

LA PRESA DE MONTEYNARD

Por M. TAVERNIER y R. BOURRIOT
Director à Electricité de France Coyne et Bellier, Paris

Introducción.

Cinco años después de su puesta en servicio definitiva, *Monteynard* sigue siendo una obra original que merece — a defecto de largas aclaraciones que no hallarían su lugar en el marco de la REVISTA DE OBRAS PUBLICAS — que se saquen a la luz las ideas que se han impuesto poco a poco al espíritu de los responsables y han servido de hilo conductor, más o menos conscientemente, para llegar a las decisiones tomadas desde el principio de los estudios hasta el término de la obra.

Un lugar severo, un valle de paredes abruptas dominadas por acantilados que dominan el río desde 350 m. en la orilla izquierda y 450 metros en la derecha, una pendiente aguas abajo de 45° que parecía casi tranquilizadora comparada con las diversas redes de diaclasas, fuertemente inclinadas hacia el río, que recorran la roca — caliza dura — en múltiples sentidos, tal era el marco en que había que construir una presa de 155 m. de altura. Si bien todos los informes humanos y geológicos permitían presagiar que los movimientos de masas rocosas podían excluirse, las caídas de gruesos bloques rocosos de varios metros cúbicos eran moneda corriente y se comprende el largo período de respecto de nuestros predecesores hacia un valle cuyo aprovechamiento hidroeléctrico era rentable, pero peligroso de poner en obra.

Los reconocimientos eran difíciles: Se habían practicado seis galerías que penetraban en el corazón del macizo — sano, por otra parte desde la superficie, ya que está constantemente avivado por la erosión —, habían mostrado la existencia de grandes fracturas verticales, más o menos llenas de detritos y de arcilla, cuyo origen había sido atribuido a separaciones de

las hojas rocosas, lo que es un error, ya que se han descubierto en el mismo fondo del valle. Sin embargo, no se había descubierto la principal, llamada "Julie la Rousse" más tarde, y que estaba oculta por pliegues rocosos locales en los lugares en que las galerías la cortaban; hubo de esperarse a la apertura de las excavaciones para trabar conocimiento con ella y que se impusiera brutalmente a las preocupaciones de la obra.

Añadiendo la presencia de una veintena de metros de aluviones en el fondo del valle y, sobre todo, la existencia de un valle fósil lleno de aluviones que contornea ampliamente el lugar de la presa, lo que limitada económicamente la altura de la obra, se tendrá una idea bastante exacta de los datos iniciales de que se disponía para trazar un proyecto cuyas condiciones hidrológicas eran bien conocidas y la necesidad de crear una central de punta, conducía a sobreequipar en la máxima medida la Central.

El proyecto.

El escollero y la tierra no gozaban hace quince años el favor que conocen en la actualidad, pero aún hoy se les preferiría una obra de hormigón más apta que otra cualquiera, en una garganta estrecha, para soportar las fantasías de un río justamente reputado por sus cóleras.

La topografía permitía contemplar una bóveda delgada a condición que no se aplicasen tensiones excesivamente importantes sobre apoyos sólidos, pero no excepcionales; en realidad, así es como se comenzó. Pero bien pronto se adquirió la convicción que una obra frágil hu-

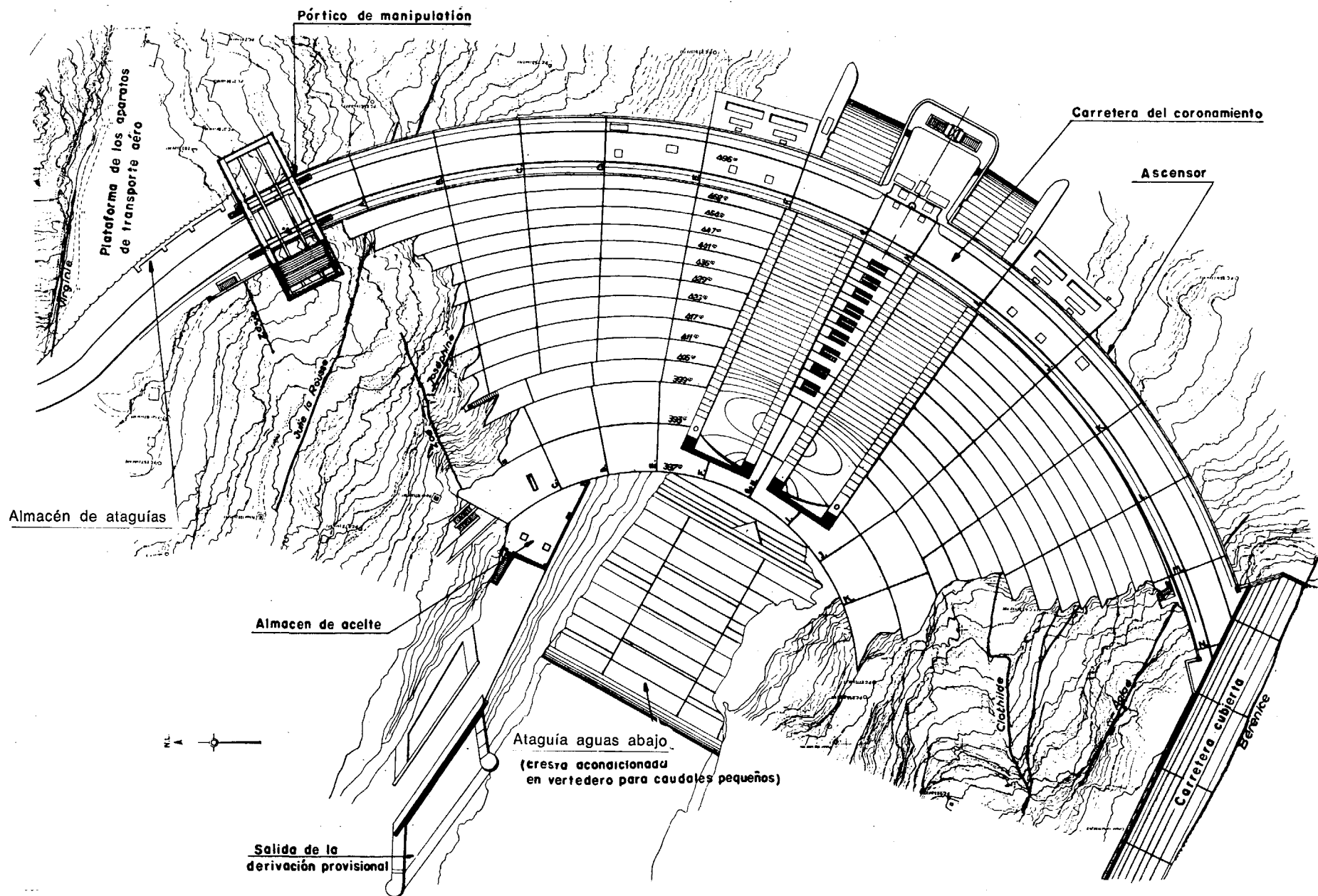


Fig. 1. — Plano.

biera estado mal adaptada a una garganta tan inhospitalaria. Una presa de gravedad hubiera sido demasiado cara, y de todas maneras, al apoyarse haciendo presión sobre las paredes

celada sobre las líneas de nivel, sino tallada a escala de esos grandes farellones que la dominan, pero que puede ayudar a sostener? Tal ha sido, finalmente, la decisión tomada, completán-

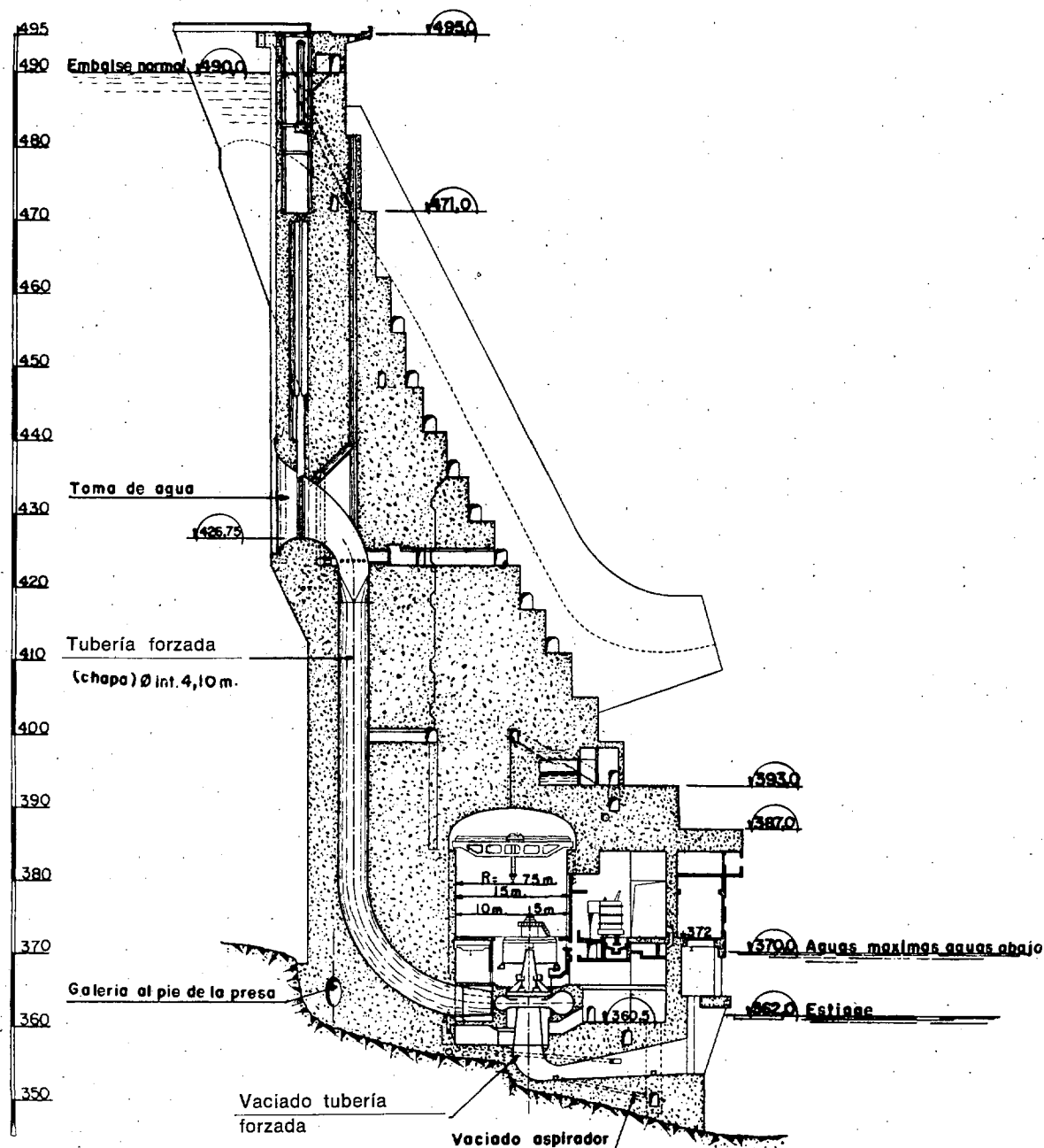


Fig. 2. — Corte vertical pasando por las tomas de agua.

de la garganta, hubiera trabajado como una bóveda. Por tanto, ¿por qué no escuchar las discretas invitaciones de la naturaleza y dibujar una bóveda de aspecto rudo, no que fuera cin-

dola con la de espesar los arcos de zarpa para poner la fábrica bajo su protección y al abrigo de los bloques que se desploman las delicadas máquinas de una central hidroeléctrica (véanse

las figuras 1 y 2). Tal decisión era seguramente tranquilizadora en cuanto al comportamiento de la bóveda se refiere, pero inmediatamente apareció que resolvía felizmente los arduos problemas que planteaba la presencia de cuatro tomas de agua, de dos desagües y, aún más, de dos vertederos de 1 250 m.³/seg. cada uno. En efecto, en una obra basta, se podía admitir un paramento aguas arriba vertical, sobre el que se pueden fácilmente disponer todas estas obras que se califican con frecuencia de "anejas", denominación que no carece de "sal" cuando se piensa en los 2 500 m.³/seg. que hay que soltar de 150 m. de altura, lo que representa una potencia de 3 millones de KVA. que ha de ser disipada.

Implantados en la vecindad del eje, lanzando lo más lejos posible y en dirección al valle sus cataratas acuáticas, los dos aliviaderos funcionan de manera a devolver el agua al río sin atacar el pie de los acantilados. Los chorros, estudiados sobre modelos reducidos, se enderezan para alargar el impacto sobre el lecho del río. Sobre varias decenas de metros los aluviones que rellenan el fondo del valle en 20 metros de altura, deben desaparecer progresivamente (1).

Los desagües están situados en el propio eje de la presa, por encima de la central; sus chorros se parecen, en más pequeño, a los de los aliviaderos. Provisos aguas arriba de una compuerta de guarda y aguas abajo de una compuerta sector de reglaje, llevan montada una sólida reja de grandes mallas.

Las tomas de agua son de tipo clásico y están situadas lo bastante altas para hallarse por encima del nivel máximo de las posibles formaciones de depósitos de grava. Merced a los confortables espesores de hormigón, se han podido incluir en el cuerpo mismo de la presa las grandes tuberías que llevan el agua a las turbinas. Las rejas metálicas pueden ser sustituidas en cualquier momento por ataguías (figura 2).

Por tanto, ha sido finalmente a un ajuste preciso de todos estos elementos que ha dado lugar la puesta a punto del proyecto (sin contar lo que se refiere a la central, de que habla-

remos más adelante). La imbricación de todos estos órganos ha contribuido a dar a la central un aspecto y un carácter macizo que acentúa aún más la forma en escalera del paramento aguas abajo, cuyos grandes escalones formaban los mejores espacios horizontales que el contratista hubiera podido desear para desplegar sus talleres, lo que no dejó de hacer, como es lógico.

La central.

La parte baja del valle ha sido requerida en la máxima medida para alojar finalmente cuatro grupos equipados para 75 m.³/seg. cada uno, es decir, en total cinco veces el caudal medio del río. En todas partes se ha buscado disminuir la congestión, ya fuera en sentido transversal aprovechando la latitud del hormigón "muerto" del fondo del valle para alojar las salidas cuadradas de los aspiradores, o en el sentido longitudinal, sustituyendo las compuertas clásicas de grupo por "compuertas incorporadas a la turbina".

Se hubiera podido aprovechar aún más completamente la supresión de las válvulas de seguridad de las unidades para alojar en el lugar habitualmente destinado a estas últimas, y que sólo sirve de circulación, los tableros de mando de los grupos y la regulación. Sin embargo, la maduración algo tardía del proyecto no ha permitido explotar enteramente el partido retenido.

Los transformadores están inmediatamente aguas abajo de los alternadores, y la energía sale por cables dispuestos en una alcantarilla alojada en la galería de acceso a la central hasta la subestación de arranque que la topografía del valle conduja a implantar a la entrada de este túnel. Al utilizar hasta el límite de lo posible el ancho del valle para implantar las máquinas ha sido preciso crear aguas abajo un tramo especial para alojar los despachos, los talleres y los diversos locales que exige una central, tan sólo el puesto de mando está situado en voladizo encima de la sala de máquinas y tiene vista directa sobre ésta.

Tratamiento de los apoyos.

El tratamiento de los apoyos de Monteynard ha exigido un trabajo importante que ha sido lo suficientemente aclarado en la Comunicación

(1) Los primeros desbordamientos (fig. 3) y sobre todo el uso de los desagües durante varios meses, han creado una fosa de unos diez metros en el aluvión, lo que ha permitido dragar fácilmente buena parte de los materiales que deben desaparecer un día.

número 19 de la Cuestión 28 del Congreso de Edimburgo de 1964 (1) para que sea necesario volver sobre ello.

Añadiremos que nos ha venido otra sorpresa de las laderas, la presencia en zonas profundas

Comportamiento de la presa.

Se puede fácilmente imaginar que los cálculos no dan exactamente cuenta del comportamiento de una obra compleja como es *Montey-*

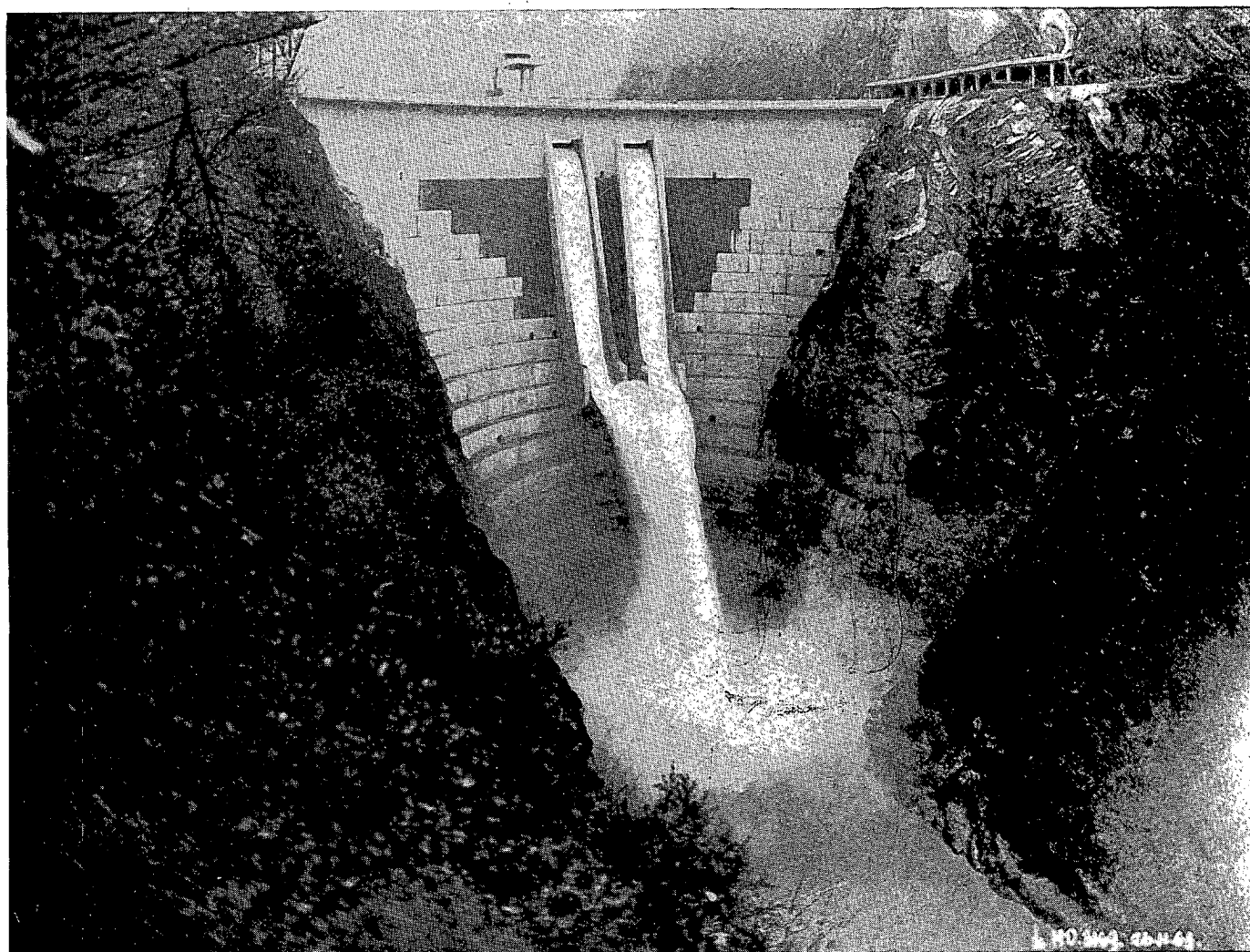


Figura 3.

de capas selenitosas descubiertas algunos meses después de iniciar las obras. Para que fueran inofensivas ha sido necesario utilizar en los cimientos y en inyección cemento de escorias y sólo hormigonar con Portland el cuerpo de la presa fuera de los contactos rocosos.

(1) Comunicación de los Sres. Faivre d'Arcier y Conte.

nard. Por tanto, nos hemos preocupado sobre todo, por medio de análisis simplificadas, partiendo de hipótesis extremas, de hacernos una idea de las tensiones a que la obra pudiera estar sometida, para asegurarnos que no eran de temer sorpresas desagradables. Del mismo modo, instalando numerosos aparatos de medida (topografía, nivelación, péndulos, extensó-

metros, termómetros) se ha intentado conocer la manera en que la bóveda había efectivamente reaccionado a las solicitaciones a que estaba sometida. Así, ha podido comprobarse que toda la zona espesada para alojar la central resiste

lleno desde hacía una semana, se iba a proceder a las pruebas de las compuertas del aliviadero. Las observaciones efectuadas inmediatamente por las brigadas de observadores que se hallaban sobre el coronamiento de la presa han

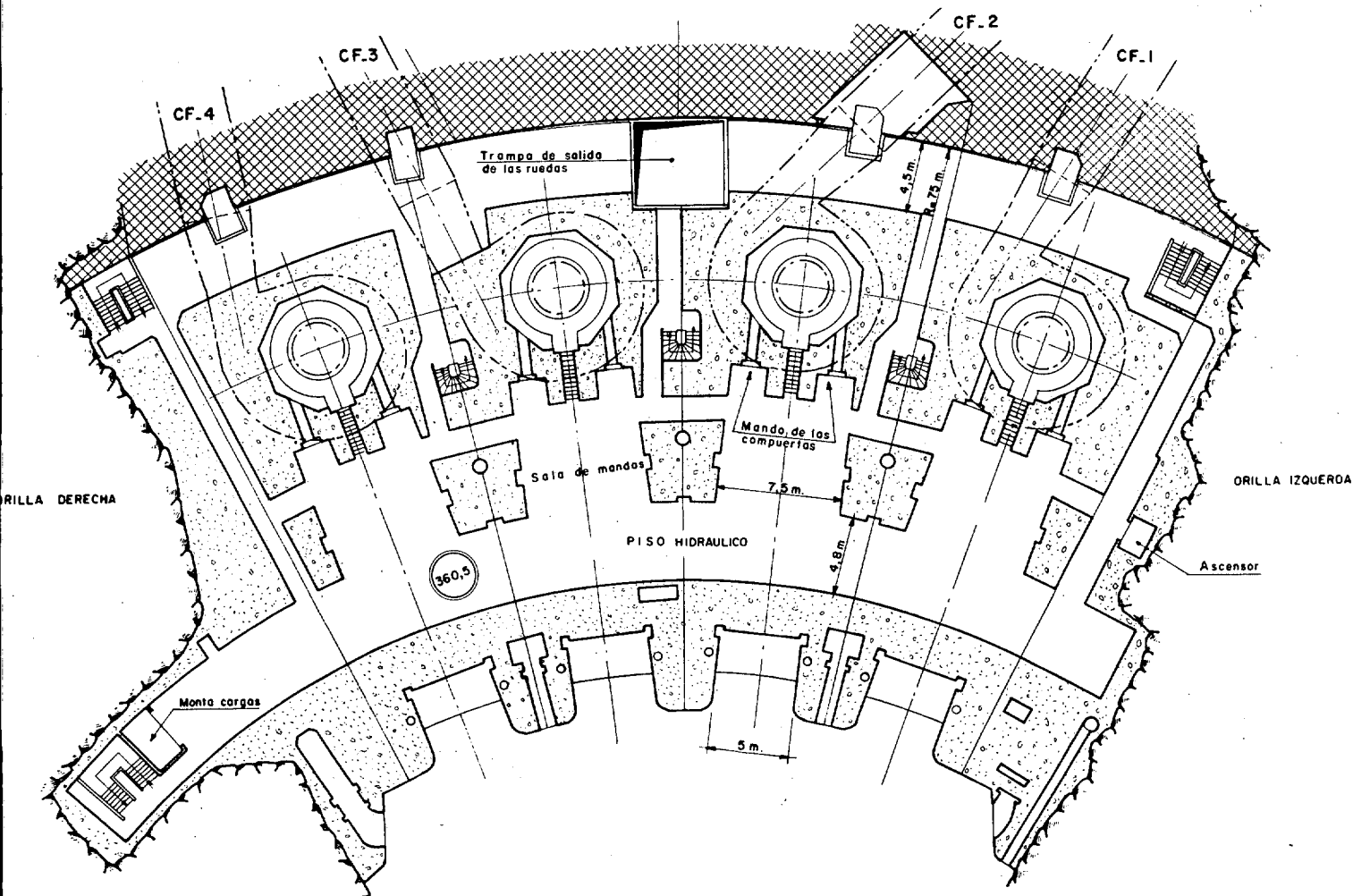


Fig. 4. — Corte a nivel de las turbinas (363).

como un tapón, mientras que la parte alta se comporta como una bóveda enteramente clásica; la junta anular con claves, que fue necesaria durante la construcción para evitar las tensiones de retracción, no tiene papel alguno en el monolitismo de la obra. Las orillas, después de su consolidación han recibido igualmente su contingente de aparatos que han mostrado que los trabajos de inyección y de refuerzo habían dado a las riberas la estabilidad y la solidez deseadas.

Por último, la obra ha sufrido la prueba de los terremotos en el preciso momento en que,

mostrado que la bóveda no había sufrido en absoluto, como tampoco la roca consolidada de las orillas.

Organización de la construcción.

Al concentrar en una sola obra todos los órganos de *Monteynard*, se resolvían todos los problemas planteados. Pero la complejidad de la tarea tenía una contrapartida que podemos traducir por tres condiciones:

- Disponer de una potente derivación provisional.

- Tener una central de zona de implantación tan reducida como fuera posible.
- Estudiar un cronograma riguroso y atenerse al mismo.

La derivación provisional y las ataguías han sido estudiados para dar paso a una avenida ex-

drán cubrir las salas en que se efectúan los montajes y comenzar éstos lo más pronto posible. Es, pues, siempre interesante reducir la zona de implantación de la central para reducir las complicaciones.

Por último, la organización de la obra debe

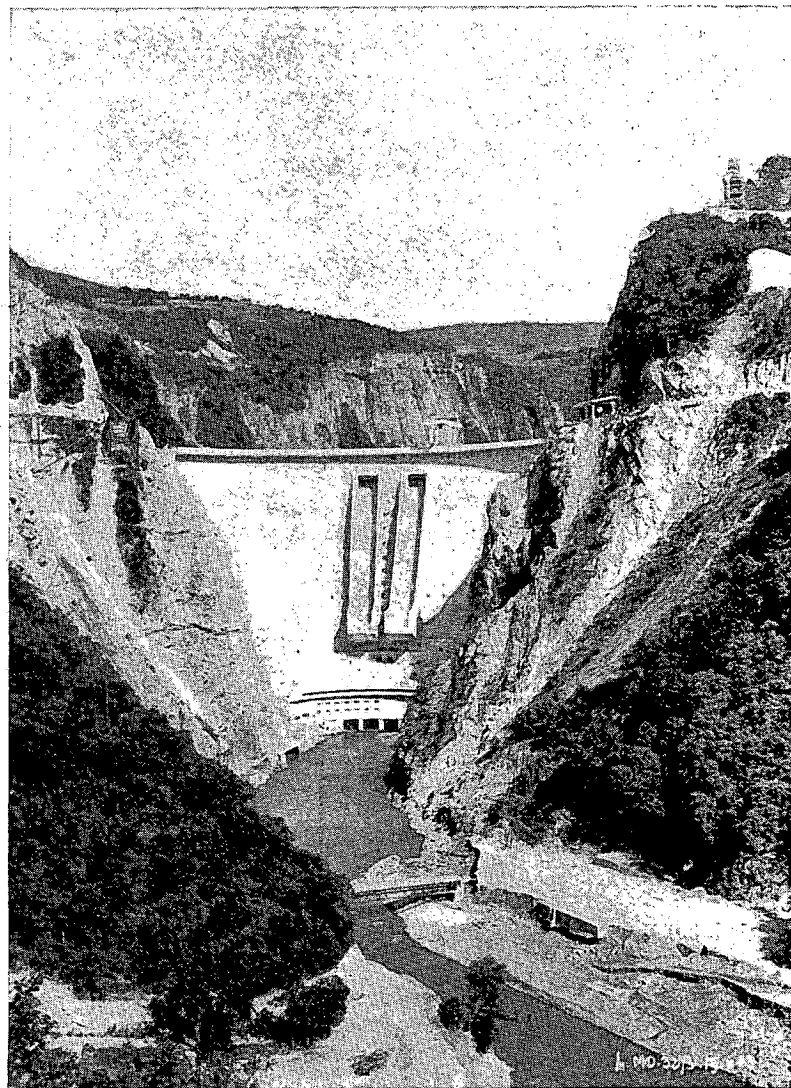


Figura 5.

traordinaria para poner los montajes al abrigo de los azares de la hidrología. Las obras han funcionado perfectamente el día en que, en efecto, ha llegado la avenida centenaria.

La central que sirve de basamento a la presa debe acondicionarse para que se puedan montar rápidamente pilares merced a los que se po-

ordenarse hasta en sus mínimos detalles por medio de estudios precisos de realización para que la complicación que es el lote habitual de todos no cree pérdidas de tiempo. Colocación de las tuberías, de los aspiradores, armaduras difíciles, galerías, pasos, salas varias, todo ello debe ser combinado armoniosamente, y por

tanto, pensado con detalle. Los seis primeros meses del hormigonado son primordiales, ya que de su buen empleo depende el éxito de la tarea o los retrasos con su concierto de recriminaciones. La "Société Générale d'Entreprises" ha sabido concebir una buena programación y contribuir en gran parte al éxito de la construcción de *Monteynard*.

Conclusión.

Este éxito se debe, finalmente, al espíritu de equipo que ha animado y de que han dado

pruebas todos los responsables. El dueño de la obra por su comprensión, el Ingeniero Asesor por la orientación de sus estudios de detalle, el contratista al combinar sus medios de ejecución y al estudiar sus cronogramas en interés de todos, han sabido crear una comunidad enteramente tendida hacia la obtención de un éxito que ha sido el de todos (fig. 5).

"La grandeza de un oficio es unir hombres", decía Saint Exupery. Todos los obreros de *Monteynard* han hecho de esta frase su divisa, y por ello, se han separado amigos.

MONTEYNARD

Características del aprovechamiento.

HIDROLOGIA

Cuenca alimentadora	2 050 Km. ²
Caudal medio anual	58,5 m. ³ /s.
Caudales medios anuales	1 840 millones de m. ³

EMBALSE

Cota de embalse normal	490,00 N. G. F.
Cota de embalse máxima	494,50 N. G. F.
Volumen total de embalse a 490,00	276 millones de m. ³
Volumen de la parte útil (entre 450,00 y 490,00)	185 millones de m. ³
Altura de la parte útil	40 m.
Crecida máxima contemplada	2 500 m. ³ /s.

POTENCIA Y PRODUCTIBILIDAD

Cota de restitución	363,00 N. G. F.
Caída bruta máxima	127,00 m.
Caída bruta media	116,00 m.
Caída neta media	114,00 m.
Caudal equipado	300 m. ³ /s.
Potencia instalada	320 000 kW.
Productibilidad anual media	466 millones de kWh.
Evacuación de la energía en	220 kV.

P R E S A

Volumen de hormigón (presa y central)	455 000 m. ³
Volumen de las excavaciones	129 195 m. ³
Cota del coronamiento de la presa	495,30 N. G. F.
Altura sobre el cauce	135 m. aproximadamente.
Altura sobre cimientos	155 m. aproximadamente.
Espesor en la base en clave	54 m. aproximadamente.
Espesor en la cresta	5 m.
Paramento aguas arriba: cilindro vertical de radio	120 m.
Puesta en servicio: 1962.	

EQUIPO DE LA PRESA

Vertederos de crecidas.

2 vertederos en salto de esquí con umbral a 481,00 N. G. F., obturados por:
2 compuertas de segmentos A = 9,50 m. — L = 11 m.

Desagües.

- 2 desagües con umbral a 394,75 N. G. F. que comportan:
 - 2 conducciones de desagüe de ϕ 2,50 m.
 - Rejas fijas de hormigón con barrotes separados por 800 mm.
 - 2 compuertas de guarda aguas arriba, tipo "oruga" $H = 4,15$ m. — $L = 2,50$ m.
 - 2 compuertas de regulación aguas abajo, tipo "segmentos" $H = 2,00$ — $L = 2,00$ m.
- Capacidad de evacuación: 2×160 m.³/s. en la cota 490,00 N. G. F.

Tomas de agua.

- 4 tomas de agua principales, con umbral a 426,75 N. G. F. que comportan:
 - 4 rejas desmontables 15×6 m. en 3 elementos.
 - Separación de los barrotes: 5 mm.
 - 4 compuertas de guarda tipo "oruga" $A = 9,00$ m. — $L = 3,00$ m.
 - 1 ataguía en 3 elementos.
- 1 toma de agua auxiliar, umbral a 432,00 N. G. F. que comporta una compuerta de tipo "vagón" $A = 150$ m. — $L = 1,00$ m.

Tuberías forzadas.

- 4 tuberías forzadas embebidas en el hormigón ϕ 4,10 m. — $L = 70$ m. aprox.
- 1 tubería forzada auxiliar ϕ m. — $L = 75$ m. aprox.

EQUIPO DE LA CENTRAL

Turbinas.

- 4 turbinas Francis de eje vertical 214 r./mm.
 - $P = 80\,000$ kW bajo salto neto de 120 m. y $Q = 75$ m.³/s. con compuerta de forro incorporada entre la rueda y las directrices móviles.

Alternadores.

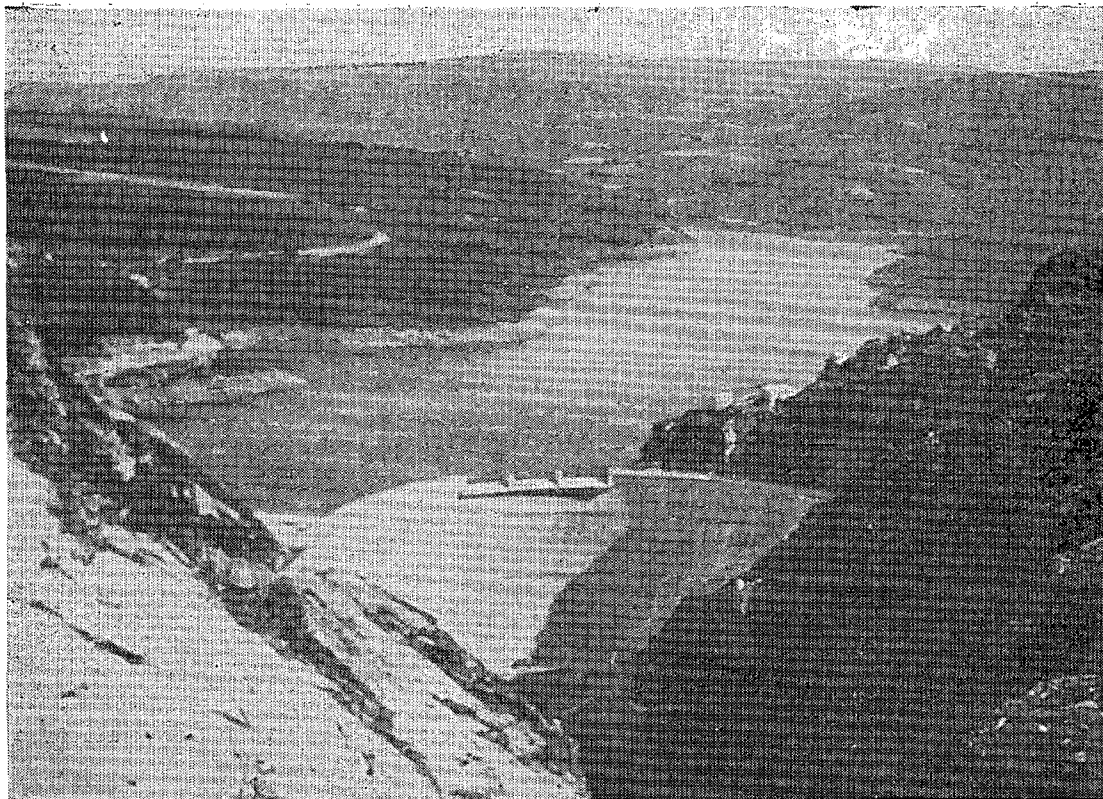
- 4 alternadores de 90 000 kVA en 10,3 kV.
 - 50 pps — PD2: total 4 800 t. $\times$ m.³

Transformadores.

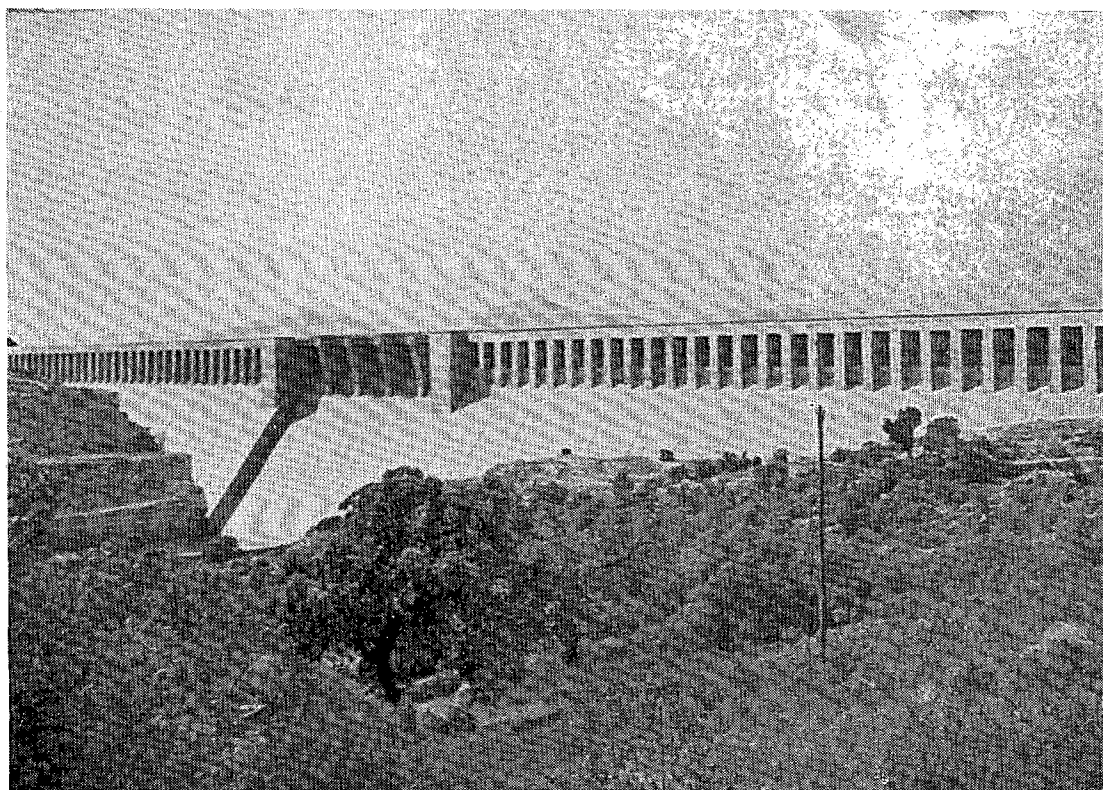
- 4 transformadores de 90 000 kVA tipo "campana".
 - Primario 10 000 v.

Varios.

- 1 grúa de puente de 300 Tn.
- 1 grúa de puente de 30 Tn.
- 2 grúas de puente de 20 Tn.
- 1 grupo de socorro de 600 kW.



Presa de Eume, en el río Eume. Altura, 100 m.



Presa de Gabriel y Galán, en el río Alagón. Altura, 67 m.