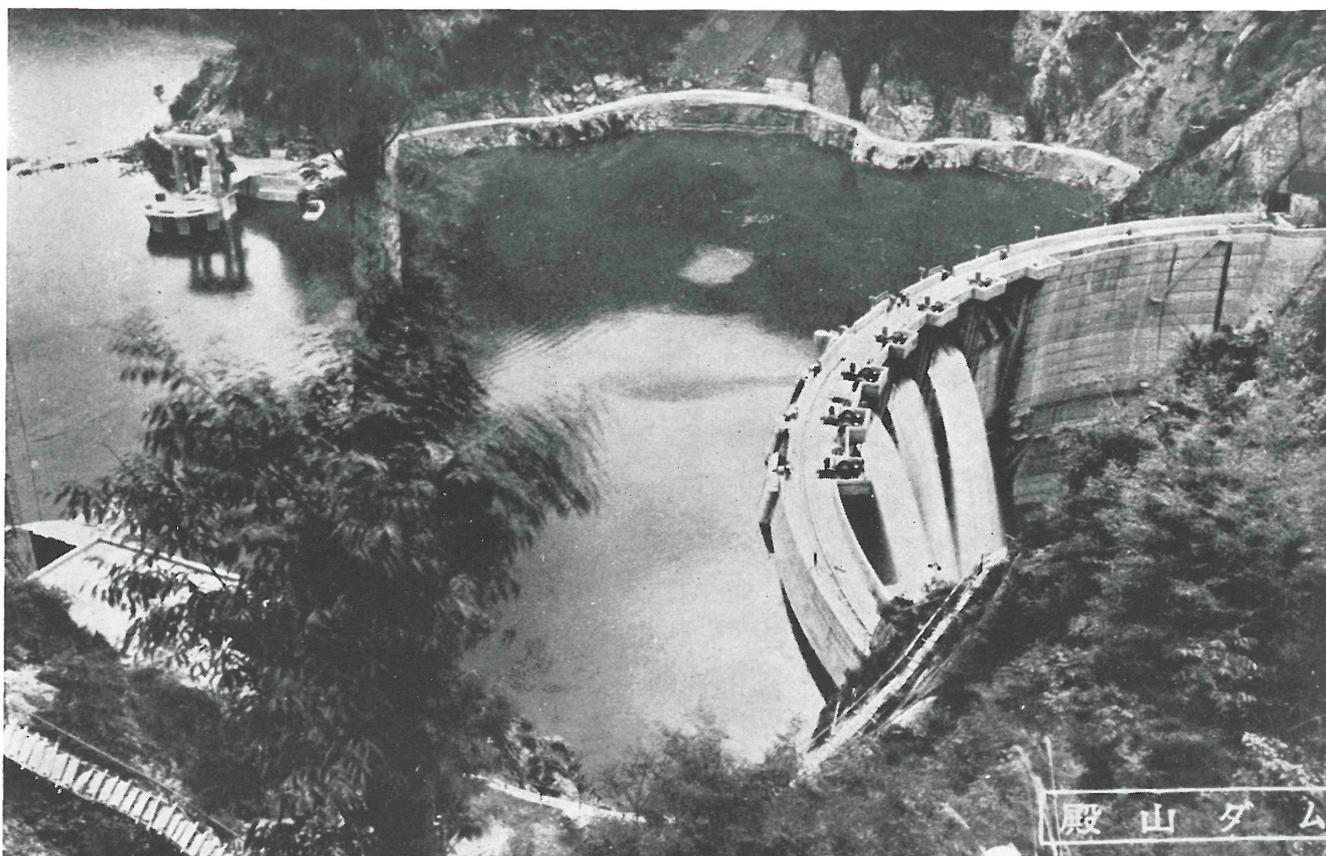


Japón



Tonoyama - Osaka

JIRO MARUYAMA, ingeniero

531 - 40

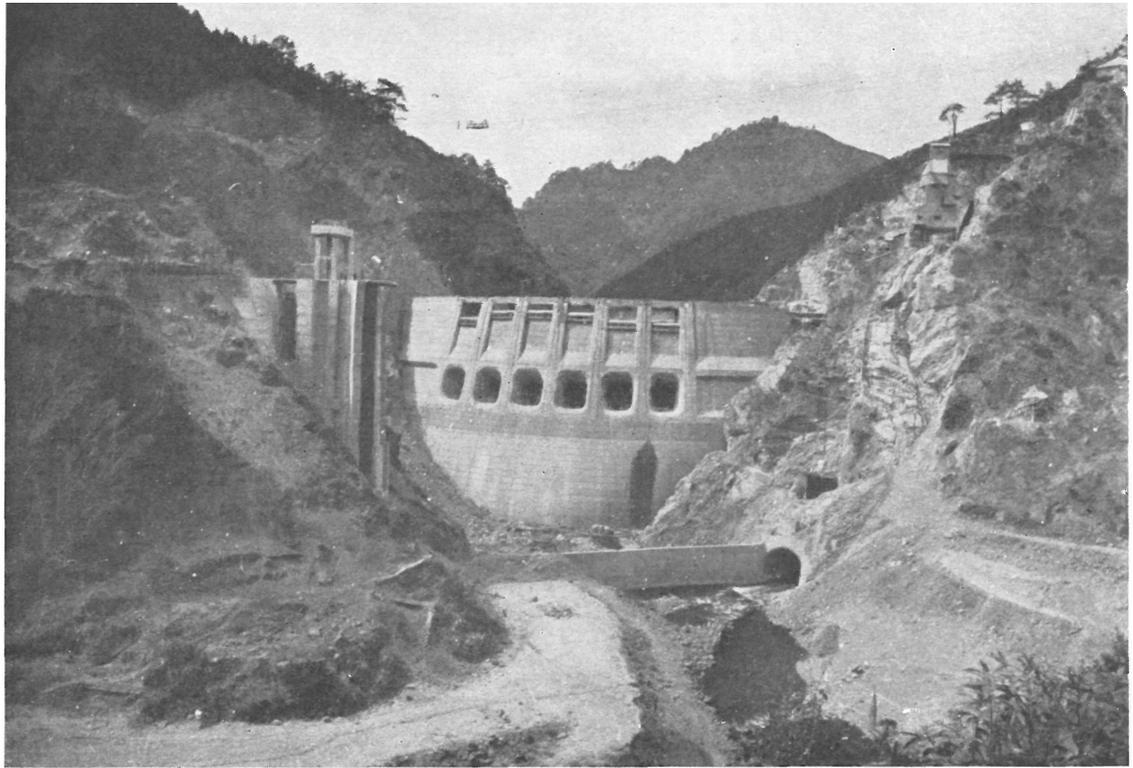
El salto de Tonoyama ha sido proyectado y construido por la Kansai Electric Power Co., de Osaka, Japón. La presa se ha construido en el tramo central del río Hiki—cuyo cauce se extiende en la zona sureste de la isla Japón—y a unos 96 km de Osaka.

La presa ha creado un embalse que retiene 16 Hm³ de agua aprovechable, que se utilizarán en una central hidroeléctrica de 15.000 kW de potencia.

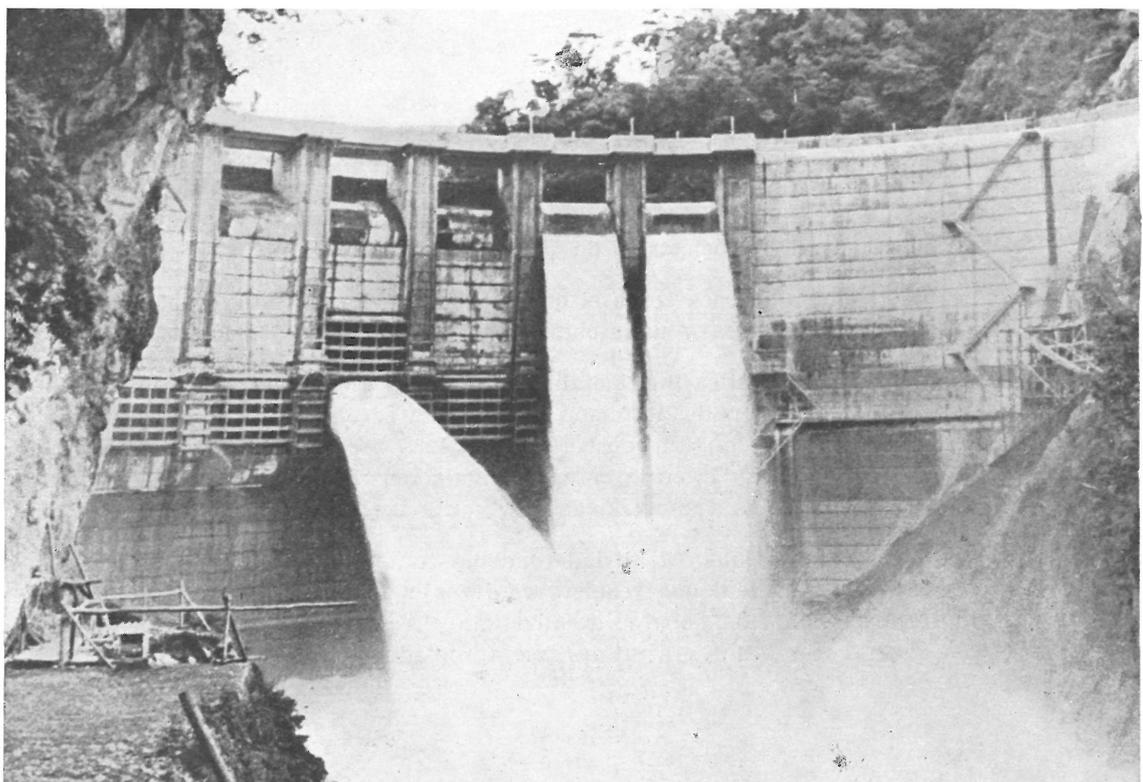
El banco de roca sobre el que se apoya la presa está constituido por un conglomerado que contiene grauvaca y unas cuantas juntas de estratificación.

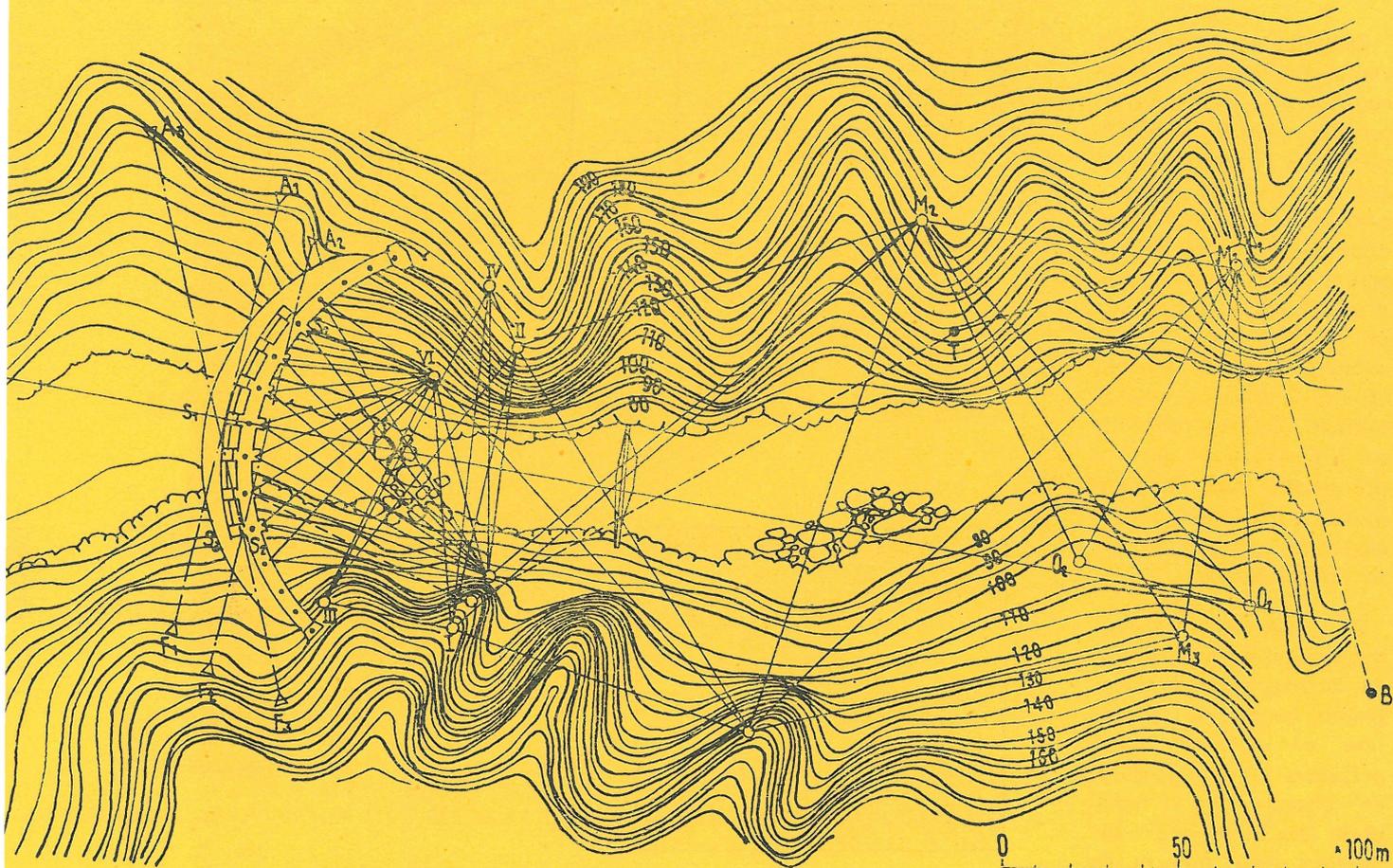
La característica más notable de la presa es su bóveda tricéntrica con arcos de doble curvatura. El volumen de hormigón de la presa se eleva a unos 51.400 m³; sus dimensiones más importantes son: longitud en coronación, 128,7 m; altura, 64,5 m; espesor en la parte superior de enrase, 4,50 m, y 12 en la base. El ángulo central del arco superior, de 116°, ha sido proyectado constituyendo una simetría doble y junta perimetral sobre la base de cemento.

Para el cálculo del aliviadero debía contarse con la necesidad de un desagüe del orden de 3.000 m³/s, caudal que requiere el drenaje de una superficie de cuenca, aguas arriba, de 294 km². La determinación del tipo de aliviadero presentó serias dificultades para llegar a una disposición general que permitiera un desagüe apropiado a tan abultado volumen de aguas durante las grandes avenidas.

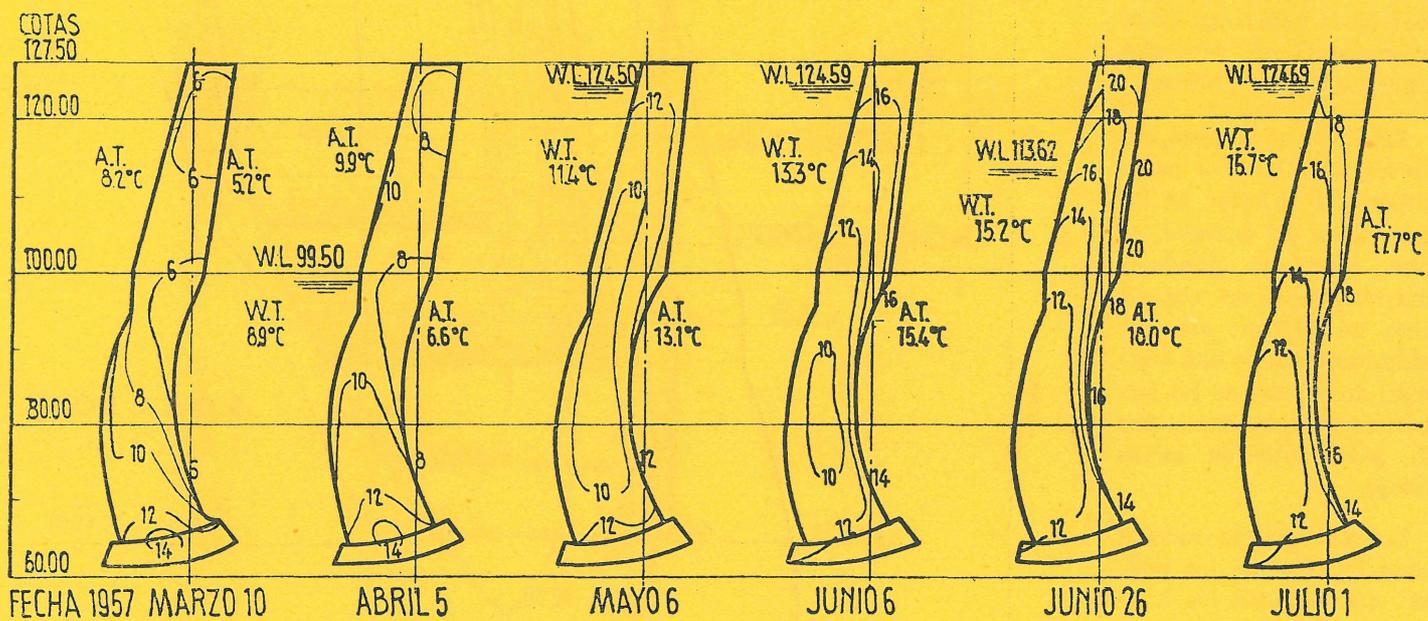


Después de estudiar las posibilidades de un aliviadero de superficie, de salto de esquí y galería de desagüe, se llegó a la solución mixta de seis compuertas, instaladas en la parte central de la presa, que vierten, sobre el cuenco, a unos 50 m del pie con aguas altas, y otras tantas compuertas de superficie para dar paso a las brozas flotantes en el curso de la avenida.





planta
y triangulación topográfica



AT.-TEMPERATURA DEL AIRE
W.T.- " " AGUA
W.L.=NIVEL DEL AGUA

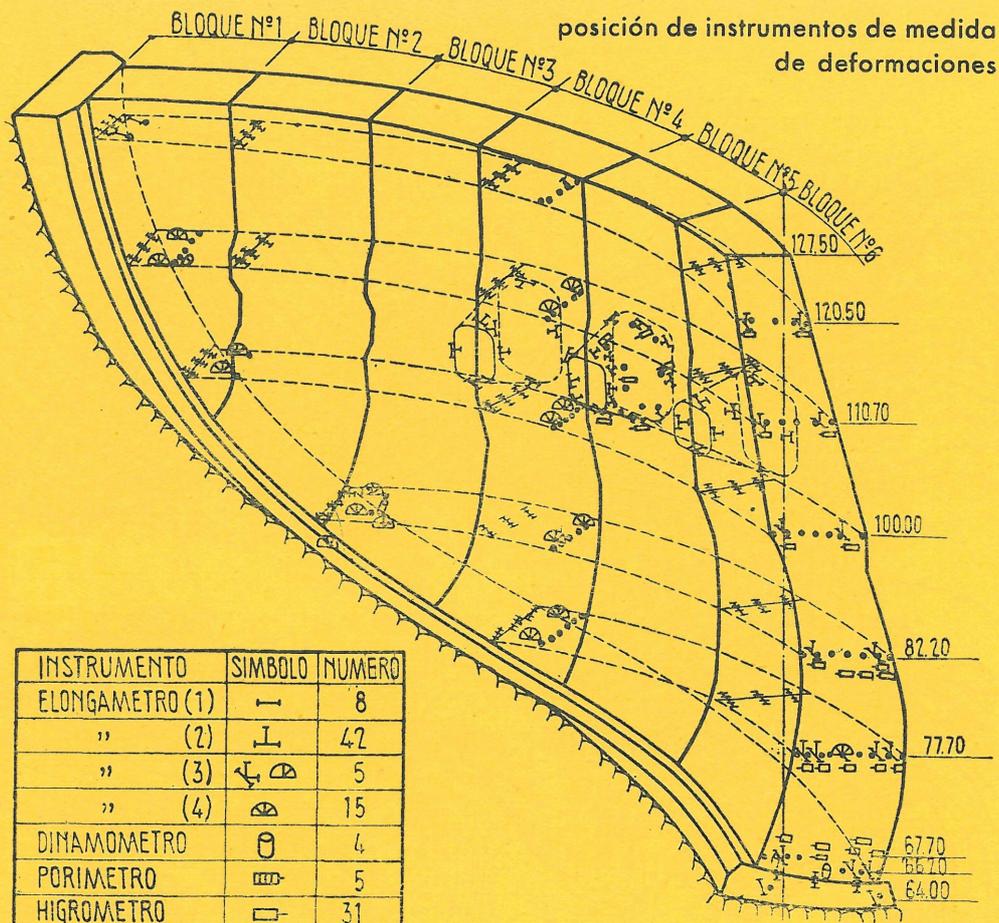
perfiles
e isotermas

Durante el estudio del comportamiento de estas compuertas, utilizando un modelo reducido, se prestó particular atención a la forma que debía darse a cada uno de los seis conductos, los cuales conducen el agua, a través de la presa, hasta la salida, donde se han instalado las compuertas. Fué también objeto de análisis la estabilidad, régimen hidráulico, coeficiente de gasto y problemas que pudiera plantear el fenómeno de cavitación en las paredes de los conductos.

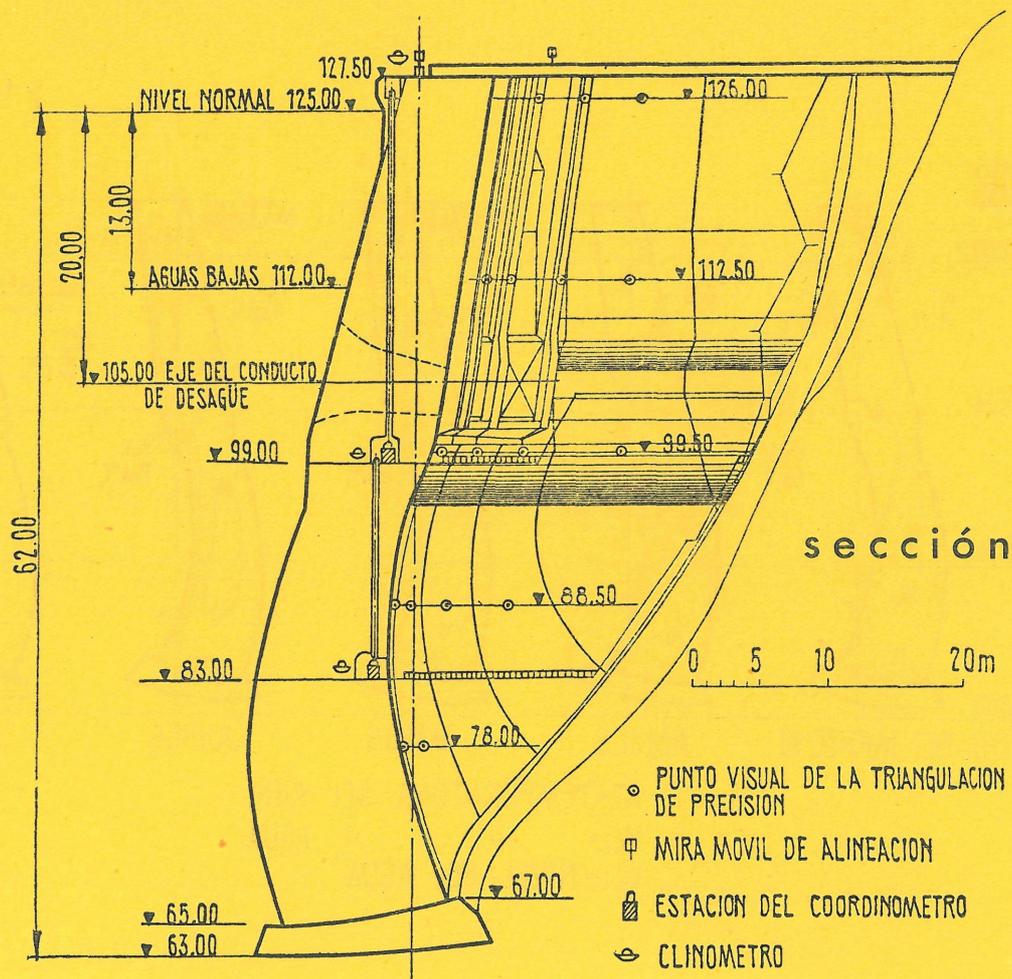
La forma de los seis conductos iguales es abocinada. Se han utilizado encofrados metálicos con objeto de obtener líneas perfectas en la superficie de contacto con el agua. Cada una de las seis compuertas tiene 5,70 m de altura, 6 m de anchura, y —como se ha dicho anteriormente— se han colocado en la salida. Las compuertas de la parte superior de la presa son de la misma anchura, pero sólo tienen 2,18 m de altura.

Los arcos de la presa, correspondientes a la parte superior e inferior de los conductos de desagüe, se han reforzado dándoles mayor espesor en una altura de 1,50 m; además, exteriormente, se han añadido dos fletos de hormigón que se proyectan sobre el paramento de aguas abajo.

Las tensiones de tracción desarrolladas en los pilares que separan los huecos de los conductos, se han absorbido con una serie de railes colocados en una posición casi vertical.

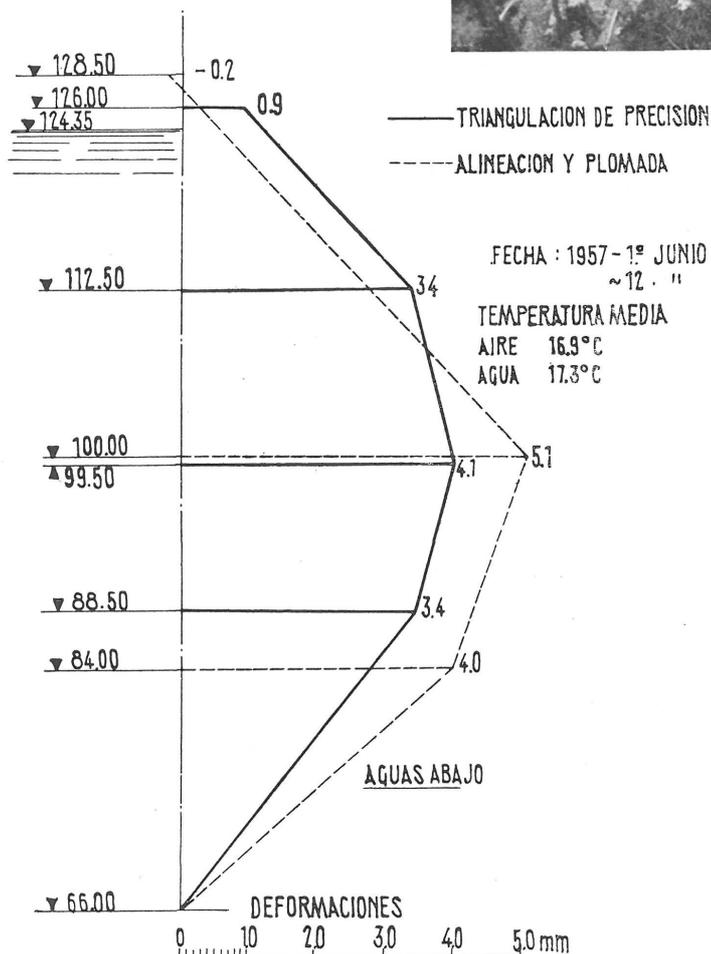


INSTRUMENTO	SIMBOLO	NUMERO
ELONGAMETRO (1)	I	8
" (2)	L	42
" (3)	⊕ ⊙	5
" (4)	⊙	15
DINAMOMETRO	⊖	4
PORIMETRO	⊞	5
HIGROMETRO	□	31
TERMOMETRO	•	96
LUZ DE JUNTAS	⊕ ⊖	51



En el análisis de tensiones se ha procedido considerando, en primer lugar, las ménsulas y los arcos aisladamente, ajustando, después, las deformaciones radiales. Se ha utilizado el método de tanteos sucesivos para armonizar el sistema de tensiones en las ménsulas y arcos. Durante este análisis teórico se simultaneó otro, sobre modelo reducido, a escala 1/30, de hormigón ligero, de pómez, el cual se ensayó en el Laboratorio Técnico Industrial del Instituto de Energía Eléctrica de Tokio.

Terminados los ensayos sobre el modelo reducido, se sometió éste a la carga límite que permitieron los gatos hidráulicos, no observándose síntoma alguno de rotura. A la vista de estos ensayos, se llegó a la conclusión de que el coeficiente de seguridad es del orden de 7.



El hormigonado de la presa propiamente dicha empezó el 13 de enero de 1956, y el 22 de marzo de 1957 ya se había empezado a llenar el embalse.

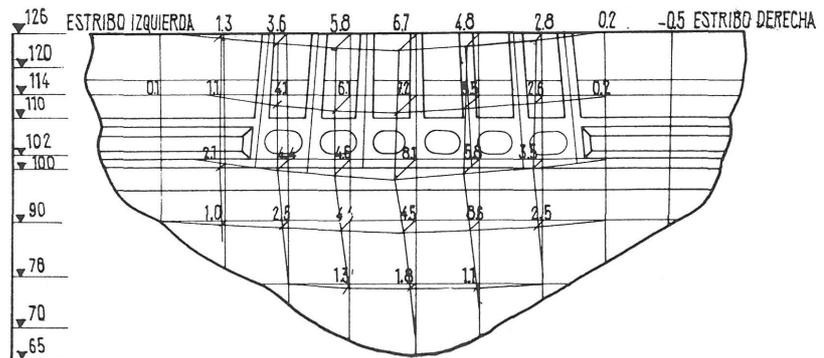
deformación radial de las ménsulas

deformaciones

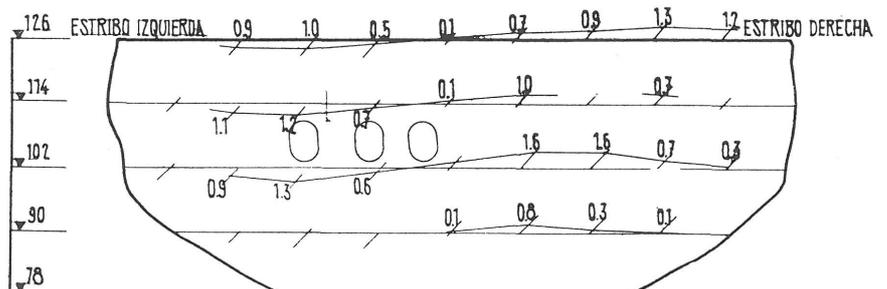
El método constructivo empleado ha consistido en bloques independientes, en cuyo hormigonado se procedía por tongadas de 1,50 m de espesor. Las puntas máximas logradas en esta operación fueron de 460 m³ por día (uno de los meses se llegó hasta los 7.000 m³). El hormigón se dosificó a 220 kg por metro cúbico en la masa, reservando una dosificación más fuerte, de 250 kg, para las zonas correspondientes a los bordes de los huecos o conductos para las compuertas del aliviadero de fondo. La resistencia media del hormigón a los noventa y un días era del orden de 440 kg/cm², observándose un coeficiente de variación de 9,7.

Las inyecciones finales de lechada de cemento se escalonaron en tres fases, utilizando de 4 a 5 kg de presión por cm² y empleando válvulas de goma para poder repetir la operación. La junta perimetral formada entre el muro de presa y su base de cimiento o silla fué objeto también de inyecciones, en las que se empleó la misma presión. La roca de apoyo de cimientos se consolidó por medio de inyecciones, operación que se completó formando una cortina de impermeabilización. En estas últimas inyecciones se consumieron 68 toneladas de cemento.

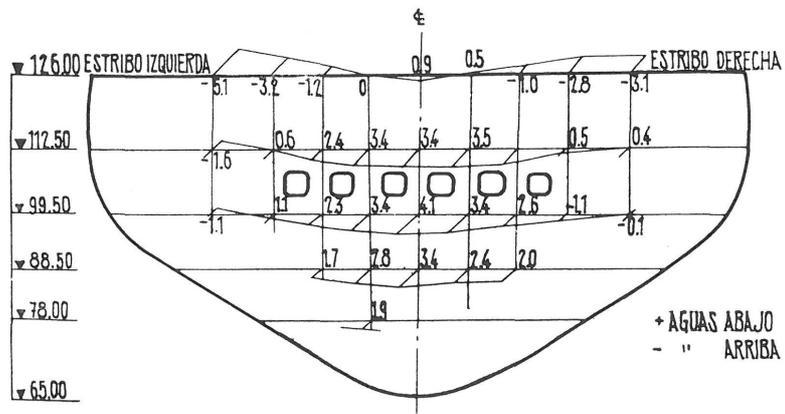
Para la determinación de las deformaciones reales que debía experimentar la obra al terminarse se habían colocado, durante la construcción, y convenientemente embebidos en el hormigón, unos 400 elongómetros, termómetros y registros de amplitud de juntas. Con objeto de disponer de puntos de gran exactitud para referir los distintos movimientos de deformación, se hizo una triangulación topográfica de gran precisión.



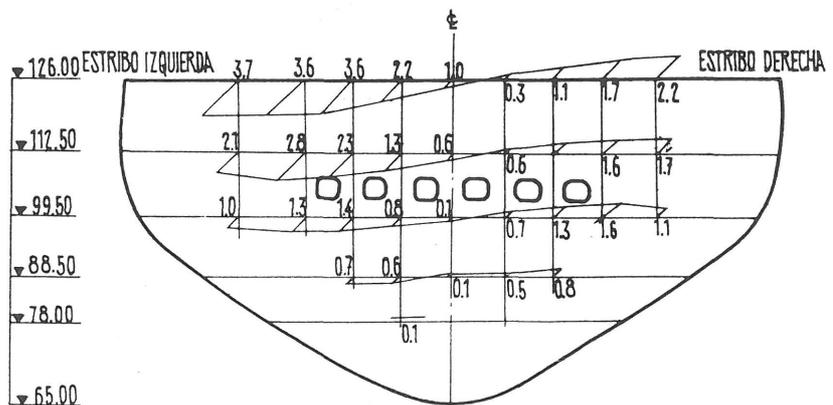
Radial en modelo reducido.



Tangencial en modelo reducido.



Radial medida por triangulación.



Tangencial medida por triangulación.