

Las permeabilidades de los cuerpos conservados tres días en agua varían, como hemos visto, entre amplios límites. Sin embargo, se observa, para todos los cuerpos de esta serie, un aumento de la permeabilidad al aumentar el tiempo de la experiencia. En la tabla 16 se da el comportamiento del número 22 de la serie, por considerarlo como el que mejor la representa.

Contrariamente a este comportamiento, los cuerpos de las series de 7 y 28 días, conservados en agua, se hacen continua, pero lentamente, cada vez más compactos, y lo mismo ocurre con los cuerpos de conservación combinada.

Las series de la clase 18, con 28 días de conservación, presentan un comportamiento completamente análogo, pero ampliado, al que hemos visto para la clase 15. Los cuerpos de conservación en aire experimentan igualmente una disminución de la permeabilidad en los primeros días, para luego aumentar enormemente las cantidades de agua filtrada. Y los cuerpos conservados en agua y combinadamente poseen muy escasa permeabilidad, tendiendo, como los de la clase 15, a hacerse impermeables, sin llegar a serlo completamente, por lo menos durante la duración de las experiencias.

Isidro PARGA-PONDAL
y Siegfried BAENTSCH

Presa de bóvedas múltiples

Del Sindicato de Riegos de Castrogeriz (Burgos) recibimos el encargo de estudiar un proyecto de pantano, al que hemos llamado del Piscárdanos.

Es su finalidad primordial la regularización del río Odra, que en sus frecuentes avenidas destruye las cosechas de las ricas vegas de su valle inferior, y se trata también de aprovechar las aguas embalsadas para la puesta en riego de estas vegas.

Una vez limitado ya el problema al de la elección de presa, hemos optado por el tipo de bóvedas múltiples; y nos parece interesante publicar una nota, a continuación del completo e interesantísimo estudio de nuestro compañero Martín Alonso, que quizá con otro estudio posterior sobre una presa-bóveda, ofrecerá tres soluciones distintas del tipo clásico de gravedad, rompiendo con ello una lanza en contra de la cómoda y socorrida solución de Lévy.

Dividiremos el trabajo en dos partes: una, destinada a justificar la elección hecha, para lo que seguiremos la parte correspondiente de la Memoria del proyecto, que completaremos con una breve reseña descriptiva, y una segunda parte, sobre el desarrollo del cálculo seguido, que ilustraremos con los ábacos de Goodall y Nelidov.

JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE BÓVEDAS MÚLTIPLES

Como existe un buen terreno de cimentación, la solución indicada es la presa de fábrica; queda ver, entre los diversos tipos, cuál es el más adecuado.

Por tradición, por rutina y por comodidad, la solución indicada era la del perfil de gravedad, con talud aguas arriba de 0,05 y aguas abajo de 0,75, o bien con talud vertical aguas arriba y de 0,80 aguas abajo. Con esto resolvíamos el problema, podríamos dormir tranquilos, y hasta conseguiríamos una gran economía... en papel al justificar el perfil adoptado, pues, como ya decía Resal, no se conciben los voluminosos proyectos de presas de gravedad y creía que deberían caber en un librito de papel de fumar.

Hemos descartado en seguida el tipo de gravedad, no sin encajarlo y valorarlo para que nos sirviera de referencia y tope en el estudio económico y en el tanteo preliminar para elegir solución.

Desechado el perfil de gravedad, y por tratarse de un valle ancho —unos 200 m, para 35 m de al-

tura máxima—, cabía optar entre dos soluciones: la del tipo del Burguillo, La Maya y Don Martín, de contrafuertes, y la de bóvedas múltiples.

Hemos tanteado dos soluciones en el tipo de contrafuertes: una con cabezas en talla de diamante (como la proyectada para La Maya) y otra con pantalla plana (semejante a la del Burguillo); pero la economía obtenida con ellas sobre las presas de gravedad no era grande, quizá por haber partido de unas bases demasiado conservadoras, pues temíamos el informe de la Superioridad.

Decididos ya por el tipo de bóvedas múltiples, cabía colocar la pantalla vertical o inclinada. La primera solución fué tanteada; pero la hubimos de abandonar, pues la excesiva importancia de los contrafuertes absorbía la economía encontrada en las bóvedas.

Una vez decididos a utilizar el factor estabilizador del agua, se tantearon dos soluciones con distinta inclinación del paramento de aguas arriba, desechándose la de 45° para adoptar una inclinación mayor.

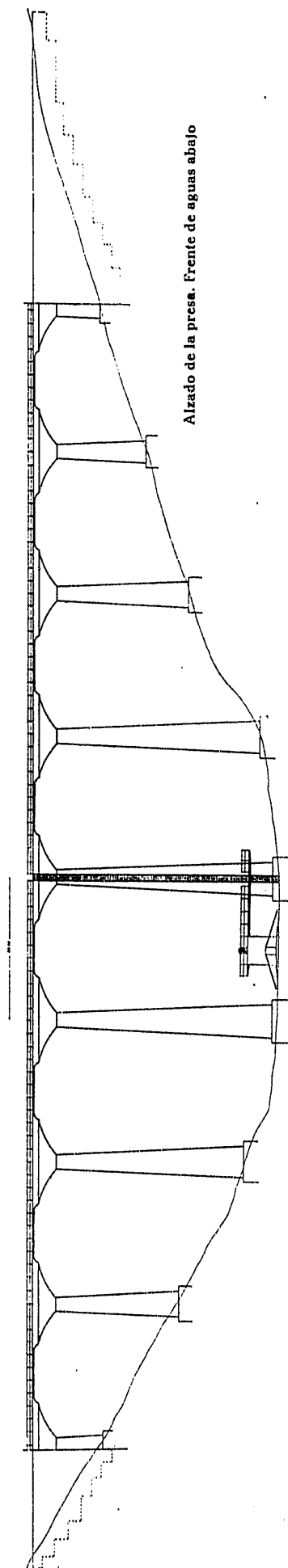
Creemos que la presa de Coolidge señala la mejor orientación para las presas de bóvedas múltiples con vanos amplios, contrafuertes robustos con estabilidad propia y sin arriostrado, y fuertes espesores de pantalla. No importa que después la línea de apoyo de los arcos sea recta, según el tipo clásico, o sea curva y surja la cúpula, que, según la visión intuitiva de los proyectistas de la de Coolidge, mejora la estabilidad, mejoramiento que ellos no estudiaron.

Estudio de la pantalla

Es lógico huir del espesor sutil en la pantalla y descartar la que se pudiera llamar tipo Considère, realizado en las presas francesas de Selune y Belle-Isle en Terre¹, conocidos los efectos de descomposición por imbibición y congelación posterior ocurridos en las presas del lago de Gem, Mountain Delle, y recientemente, al parecer, en otras presas suecas. A esta conclusión llega además Hoffman² en su estudio sobre el espesor sutil. Por otro lado, también está

¹ *Génie Civil*, 12 mayo 1917; *Houille Blanche*, marzo 1924; Gómez Navarro, t. II, tabla de presas.

² "Permeazione d'acqua e loro effetti nei muri di ritenuta".



en contra de este tipo de presas de efecto alambicado, de encaje..., la falta de esa sensación de tranquilidad que produce la obra bien concebida, con elementos sencillos y robustos, de las que la civilización romana tan bellas muestras produjo.

El espesor de la pantalla por nosotros adoptada varía de 0,5 a 2 m, que, como puede verse comparando con las 64 presas reseñadas en el tomo II de la obra del Sr. Gómez Navarro, para su altura de 37 m, bate el record entre las de bases conservadoras.

Señalan la tendencia a aumentar la luz de las bóvedas últimamente las presas del lago Pleasant, Sutherland, Big Dalton y Coolidge. Nosotros dispusimos tramos de 20 m, y en confirmación a esta tendencia, hemos encontrado posteriormente¹ la descripción de la presa de Hamilton, en el Colorado, donde se disponen 21 m de luz en los vanos.

En cuanto a la fibra media de las bóvedas, el antifunicular deja de ser una circunferencia—por efecto del peso propio y de la carga variable del agua en cada directriz—para convertirse en una especie de elipse, en la que la semiluz es mayor que la flecha.

Pero como por

efectos de temperatura a embalse vacío se producen tensiones y resulta imprescindible armar los arcos, la sencillez constructiva aconseja también adoptar la circunferencia como fibra media, pudiéndose aún disponer de dos variables: el radio y la inercia.

Pudiera adoptarse para variación de la inercia la ley propuesta por Mensch¹:

$$I = \frac{I_c}{1 + L \frac{\sin \theta}{\sin \theta_1}} \quad I = \frac{I_c}{1 + K \frac{\sin \theta}{\sin \theta_1}}$$

y siguiendo esta orientación tanteamos algunos arcos en los que la relación de espesores de clave a arranques era de 1,5 a 2; pero como la variación del ángulo en el centro permitía un mayor juego en las condiciones elásticas del arco, hemos preferido mantener constante el espesor de cada arco.

Hemos adoptado un ángulo de 130°, para el que encontramos compensación entre las ventajas estáticas y la constructivas; por otro lado, la experiencia, concretada en la ejecución de las 64 presas que figuran en el libro de Gómez Navarro, lo recomienda.

Disposición de los contrafuertes

Los contrafuertes—que más bien debiéramos llamar pilas—son robustos, con dimensiones amplias, que hacen innecesario el arriostrado y determinan un gran coeficiente de seguridad, como para el resto de la presa; su espesor varía entre 2 y 5 m.

Huir del arriostrado supone el contrafuerte macizo de amplias dimensiones. Noetzi, con el deseo de aligerarlo, propuso un tipo de contrafuerte², que creemos complicado y con la endeblez característica de las cosas un poco artificiosas; la experiencia del lago Pleasant³ confirma nuestros asertos, por lo que desechamos este tipo.

En cuanto a las inclinaciones de los paramentos, una pendiente de 0,6—igual en los paramentos de aguas arriba y aguas abajo—es la más conveniente, y produce un régimen de trabajo que se aproxima mucho a la compresión axial. Este dato que ofrece el ingeniero jefe de la Amburse Dam Co. como resultado de sus estudios lo hemos comprobado nosotros, y aparece ratificado en el estudio de Martín Alonso.

Hemos tanteado el contrafuerte por la vieja teoría de las secciones horizontales. Recientemente—propuesta por Vogt y Shorer—ha surgido la que se pudiera llamar teoría columnar del contrafuerte, que da una explicación lógica a las juntas inclinadas dispuestas en Big Dalton, Bananeiras y Coolidge, y supone una variación de espesores decrecientes en dirección normal al talud de aguas abajo y en sentido de aguas arriba a aguas abajo, como ha sido realizado en la presa de Hamilton, antes citada.

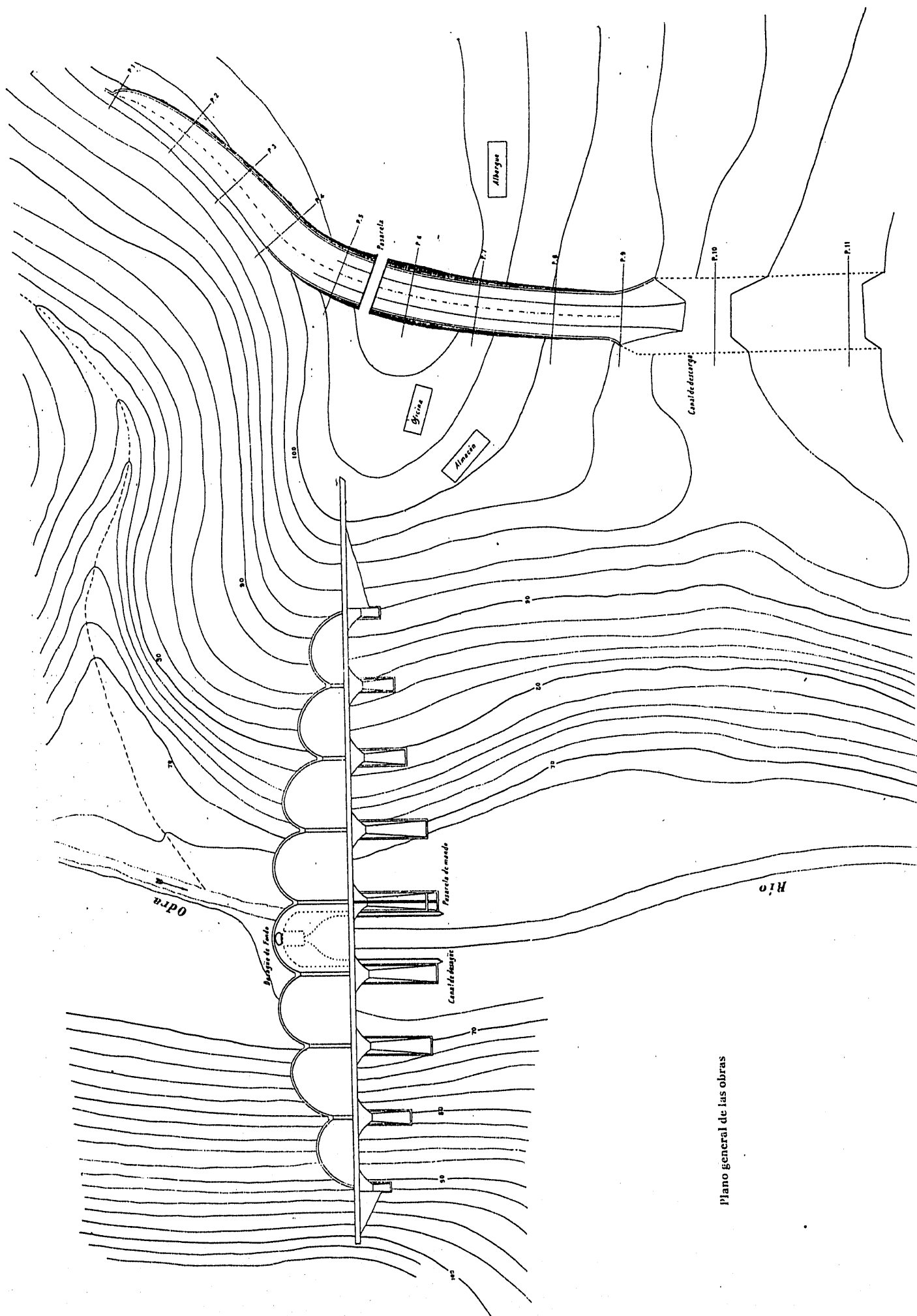
Conocíamos la teoría, que aparece señalada en la obra de Gómez Navarro (t. II, pág. 822); mas no quisimos aplicarla, para evitar que, si la Superioridad la juzgaba poco experimentada, pudiera fracasar este intento de realización de la que sería la primera presa de bóvedas múltiples en España.

¹ *Engineering News-Record*, enero 1933, página 60.

² Gómez Navarro, t. II, pág. 1119.

³ Gómez Navarro, t. II, pág. 805.

⁴ *Engineering News-Record*, 14 febrero 1929.

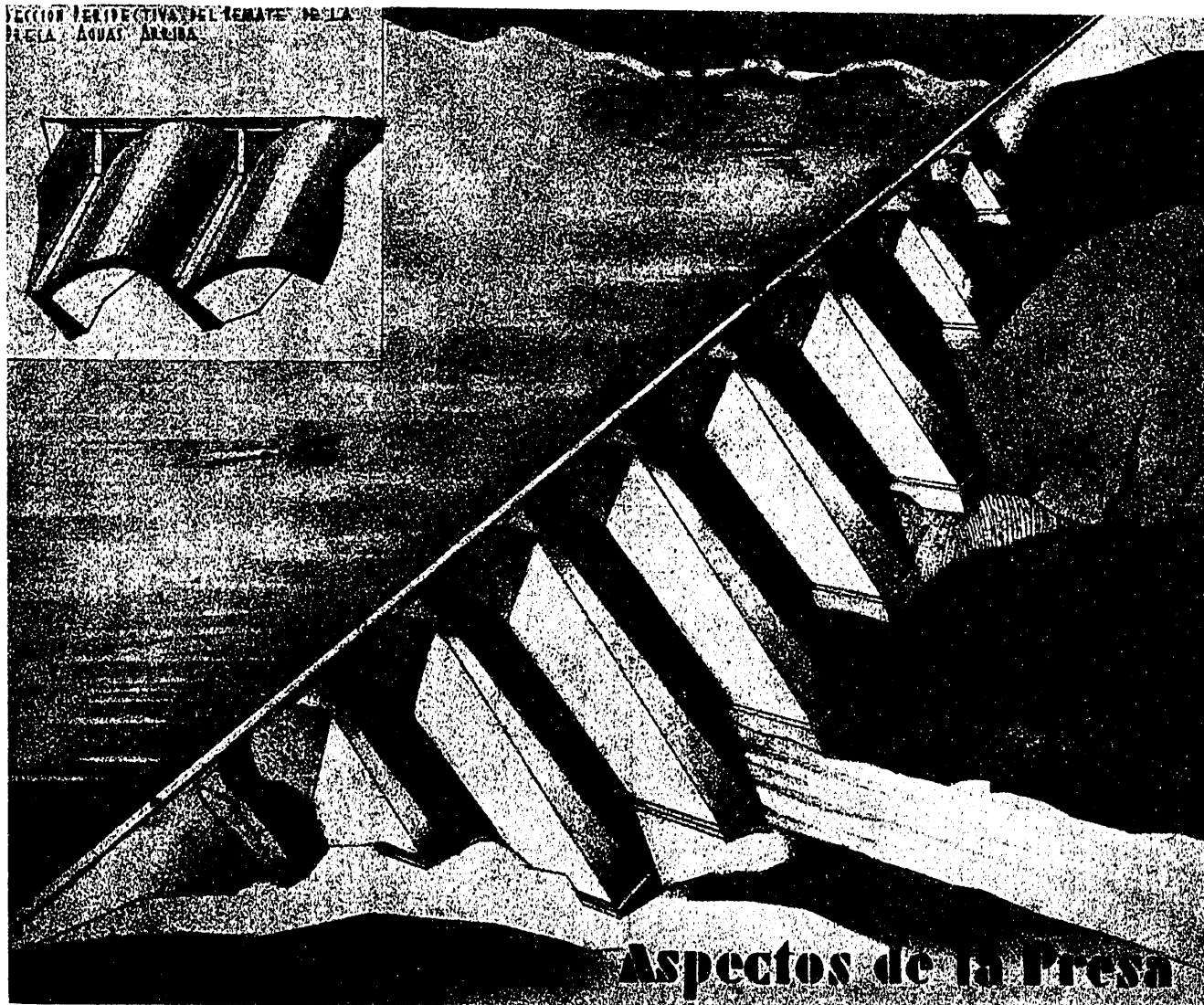


Por la misma razón hemos descartado también el poner contrafuertes en los contrafuertes, aligerándolos de este modo, como se realizó en la misma presa de Hamilton y en la del lago Florence.

Aspectos constructivos

A pesar de todo ello y de tratarse de un tipo conservador calculado sobre bases muy prudentes, la economía en comparación con la solución de gravedad es de gran importancia.

nimo. Con objeto de prescindir del encofrado, los paramentos de los contrafuertes se han proyectado de mampostería o bien de bloques ligeros de hormigón. Los paramentos de aguas arriba de las bóvedas son cilíndricos, de modo que bastará realizar un solo tipo de molde metálico para la totalidad de la presa. En cuanto al paramento de aguas abajo no es exactamente cilíndrico; pero las directrices son circulares y de radio muy poco variable para las distintas alturas, por lo que se pueden emplear también los mismos segmentos de encofrado, teniendo en cuenta



Se ha tanteado y desarrollado completamente el proyecto de una presa de gravedad con el paramento de aguas arriba vertical y un talud de 0,80 aguas abajo, lo que corresponde a una hipótesis de subpresión $\theta = 0,75$, y una densidad de la fábrica de $\gamma = 2\,300 \text{ kg/m}^3$ ¹.

El presupuesto de esta solución infra-Lévy, en el caso más favorable de la planta recta, es de pesetas 1 575 801,82. El correspondiente a la solución de bóvedas múltiples es de 1 068 949,87 pesetas, obteniendo, pues, para la presa una economía de orden de 32 por 100.

La dificultad constructiva queda reducida al mí-

además la mayor facilidad que para este paramento proporciona la cimbra o castillete.

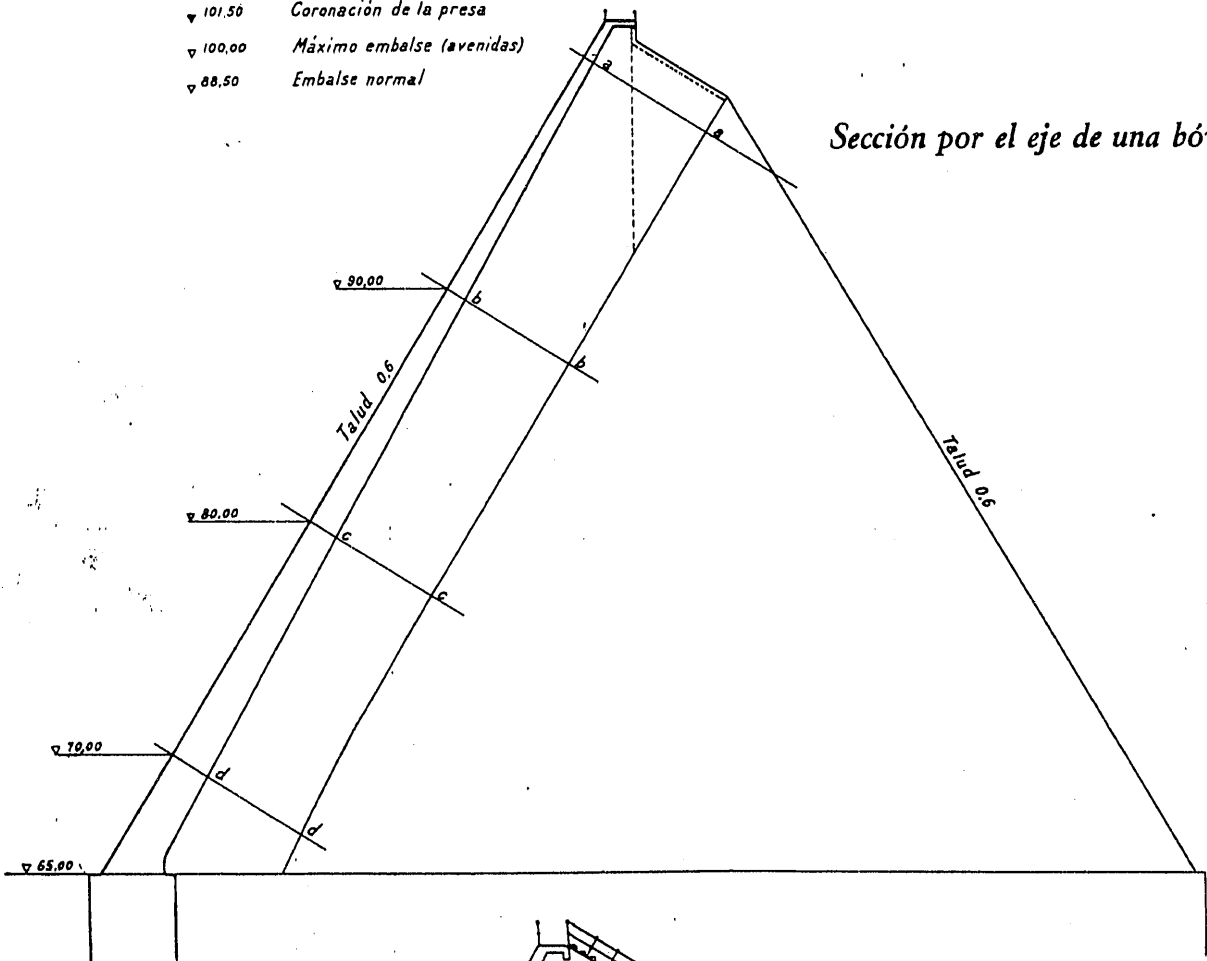
Con la preocupación de obtener una solución en sumo grado constructiva hemos estudiado la posibilidad de emplear un encofrado metálico móvil, no sólo en el paramento superior, sino también en el de aguas abajo; pero esto supone—puesto que el espesor de la clave varía con la altura—la imposibilidad de formar arcos de inercia constante como los que propugnamos y hemos proyectado.

La solución más adecuada parece ser el arco de tres centros, con inercia variable, pues con ellos se acerca al antifuncular, y aun para contrarrestar los efectos de la temperatura son lógicos, por estar siempre el centro elástico en el tercio superior de la flecha. En este sentido orientamos actualmente nues-

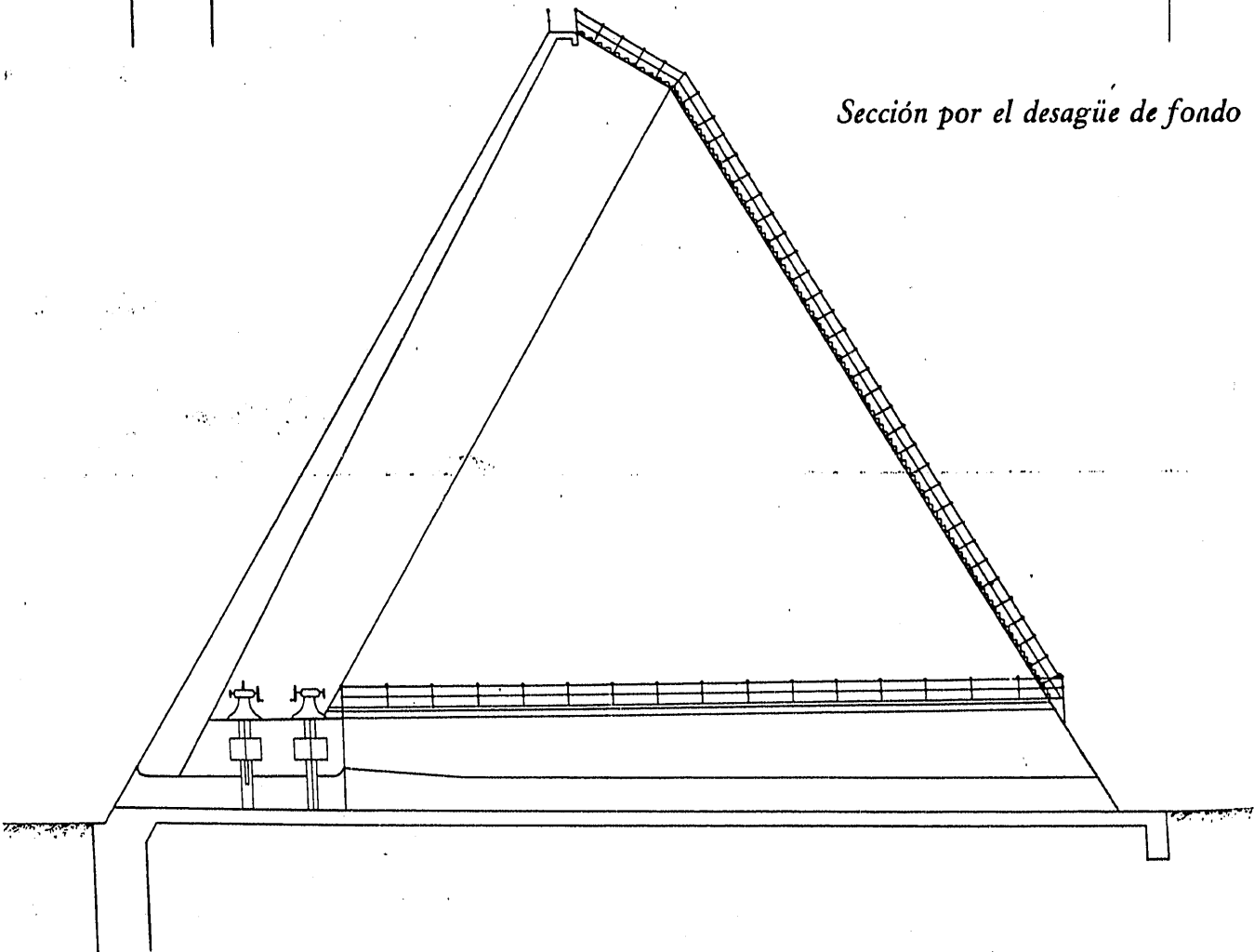
¹ La hipótesis de subpresión completa de Lévy, $\theta = 1$, exigiría un talud de aguas abajo de 0,877.

- ▽ 101.50 Coronación de la presa
- ▽ 100.00 Máximo embalse (avenidas)
- ▽ 98.50 Embalse normal

Sección por el eje de una bóveda.



Sección por el desagüe de fondo



tros estudios, lo que podría dar lugar a una modificación de las bóvedas antes de su construcción.

* * *

Los gráficos dan idea del proyecto, del que señalaremos algunos detalles interesantes.

Con el fin de contrarrestar la formación de pequeñas grietas a causa de la temperatura y de la retracción se dispone en toda la superficie del trasdós una malla de 20 cm de cuadrícula, formada de redondo de 6 mm, pues la experiencia ha demostrado en diversas presas que así la impermeabilización es más eficaz.

El desagüe de fondo, dispuesto en un cubo de hormigón dentro de una de las bóvedas, se detalla en los planos.

En la coronación de la presa hemos tratado de obtener económicamente un aumento de la capacidad del embalse. Como en el último arco o directriz la clave está a distinta altura que los arranques, es claro que éstos—más bajos—señalan la cota del máxi-

mo embalse. Pero si cerramos los tímpanos que entre las bóvedas y los contrafuertes determina un plano normal al eje de aquéllas por unos tabiques de hormigón armado (económicos por sus pequeñas luz y carga), habremos obtenido como cota de máximo embalse la de la clave del arco, resolviendo la coronación bastante elegantemente. La pasadera de la coronación se apoya alternativamente en voladizo en la clave de los arcos hacia aguas abajo y en unas pilas que descansan en los apoyos hacia aguas arriba. En esta viga-pasadera terminan los tabiques de cierre de los tímpanos con la disposición indicada en la figura.

El aliviadero, de labio fijo, está situado en la margen izquierda, con entera independencia de la presa.

Las cargas máximas, supuestos los efectos más desfavorables, son de 35 kg/cm² para la compresión en las bóvedas, 1 000 kg/cm² para la tensión de la armadura y 10 kg/cm² para la compresión en los contrafuertes.

En otro artículo detallaremos el desarrollo del cálculo de la presa.

José JUAN ARACIL
Ramón RIOS GARCIA
Ingenieros de Caminos

Transportes

I. RÉGIMEN INTERNACIONAL

Con ocasión de haber sido nombrado delegado de España en la Conferencia internacional que para la revisión del Convenio de Berna de 1924 tiene lugar actualmente en Roma, y ante el estudio y examen directo de muchas cuestiones que se relacionan con el régimen internacional de los transportes, considerados en su mayor generalidad, he creído conveniente tratar en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS algunas cuestiones de verdadero interés para España.

En primer lugar se echa de menos una ausencia casi absoluta de España en la colaboración que el resto de los países de Europa, con el mayor entusiasmo y competencia, efectúa desde hace tiempo para el estudio y resolución de tantos problemas a que ha dado lugar el tráfico internacional. No se diga que esos problemas interesan poco a España. Se demostrará lo contrario en todo lo que sigue. A algunos de los numerosos Congresos y Conferencias envía España, es cierto, representaciones, delegaciones; pero —y esto lo puedo afirmar por propia experiencia— sin la continuidad en los nombramientos que requiere una serie de materias íntimamente ligadas, sin tiempo suficiente para preparar y estudiar los asuntos, y con exiguas representaciones que, ante la multiplicidad de cuestiones, no pueden desarrollar labor eficaz alguna. Hablo, quede bien entendido, de los Transportes internacionales y en relación con el Ministerio de Obras públicas. He tenido ocasión de comprobar que por el Ministerio de Estado se cursan con la mayor rapidez todos los trámites necesarios para concurrir a estas Asambleas, cumpliendo su misión con el mayor entusiasmo; pero no sucede lo mismo en el Ministerio de Obras públicas, por no existir, como allí, un Negociado que se ocupe, con exclusividad a toda otra cosa, de las materias de carácter internacional. El Convenio de Berna, cuya importancia es muy grande —y las Compañías de M. Z. A. y Norte, especialmente, apoyaron esta afirmación—, fué ratificado por España en 1924, pero no dió su representación a reuniones posteriores de este Convenio, y aunque la celebración de la Conferencia de revisión del mismo fué anunciada con más de un año de tiem-

po, sólo bien entrado el mes de agosto de 1933 se nombró al que suscribe, sin más personal de asesoramiento, cuando países como Francia —sin contar Italia, Alemania, etc.— ha enviado doce representantes. Es cierto que dicho Convenio interesa de especial manera a los países de la Europa central, pero la diferencia apuntada no tiene explicación ninguna.

En apoyo de cuanto decimos vamos a resumir los hechos más importantes que en relación con los transportes internacionales —y excluimos a los marítimos y servicios telefónicos, telegráficos y radiotelegráficos— se han sucedido de un poco tiempo a estas fechas. No es preciso remontarse a muchos años. Según los datos que he podido obtener, especialmente de las publicaciones de la Sociedad de Naciones, Unión Internacional de Caminos de Hierro, Cámara Internacional de Comercio¹, etc., solamente basta con que desde el año 1921 señalemos los hechos más salientes en materia de transportes internacionales, lamentando que la falta de espacio nos impida ser muy extensos.

Asamblea General de la Unión Internacional de Transportes-Seguros Baden.—Baden, septiembre 1931.

Conferencia General de Comunicaciones y Tránsito.—Sociedad de Naciones. Ginebra, octubre 1931.

Idem sobre Títulos de Transportes negociables.—Ginebra, noviembre 1931.

Conferencia General sobre el Tráfico Aéreo.—Varsovia, marzo 1932.

Congreso Internacional de Carreteras.—Milán, abril de 1932.

Congreso de La Unión Internacional de Ferrocarriles. La Haya, junio 1932.

Asamblea General de la Asociación Internacional del Tráfico Aéreo.—Venecia, agosto 1932.

Congreso Internacional de Transporte por carretera.—Berlín, 1933.

Oficina Internacional de Containers.—París, febrero de 1933.

¹ Ver "rapport" de I. Sanderman.