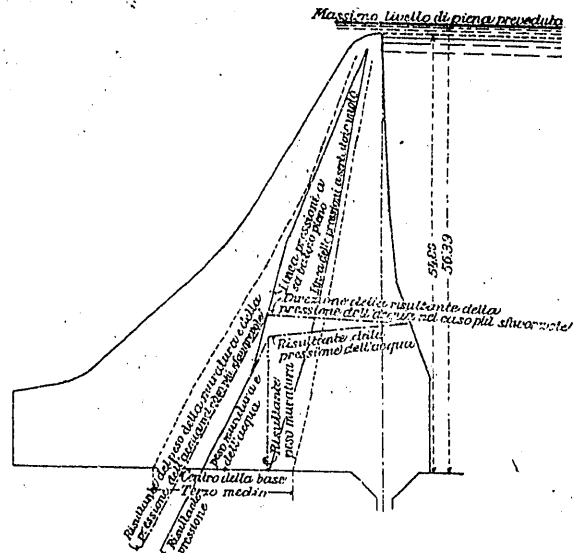


Fig. 3.ª

empleándose en una 57.426 metros cúbicos y 47.025 en la otra.

Disposiciones análogas á las mencionadas, excepto como diremos para los muros de ala, le tuvieron que adoptar también en el dique de Derwent, colocado á la distancia de un cuarto de milla del otro.

En el dique de Derwent las fundaciones principales se lleva-

ron hasta 18 metros por bajo del álveo del río, y el diafragma, del espesor de 1,80 metros, vino fundado á la mayor profundidad de 11,5 metros, ó sea á 29,5 en conjunto. La altura del dique desde el nivel del dintel del vertedero al punto más bajo de la base de fundación del diafragma es de 64,50 metros. Éste se extiende por toda la longitud del dique y penetra en la ladera del lado occidental durante 184 metros y en la del lado oriental durante 240 metros, quedando en sus correspondientes extremos fundado, respectivamente, á las profundidades bajo el álveo del río de 12,75 metros y 32,80, es decir, á 47,4 y 67,5 metros bajo el máximo nivel del embalse.

Las condiciones de los muros de ala eran para este depósito muy diferentes á los del de Howden, así es que el Ingeniero tenía que escoger otro modo de obviar los peligros de las filtraciones en los extremos del dique. El esquisto era aquí más abundante y además estaba más separado y dislocado en numerosos fragmentos. También los estratos de arena se encontraban en condiciones semejantes y no presentaban ninguna garantía de impermeabilidad.

El Ingeniero Sandeman decidió, por tanto, asegurar la impermeabilidad de los extremos del dique, construyendo dos estrechos muros directamente en continuación de él, uno á cada lado, en lugar de estar en ángulo recto, como el de Howden. El muro oriental, más largo que el occidental, resultó una obra muy difícil, á causa del rápido descenso de los estratos en las laderas del monte y de la gran cantidad de agua encontrada. En ambos muros los extremos y el fondo de las excavaciones de instalación se revistieron cuidadosamente con cemento inyectado bajo presión.

El artículo que extractamos termina manifestando que los diques que hemos descrito sumariamente constituyen dos singulares ejemplos de la gran responsabilidad que recae sobre el Ingeniero encargado de semejantes trabajos en lugares impuestos por la conformación del terreno. El que emprende obras semejantes debe estar adornado de gran experiencia, porque se presentan á menudo circunstancias imprevistas, á las que hay que acudir con nuevos métodos y procedimientos.

## UTILIZACIÓN DE SALTO DE AGUA EN LOS PIRINEOS

PARA LA TRACCIÓN ELÉCTRICA DE LOS FERROCARRILES DEL MEDIODÍA (FRANCIA)

La red de las líneas de ferrocarril que son explotadas por la Compagnie du Midi, ó le están concedidas, se desarrolla en gran parte en la vertiente septentrional de los Pirineos y comprende, por lo tanto, muchas secciones de perfil muy quebrado.

Se comprenderá fácilmente que, en estas condiciones, la Compañía haya pensado, desde hace largo tiempo, en recurrir á la tracción eléctrica de sus trenes, para las líneas en que la tracción por vapor presenta dificultades particulares.

En varias líneas en construcción ó en estudio hasta puede decirse que solamente la tracción eléctrica puede emplearse puesto que en los transpirenaicos de Olorón á Canfranc y de Aix á Ripoll las rampas llegan á 42 kilómetros por metro.

También la Compañía se ha decidido naturalmente á recurrir, para la producción de la energía, á los saltos de agua que se pueden aprovechar en la región pirenaica.

*Le Génie Civil*, en un extenso artículo, que resumimos en esta nota, expone la manera como dicha Compañía ha procurado resolver el problema.

Prescindiendo de los trabajos anteriores al momento presente diremos que en la actualidad la Compañía desea ampliar la elec-

trificación existente y realizar por tanto un programa que necesita la creación de un número bastante considerable de fábricas potentes.

Daremos algunos datos de las fábricas ya construidas ó suficientemente definidas.

A. GRUPO DE FÁBRICAS DEL VALLE DE OSSAU.—Este grupo situado en el alto valle de Ossau, comprenderá tres fábricas.

Lo primero ha sido regularizar la cantidad de energía suministrada en el curso del año por una fábrica en alto, funcionando sobre un lago artificial y viniendo en ayuda de las fábricas de agua abajo cuando el caudal natural de los cursos de agua viniera á ser demasiado pequeño. Esta ayuda se manifiesta, en el caso presente, de dos maneras: primero, por la energía suministrada directamente por la fábrica alta y, como las diversas fábricas estarán establecidas en escalones sobre el mismo curso de agua, por el suplemento de agua suministrado por el canal de descarga de la fábrica en alto, y que pasa sucesivamente por las fábricas de agua abajo.

Prescindiendo de detalles indicaremos la situación geográfica y la consistencia prevista para este grupo.

*Estudio hidráulico del alto valle de Ossau.*—Este valle está comprendido entre las gargantas del Hourat y un poco agua arriba del pueblo de Laruns y de la frontera franco-española (fig. 1.<sup>a</sup>).

Está limitado al Sur, al Este y al Oeste por unas crestas, cuya altitud media es superior á 2.300 metros.

El Gave de Ossau, que corre por este valle, está formado por la unión del Gave de Brousset y el Gave de Bious. En la orilla

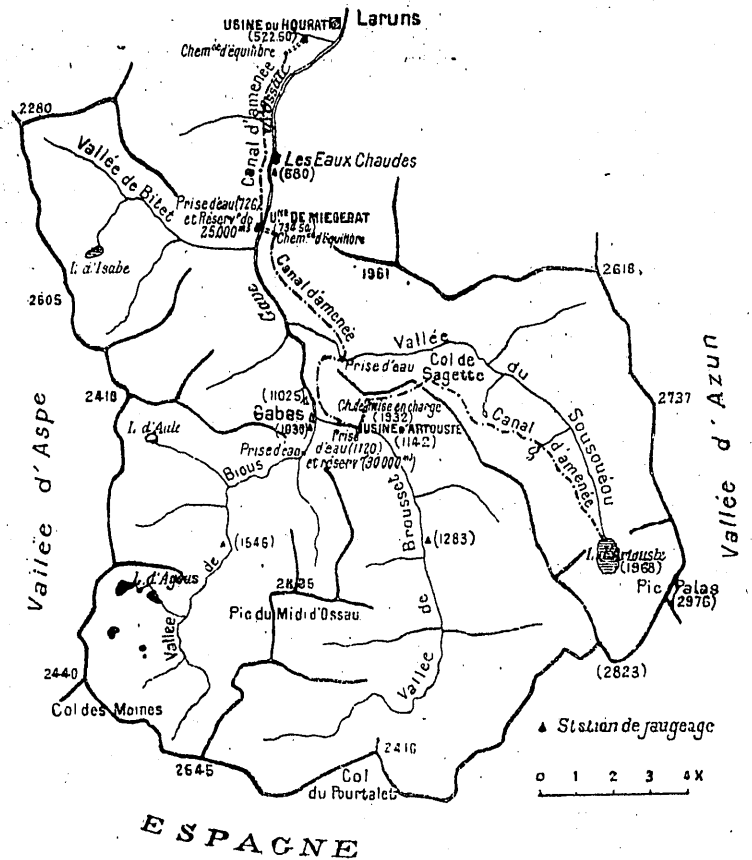


Fig. 1.<sup>a</sup>

derecha, su único afluente importante es el Gave del Sousouéou, que nace en el lago de Artouste, en la cota 1.968,60.

Este lago de elevada altitud, de 45 hectáreas de superficie, está alimentado por una cuenca de 7 kilómetros cuadrados, extremadamente favorecido desde el punto de vista de las lluvias, á causa de su orientación y de la cintura de montañas que le rodean.

*Hidrología de las cuencas vertientes.*—Se debe, en primer término, definir los caudales medios utilizables que se pueden descontar para cada una de las fábricas.