

La técnica moderna y las presas de embalse

Elección de modelos

En la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, y en los números de 15 de abril y 1.º de mayo de 1926, ha visto la luz pública un documentadísimo trabajo de mi querido maestro el culto profesor de la Escuela de Caminos D. José Luis Gómez Navarro, acerca de «Presas de gravedad y presas de bóvedas múltiples».

Acerca de tema tan interesante, que con justicia apasiona a los técnicos de todos los países, no podía excusarme de redactar una

nota como consecuencia de un reciente viaje por las regiones europeas donde la actividad hidráulico-constructiva es hoy día más intensa, y muy especialmente por haber recorrido Italia, donde la pugna entre los partidarios del dique sutil y de la presa maciza bordea los linderos de la pasión. Y, en efecto, teniendo preparada dicha nota, llega a mis manos el trabajo que habrán saboreado todos los lectores de la REVISTA. En la imposibilidad de añadir comentario alguno a las discretas observaciones del autor, me interesa, sin embargo, hacer hincapié en alguna de sus manifestaciones para ampliar un punto que, dada la generalidad de su trabajo, se trata en él sólo de pasada. Cambiando muy gustoso el tema de éste, cristalización imperfecta de un deseo más amplio.

Asegura muy fundadamente el autor que «no hay norma segura para determinar, en las presas de planta curva, en qué proporción se refieren las presiones a los estribos o a la cimentación». Y, sin embargo, puede hacerse hoy día el estudio elástico del macizo con un grado suficiente de exactitud para que desaparezca dicha indeterminación.

Un macizo de fábrica establecido a través de un valle para la creación de un embalse, viene apoyado sobre el terreno de fundación en todo su contorno, lo mismo horizontal que verticalmente, de una manera perfectamente rígida, que equivale a un empotramiento.

El empuje de las aguas se transmite parcialmente al suelo de fundación por la acción del «muro» y en parte a los apoyos laterales por la acción de los *elementos horizontales*, que son generalmente arcos. Estos elementos, «arcos» y «muros», se reparten los empujes en razón directa de su rigidez.

Si es muy ancho el valle que se cierra con el macizo y éste tiene, por consiguiente, un gran desarrollo longitudinal, es, sobre todo, la acción del muro la que entra en juego, y es lícito hacer el cálculo de sus

dimensiones suponiendo un sólido libre de un metro de espesor, cortado en la sección donde el dique alcanza su máxima altura, solicitado por su peso propio y por el correspondiente empuje del agua.

El aligeramiento que produce entonces el empotramiento lateral es de muy pequeña importancia y se aprecia sencillamente como un exceso de seguridad, puesto que al reducir el empuje sobre el muro des-

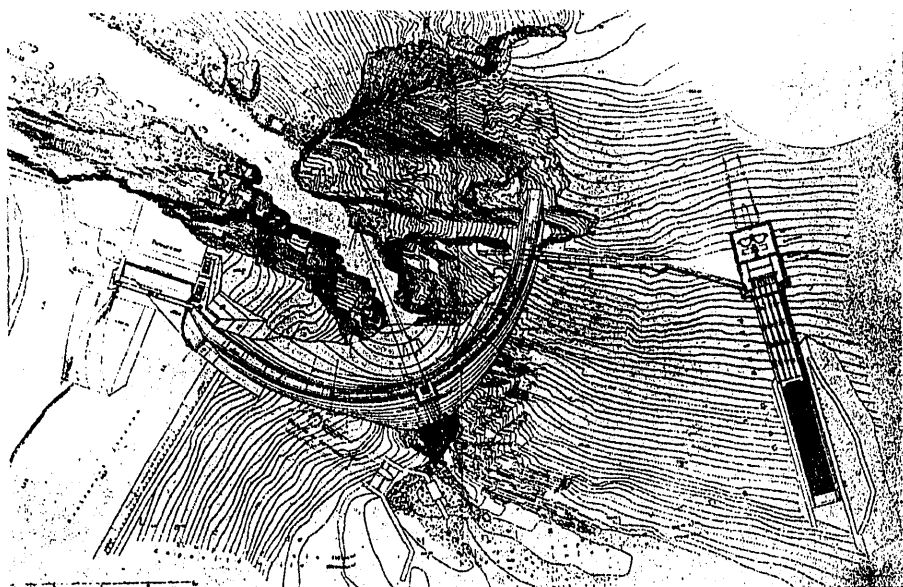


Fig. 1.ª Plano de la presa de Broc y de la toma de agua.

plaza la línea de presiones de este último hacia el interior del núcleo. Pero si el valle es estrecho y constituye una verdadera garganta, la acción de los arcos llega a ser preponderante, sin que pueda asegurarse sea beneficiosa la acción aliviadora del muro. Este reduce, en efecto, el empuje sobre los arcos, y si fuera constante esta reducción a lo largo de un mismo arco horizontal, la curva de presiones permanecería inalterable, reduciéndose proporcionalmente las cargas de trabajo. Mas no es esto lo que en realidad ocurre, por variar entre los apoyos y la clave el aligeramiento que experimentan los arcos, debido a la acción de los muros, pudiendo tomar la curva de presiones, por este hecho, una forma totalmente diferente de la primitiva y traducirse en esfuerzos más desfavorables, no obstante el alivio que dicha acción representa. Para que éste resulte efectivo es preciso adaptar los arcos a los empujes reducidos que deben soportar, dándole, por ejemplo, a su fibra media la forma de la curva funicular de los empujes reducidos.

La parte que corresponde a cada uno de los dos sistemas «arcos» y «muros» se determina por medio de las condiciones de elasticidad de la obra. Si consideramos una serie de arcos horizontales de un me-

tro de altura y una serie de elementos verticales de un metro de espesor, nos encontramos en presencia de dos sistemas que se reparten el empuje de las aguas en proporción a su rigidez, y expresando que las de-

jes cargará sobre los arcos. Será preciso reforzar un poco el espesor en la base del dique y a lo largo de los estribos, como se hace en todo arco empotrado, mientras la parte media, por el contrario, deberá

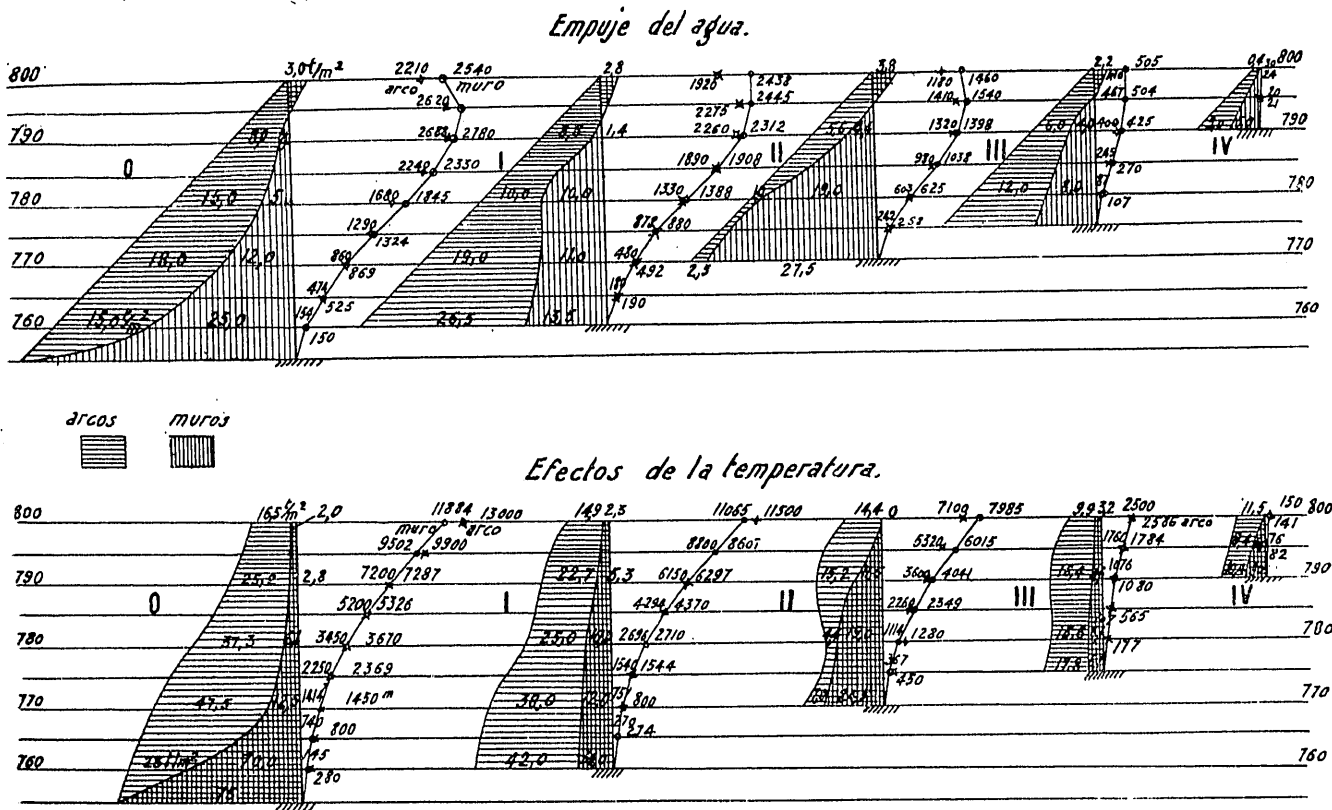


Fig. 2.ª Esquema de repartición de los empujes entre arcos y bóvedas en la presa de Broc.

formaciones del sistema *arcos* coinciden exactamente con las deformaciones en los puntos correspondientes del sistema *muros*, obtendremos seis ecuaciones de coincidencia por punto considerado, que nos bastan para hacer el estudio elástico del macizo (1).

El perfil de la garganta que se presta mejor al establecimiento de una presa-bóveda propiamente dicha

tener las dimensiones más reducidas posibles con objeto de dar a la obra la elasticidad que necesita para deformarse sin sufrir esfuerzos excesivos, particularmente en lo que se refiere a las producidas por variaciones de temperatura (1).

Si el perfil de la valle afecta la forma de V, los «muros» laterales son más cortos y más rígidos. Su acción es más considerable que en el caso anterior, y el refuerzo a lo largo del contorno es indispensable.

Cuando se acentúa el ensanchamiento de la parte superior de la garganta, la acción de los muros adquiere considerable importancia en las alas de la presa, pudiendo soportar la casi totalidad del empuje de las aguas. Será entonces preferible limitar el arco con un fuerte estribo, aproximando así la forma de valle al perfil en V y reduciendo los esfuerzos exagerados en los muros.

En la figura 3.ª se esquematizan los tres ejemplos examinados.

Si el ensanchamiento es muy acentuado, el estribo puede reemplazarse por una pila que soporte el arco principal de un lado y otro arco secundario del opuesto.

Vemos, pues, que el estudio racional de la presa-bóveda nos lleva directamente a deducir un tipo de presa de arcos múltiples, que será, por tanto, una

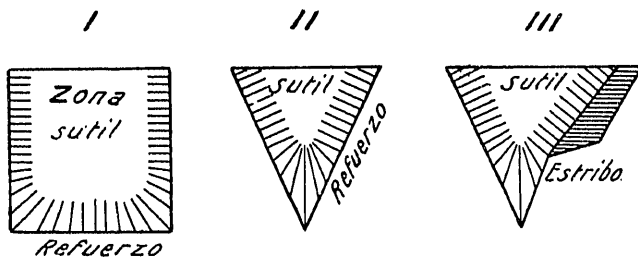


Fig. 3.ª Esquema de las diversas secciones transversales de un cauce.

es el rectangular (perfil en U). Siendo en este caso muy altos todos los «muros» del sistema, tendrán una gran flexibilidad, y la mayor parte de los empu-

(1) No tratamos aquí de dar un resumen completo del sistema, adoptado en 1918 por la oficina técnica de H. E. Gruner, de Basilea, con la colaboración del profesor M. Rohn, de Zurich, para los cálculos de la presa de Broc (figura 1.ª). Las consideraciones que preceden, síntesis del estudio hecho sobre aquella por M. Stucky, no permiten, desde luego, entrar en el cálculo de una presa de tipo análogo. Pero facilitan el acierto de elección a quien se vea en el trance de decidir la conveniencia de este tipo en un caso particular.

(1) Estos esfuerzos, generalmente despreciados en los cálculos, llegan a producir fatigas del orden de 25 kg por cm². Pudiéramos señalar obras, reputadas como modelo, en que el conocimiento de los esfuerzos de tensión que efectivamente sufre el macizo alarmaría a más de un atrevido constructor.

consecuencia lógica de las características topográficas del sitio.

Basándonos en lo expuesto, podemos concluir que cada presa-bóveda posee su propia personalidad. Su

Y aun en la mayoría de los casos, la naturaleza de la roca que hizo posible su formación es la menos a propósito, por sus condiciones geológicas, para la creación de un embalse.

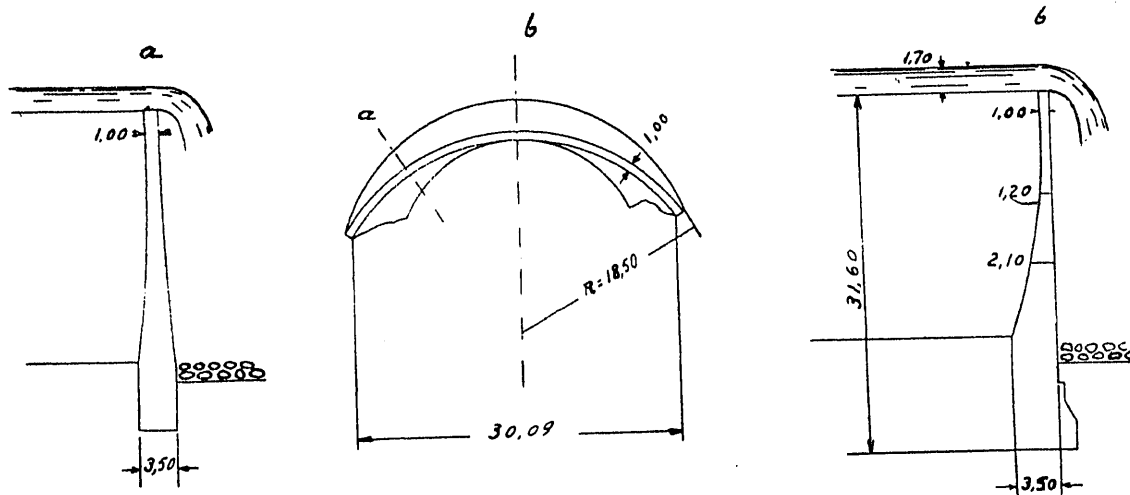


Fig. 4.ª Planta y secciones de la presa de Amsteg.

forma es consustancial con la garganta que cierra y no puede deducirse por receta. Es preciso sentirla y trabajarla con cariño y tenacidad de artista.

La presa-bóveda está así fuera del campo de la discusión. Es segura y barata. Y como construir barato dentro de un margen de seguridad suficiente es la aspiración de quien proyecta, el ideal será la presa-bóveda, cuya seguridad nadie discute y cuya economía es manifiesta. Pero este tipo de diques se construye

Este es, quizá, el único punto oscuro en el campo de sus aplicaciones. Un embalse se crea para tener agua y la presa es el medio de conseguirlo. Si las con-



Fig. 5.ª Presa de Amsteg, vista desde la margen derecha, lado de aguas arriba.

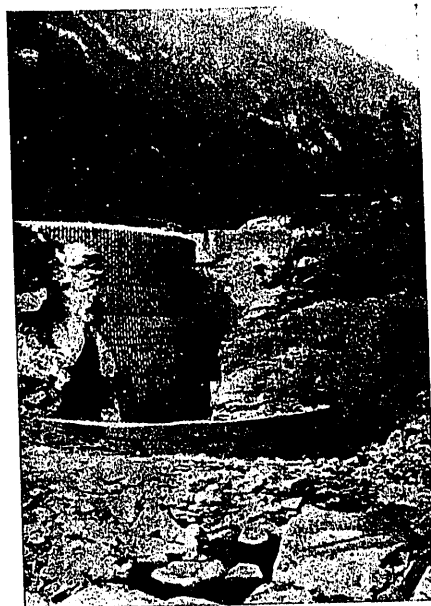


Fig. 6.ª Presa de Amsteg, vista desde la margen izquierda, lado de aguas arriba.

cuando se puede, no cuando se quiere, y las características topográficas que le hacen más que ventajoso necesario, se presentan muy rara vez en el cauce de los ríos.

diciones topográficas locales, en cualquier caso particular, despiertan tal tentación de economía que pase un poco a ser fin lo que sólo debe considerarse como medio, no es de extrañar que las cosas nos den su lección acostumbrada, satisfaciendo nuestro deseo de poseer una bonita presa, como ejemplo palpable de que es inútil pensar en negocios hidráulicos estudiando tan sólo topografía y elasticidad.

Carlos BOTIN
Ingeniero de C., C. y P.