

# APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO DE LOS RIOS PORTUGUESES CAVADO Y RABAGÃO

Por los alumnos ENRIQUE DIAZ-RATO, IGNACIO LASA y MARTIN EYRIES.

*El interesante viaje a Portugal de esta promoción de nuestra Escuela Especial, que dió lugar a un trabajo presentado en nuestro número de septiembre, se complementa con el presente, en el que otros alumnos describen los importantes aprovechamientos hidroeléctricos que se reseñan en el epígrafe.*

Durante nuestro reciente viaje de estudios por Portugal, tuvimos ocasión de ver las obras que la Empresa H.I.C.A. realiza para aprovechamiento de los ríos Cávado y Rabagão. Con tal motivo, y por considerar dichas obras de indudable interés, el Profesor Sr. Juan-Aracil nos comisionó para hacer un resumen de ellas, que hoy ve la luz en esta REVISTA.

La pasada Guerra Mundial, que tan hondamente afectó a la economía de todos los países, beligerantes o no, dejó sentir su influencia también en la nación vecina, y de modo muy particular al plantear un serio problema en la producción de energía eléctrica.

En efecto: hasta el año 1939, las centrales térmicas producían un total de kilowatios hora muy superior al que se obtenía de los escasos aprovechamientos hidroeléctricos. Todavía en el año 1948 se mantenía ese desequilibrio, y así, en ese año fué la producción térmica de 465 millones de kilowatios hora, en tanto que la hidráulica apenas llegó a los 350 millones.

Ya se comprende, pues, que las necesidades de guerra, que impidieron a Gran Bretaña efectuar sus exportaciones de carbón habituales, repercutieron de manera muy directa en Portugal, cuyas centrales térmicas se vieron seriamente afectadas por la escasez de combustible, resintiéndose en consecuencia la producción de energía eléctrica.

Es entonces cuando empezó a pensarse por los organismos competentes en aprovechar la energía hidráulica de sus ríos, muy poco estudiados en este aspecto.

Con un adecuado sentido de prudencia no se acometieron, pues, las obras hidráulicas tan pronto como las necesidades se hicieron patentes, sino que se esperó a tener un estudio hidrológico a través de varios años, de los ríos portugueses, que sirvió de base para el plan de aprovechamientos.

Sin embargo, a la realización de dicho plan ha contribuido de manera decisiva no tanto la necesidad de efectuarlo como el excelente momento de la post-guerra en la balanza internacional de pagos de Portugal, a quien los suministros a Inglaterra durante la contienda situaron en ventajosa posición acreedora respecto a esta nación.

Amparados, pues, por esta excelente situación económica, y administradores como siempre de un

riquísimo Imperio Colonial, brilla en el empleo de estos beneficios el excelente sentido económico del Dr. Oliveira Salazar, a quien Portugal debe, en casi todos los órdenes, cuanto no era hace veinticinco años y es en la actualidad.

Este conjunto de favorables circunstancias permite acometer a nuestro país vecino un programa de obras hidráulicas tan amplio que, ya en el año 1951, sobrepasó la cifra de 1.000 millones de kilowatios hora y prevé para el año 1960 duplicar esta cifra.

No puede aún, claro está, prescindirse de la energía térmica, que ha de servir por ahora para completar la producción, y en un futuro, de reserva y apoyo de las centrales hidroeléctricas; pero de continuar el ritmo previsto en la construcción de obras, podría prescindirse de aquella energía en el año 1955, en que una producción de la de origen hidráulico, de 1.700 millones de kilowatios hora, sobrepasaría la curva de consumo previsible.

Siempre, naturalmente, por razones de orden diverso, será conveniente mantener en un 10 por 100 de la producción total la de origen térmico; pero son suficientemente expresivos los datos anteriores para ver cómo ha sido la transformación portuguesa en este aspecto.

## H.I.C.A.

La Sociedad Hidroeléctrica del Cávado es una de las que se crearon para impulsar la construcción de obras hidráulicas. En su constitución conviene fijarse, porque la participación estatal es común denominador en este tipo de Sociedades.

Constituída la Sociedad por Decreto de 6 de noviembre de 1945, su capital inicial fué de 90 millones de escudos. De ellos, el Estado portugués participó con 30; es decir, un 33 por 100. Un porcentaje igual se destinó a la participación privada, cubriéndose el resto del capital tanto por Empresas eléctricas como por las Cámaras de Comercio de las poblaciones más directamente afectadas por los aprovechamientos a realizar por la Sociedad.

Esta constitución inicial ha ido reformándose posteriormente en las sucesivas ampliaciones de capital, y aunque parece ha disminuído la participación direc-

ta del Estado, aumenta la inversión de Instituciones estatales.

Aquella constitución inicial fué, como decimos, típica en unas Sociedades que se han creado para la realización del programa hidroeléctrico.

Son, como vemos, Sociedades paraestatales, en que la participación del Estado asegura el control de éste y la orientación que su Gobierno quiera dar a la marcha de la Sociedad en cuanto a sus realizaciones. Pero dicha participación es en tal cuantía que, no pudiendo influir de modo absoluto en las decisiones del Consejo por no ser mayoritaria, deja amplio margen a la iniciativa privada y de las Sociedades interesadas, lo que casi asegura la marcha de la Sociedad por derroteros de buena economía.

Se admite, naturalmente, la participación de Sociedades afines que, lógicamente, han de estar interesadas en las nuevas obras, pero en tal grado que no exista el peligro de constitución de *trust* o monopolios que pudieran coartar el normal desenvolvimiento de la Sociedad. Por fin se concede a la iniciativa privada una participación directa en Sociedades de tal interés para la nación.

Es, por tanto, tal composición una ponderada combinación de los distintos intereses, y el conjunto de ella una solución, si no única, al menos plenamente satisfactoria.

La protección del Estado a este tipo de Sociedades se hace patente por ciertas concesiones que en este caso fueron exención de aranceles aduaneros para la maquinaria y facilidad para obtención de cemento a precio inferior al ordinario.

### Características generales del aprovechamiento.

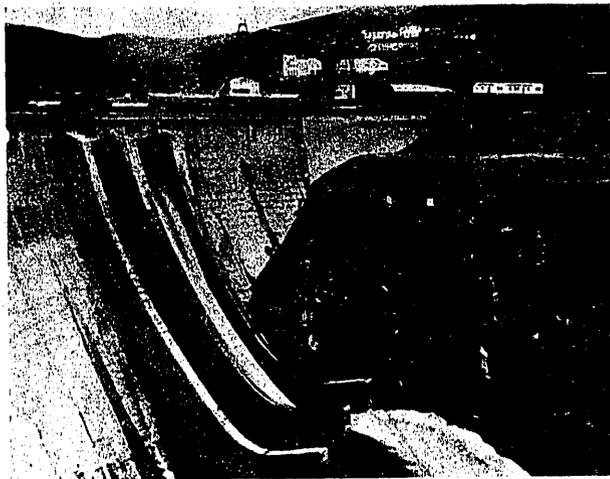
Cuando en diciembre de 1945 fué otorgada a la Hidroeléctrica del Cávado la concesión del sistema Cávado-Rabagão, los caudales de los dos ríos no eran todavía bien conocidos; por ello, en los planes para su aprovechamiento, elaborados con gran prudencia, se preveía apenas una producción en cuatro saltos de 400 millones de kilowatios/hora anuales.

El sistema hidroeléctrico del Cávado-Rabagão era ya considerado como uno de los de mayor interés del país, no sólo por su situación en una zona de intensa pluviosidad, sino también por los altos desniveles, por la posibilidad de crear embalses de gran capacidad y por la favorable circunstancia de presentar caudales de estiaje relativamente elevados comparados con los de otras cuencas.

Actualmente la Hidroeléctrica del Cávado, en años de pluviosidad media, espera obtener de su aprovechamiento cerca de 1 000 millones de kilowatios hora.

Tales resultados, mucho más halagüeños que los previstos, se deben a que los caudales medios son más elevados de lo que inicialmente se supuso y, sobre todo, a haber creado embalses de mayor capacidad que los proyectados inicialmente.

El aprovechamiento del sistema con los embalses de Venda Nova y Salamonde, ya construídos, y los de Caniçada y Paradela, en construcción, queda com-



Venda Nova: El aliviadero vertiendo.

pleto entre las cotas 735 y 41 m., y será agotado cuando se realice el del alto Cávado y otros de menor importancia proyectados.

### Descripción de los distintos escalones.

#### a) Venda Nova:

Ha sido la primera presa construída de este aprovechamiento, siendo debida esta primacía a la mayor potencia de su salto, en el que han sido instalados 90 000 KVA.

Se trata de una presa tipo bóveda, con curvatura en planta, proyecto del ilustre Ingeniero francés A. Coyne. Su espesor variable tiene como máximo en la base 32 m. Su longitud en la coronación es de 320 m. y arrojó un volumen de hormigón de 210 000 metros cúbicos.

El aliviadero fué objeto de un acertado estudio en el Laboratorio de Hidráulica de la Escuela de Caminos, bajo la dirección del Profesor Sr. Becerril. Es de tipo vertedero, con dos cajeros en distinto plano y con la particularidad de que uno de ellos incurva la lámina vertiente con objeto de desviarla de la ladera y arrojarla al centro del río.

Las características de la presa y su corte esque-

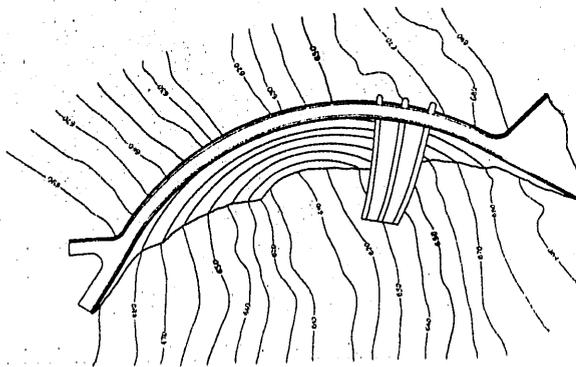
mático pueden apreciarse en los gráficos, siendo de notar que, a pesar de sus espesores, muy inferiores a los de una presa tipo gravedad, arroja un volumen de hormigón muy superior a la presa de Salamonde, de esbeltez suma.

La central que alimenta esta presa es la de Vila Nova, que se encuentra en el Cávado, y a la que ha de llegar el agua perforando la divisoria de cuencas en un túnel de sección circular de 3,20 m. de diámetro. La constitución geológica de los terrenos atra-

miento de los grupos. El resto del equipo eléctrico, instalaciones de mando y auxiliares se concentran en el edificio exterior y en la plataforma de la subestación.

Desde la torre de toma, visible claramente en la fotografía, el agua llega a las turbinas por un corto túnel en carga que baja con fuerte pendiente en dirección a la central. En su trozo final, blindado, se bifurca esta galería en los dos ramales de alimentación de las turbinas. Cada uno de estos ramales tiene una

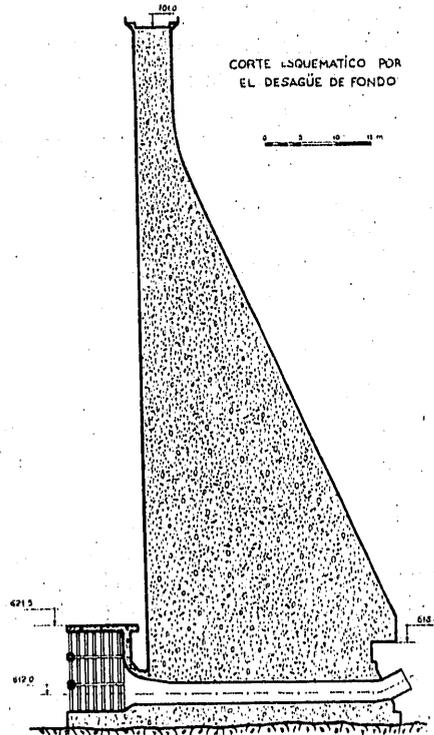
PLANTA GENERAL DE LA PRESA



0 10 20 30 40 50 60 m

## VENDA NOVA

CORTE ESQUEMÁTICO POR EL DESAGÜE DE FONDO



vesados obligó, en los primeros 2 Km. del túnel, a efectuar un revestimiento de hormigón y gunita armada. En el último tramo ha sido preciso colocar una tubería metálica en galería revestida, ambas de sección circular.

### b). Salamonde:

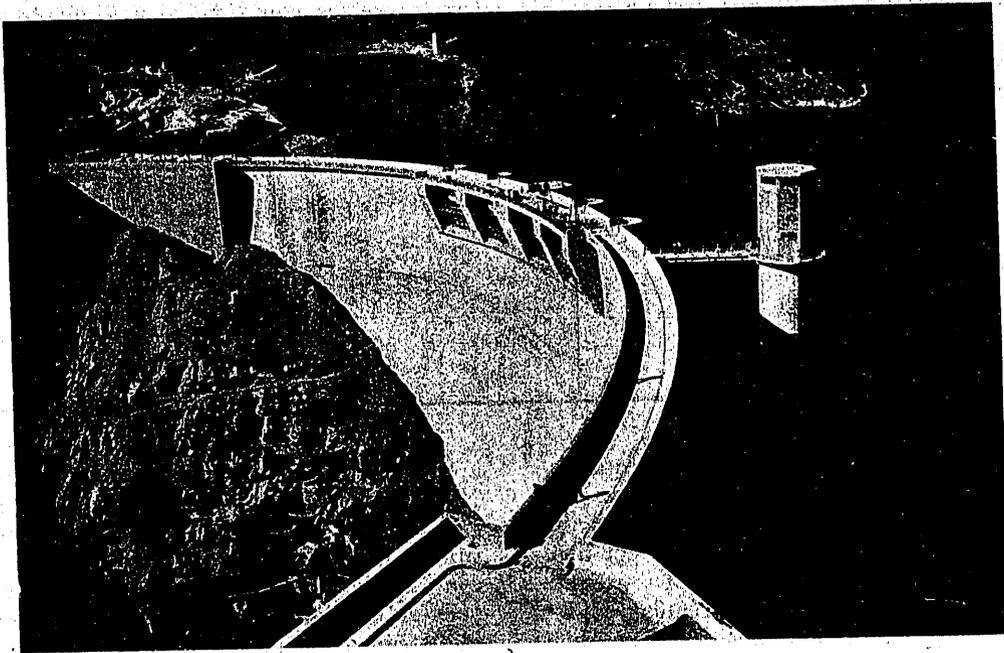
La característica fundamental del aprovechamiento de Salamonde es su central subterránea, construída a pie de presa, casi a 50 m. bajo el lecho del río. El estudio geológico del terreno y la comparación de las dos soluciones posibles —central a cielo abierto o subterránea— demostraron no sólo la posibilidad técnica de la solución adoptada, sino su ventaja económica en este caso.

El acceso a la central tiene lugar por un pozo circular de 7 m. de diámetro y 120 de profundidad. En la cámara subterránea sólo están instalados los equipos eléctricos indispensables para el funciona-

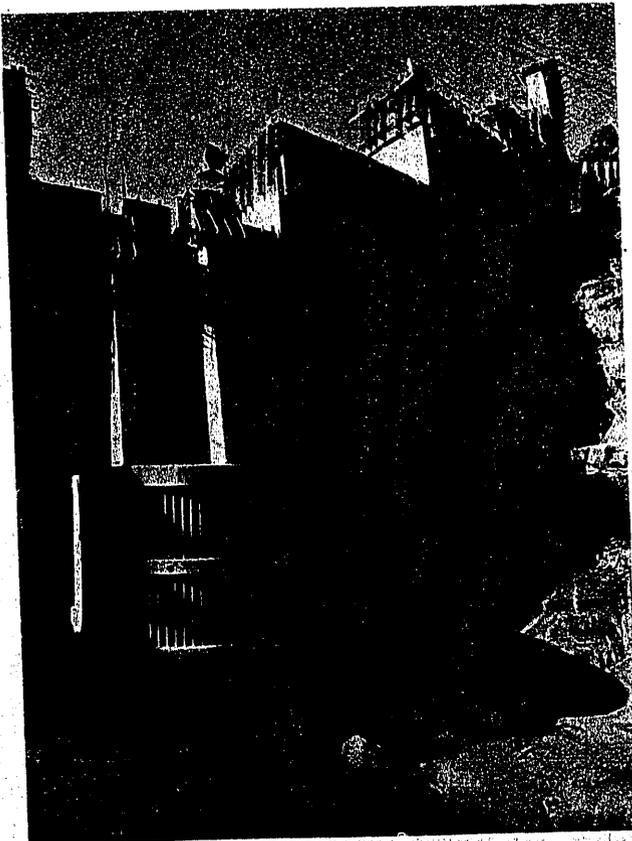
válvula en cámara independiente de la sala de máquinas y separada de ella por una puerta estanca que impide que se inunden los alternadores, caso de avería de dicha válvula.

La salida del agua al río desde las turbinas tiene lugar por una galería de escape, abierta en granito no revestido, con sección de 30 m.<sup>2</sup>. Dicha galería comunica cerca de las turbinas con una cámara de equilibrio que atenúe el golpe de ariete que se produzca como consecuencia de las variaciones de caudal. Todos estos detalles son apreciables fácilmente en el esquema del salto que se representa.

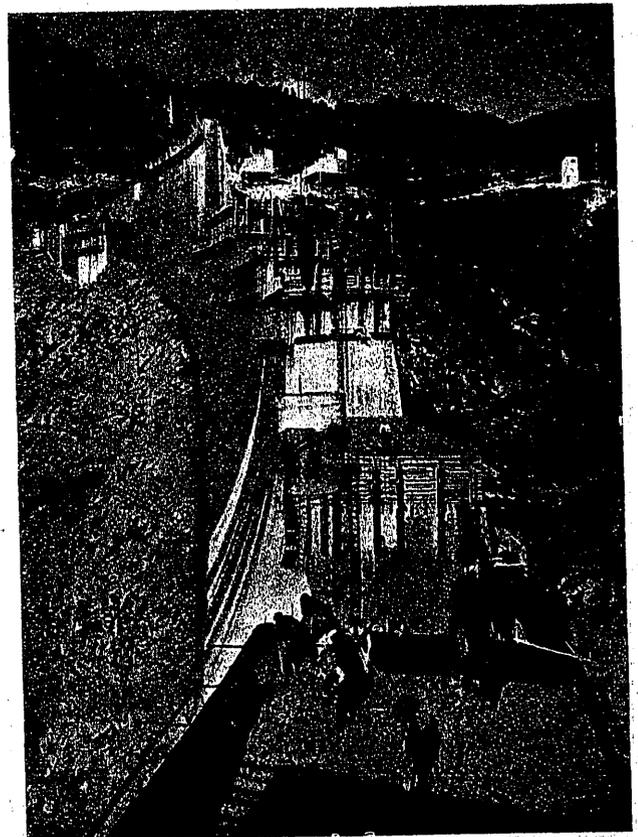
En cuanto a las características de la presa y embalse, diremos, aunque parte de ellas quedan reflejadas en el cuadro-resumen, que se trata de una presa tipo bóveda con doble curvatura en planta y alzado, con altura de 75 m.; longitud de la coronación de 220 m. y radio de dicha coronación 115 m.



Salamonde: Vista general.



Salamonde: Detalle del paramento agua arriba.



Salamonde: Hormigonado y vibrado.

## Características del aprovechamiento hidroeléctrico de los ríos Cávado y Rabagão

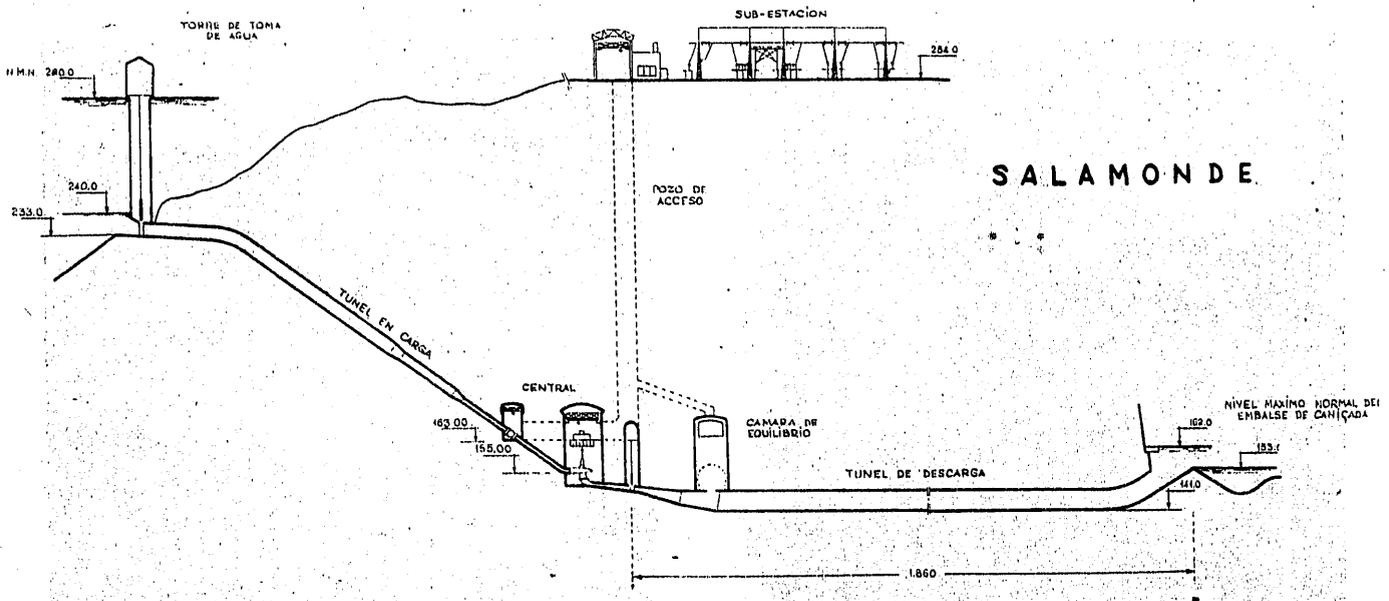
	VENDA NOVA	SALAMONDE	CHIÇADA	PARADELA	TOTAL
Altura de presa (m.) .....	97	75	76	105	
Longitud de obras de derivación (Km.) .....	3,5	2,1	7,8	10,6	
Capacidades útiles de embalse (millones de m. <sup>3</sup> )...	92	55	138	140	
Area de cuenca (Km. <sup>2</sup> ) .....	240	623	783	228	
Alturas de cota bruta media (m.) .....	414	127	121	449	
Potencia a instalar (KVA.) .....	90 000	50 000	60 000	60 000	260 000
Energía permanente anual (millones de Kw. h.)	200	200	260	260	920

Del lado de agua arriba se apoya en pequeños contrafuertes, apreciables en una de las fotos, que aseguran la estabilidad cuando el embalse está vacío. El desagüe de fondo, protegido en la entrada por una gran rejilla de hormigón y provisto de una válvula dispersora en su salida que permite regular fácilmente el caudal de salida, tiene también a la entrada una compuerta deslizante para proteger la válvula.

El aliviadero está constituido por cuatro aberturas

a este extremo toda la extensión que quisiéramos. No obstante, diremos que se trata de un hormigón rico, aunque de dosificaciones variables según los sitios a que se destina, de granulometría discontinua, considerada en este caso como más conveniente después de estudios cuidadosos en el Laboratorio, realizados con árido producto de machaqueo del granito de la cantera y arena del mismo origen.

La dosificación del hormigón y la comprobación



localizadas en la parte central y superior de la presa y provistas de compuerta Stoney. La caída se produce en lámina libre sobre el lecho del río, revestido por un colchón de hormigón. Dicho aliviadero permite el paso de un caudal de 1 700 m.<sup>3</sup>/seg.

El hormigonado de la presa se inició en abril de 1952 y se terminó en mayo de 1953, y su volumen ascendió a 96.000 m.<sup>3</sup>. El cuidado con que se realizó dicho hormigonado bien merecería amplio comentario, pero la brevedad de espacio nos impide dedicar

de su resistencia se verifica cuidadosamente por un Ingeniero del Estado en el laboratorio de pie de presa.

Objeto también de escrupulosa atención es la puesta en obra de este hormigón con muy poca agua, que, transportado por el andarivel, necesita ser vibrado al colocarlo en unos encofrados de madera cepillada. Este cuidado proporciona al hormigón, ya de excelente aspecto por su calidad, una superficie lisa

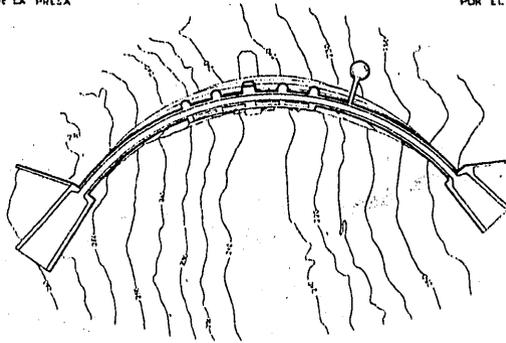
en los paramentos que hace resaltar la belleza de la obra ya terminada.

Su esbeltez, que ya puede juzgarse por el corte que adjuntamos y por el escaso volumen de hormi-

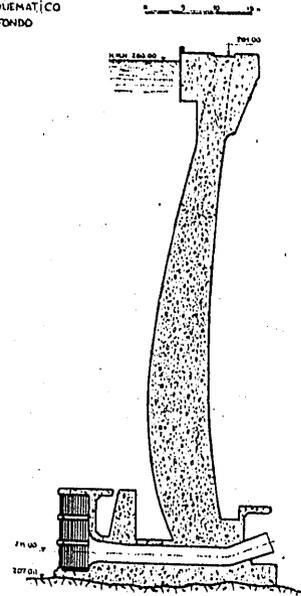
mos ocasión de ver en mayo de este año ya muy avanzados.

Por otra parte, ambos escalones son similares, teniendo esta obra como mayor dificultad en relación

PLANTA GENERAL DE LA PRESA



CORTE ESQUEMATICO POR EL DESAGUE DE FONDO



## SALOMONDE

gón, se hace más patente al señalar que el espesor de la presa en su base y en la parte central es de 10 m.

Por ello no son superfluos todos los cuidados dedicados al hormigonado, cuyo escaso volumen, volvemos a insistir, permite el breve plazo de ejecución que caracteriza a estas nuevas obras del país vecino.

En suma, esta maravillosa presa, inaugurada el 25 de junio de este año, da un gran impulso a la producción de energía eléctrica de origen hidráulico de

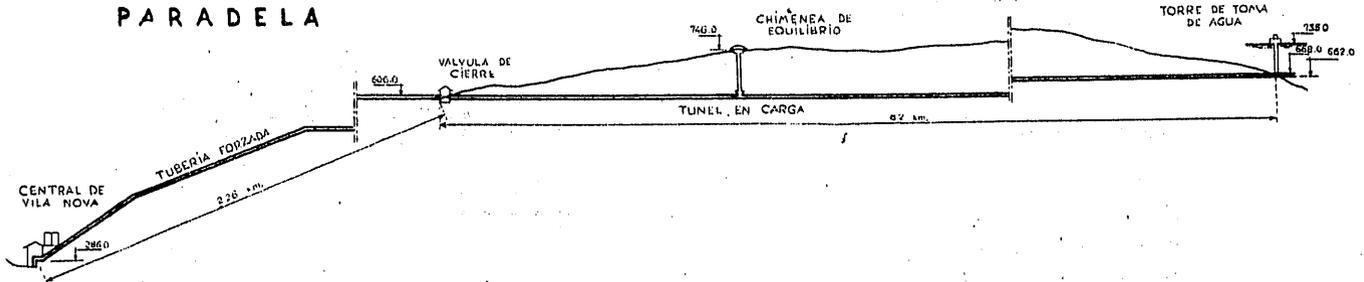
con aquella, el túnel de salida del agua al río después de las turbinas, que aquí tiene 7,5 Km.

Parte también de la maquinaria que se ha de utilizar aquí fué ya empleada en Salomonde, aunque buena parte sea americana y de última hora.

También en esta obra las Empresas extranjeras participan aliadas con otras portuguesas, y así, por ejemplo, es luso-italiana la que realiza la excavación del túnel.

Dicha participación extranjera se debe, más que

## PARADELA



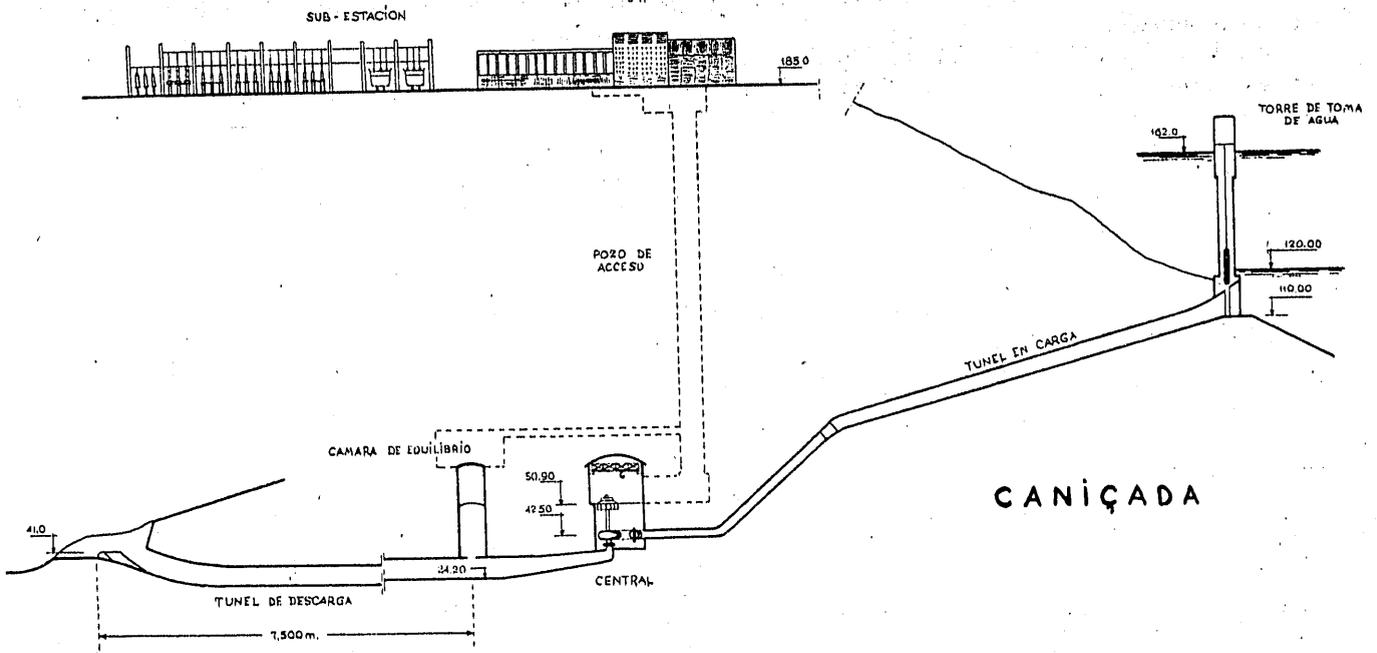
Portugal y embellece con la pureza de sus líneas y su esbeltez el abrupto valle granítico del Cávado.

### c) Caniçada:

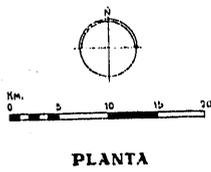
A la vista del proyecto de Salomonde, los Ingenieros portugueses se proponen realizar en el escalón de Caniçada una presa análoga a aquella, cuyos trabajos de montaje de instalaciones auxiliares, excavación, etc., iniciados en la primavera de 1952, tuvi-

a un amplio margen de beneficios, que estaría reñido con la económica administración portuguesa, a un exceso de competencia en el país de origen de dichas Empresas, que las obliga a buscar obras donde emplear sus numerosos medios para hacerlos rentables.

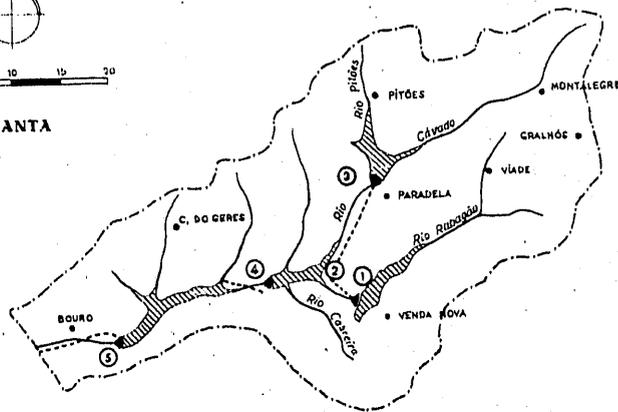
Las obras de este escalón se prevé estén terminadas para fines de 1954 y con él quedará terminado hasta el mar el aprovechamiento de estos ríos, pues



APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DE LOS RIOS CÁVADO Y RABAGÃO



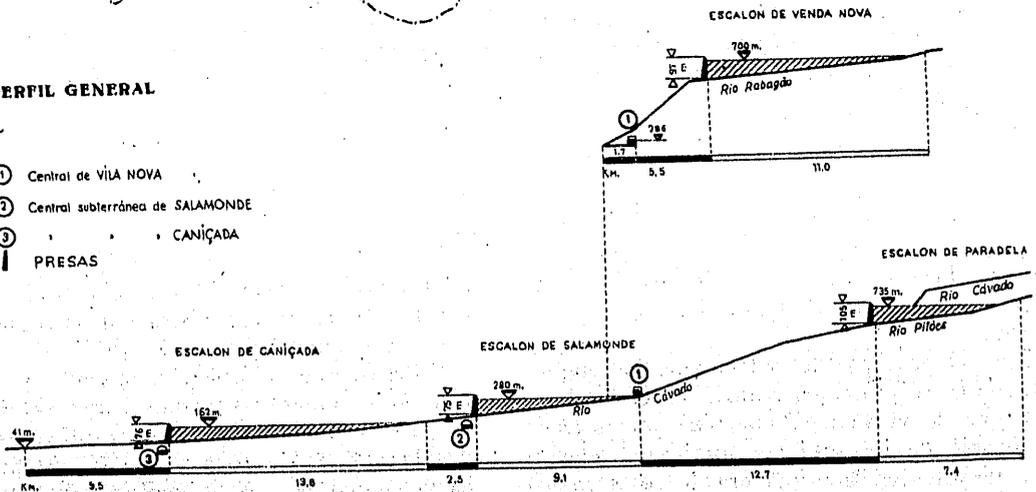
PLANTA



- ① Presa de VENDA NOVA
- ② Central de VILA NOVA
- ③ Presa de PARADELA
- ④ " " SALAMONDE
- ⑤ " " CANIÇADA
- TUNELES O TUBERIAS

PERFIL GENERAL

- ① Central de VILA NOVA
- ② Central subterránea de SALAMONDE
- ③ " " CANIÇADA
- ┆ PRESAS



salen las aguas de su central con cota 41 m., que se pierde hasta el mar en pendiente natural.

d) Paradela:

En el río Cávado, antes de su confluencia con el Rabagão, y en febrero de este año, se inician las obras de la presa de Paradela. Sus aguas irán a mover un grupo en la central de Vila Nova, como ya lo hacen hoy las del embalse de Venda Nova.

Muy semejantes son también las características de los dos escalones, siendo, por otra parte, la presa de Paradela con sus 105 m. de altura, la más alta del sistema y del tipo de contrafuertes.

El agua llegará a la central por un túnel en carga de 8,2 Km., seguido de una tubería forzada de 2,4 kilómetros. El detalle de válvulas y chimenea de equilibrio puede verse en el esquema que representamos.

Hasta ahora han sido construídas parte de las carreteras de acceso y las instalaciones para el personal que realizará esta obra, con la que queda prác-

ticamente terminado el aprovechamiento hidroeléctrico del sistema Cávado-Rabagão.

Este es, pues, un breve bosquejo de la labor realizada por la Sociedad H.I.C.A. en el espacio de siete años.

Su excelente balance es reflejo, como ya apuntamos antes, de la buena marcha de la Administración en Portugal, en cuyo suelo encuentran las Empresas constructoras extranjeras un amplio campo de acción con numerosas obras modernas y rápidas, aunque a veces poco beneficiosas para el contratista.

Nosotros y todos nuestros compañeros guardaremos siempre un grato recuerdo de nuestra visita a Portugal y de las atenciones que tuvieron con nosotros, tanto la Sociedad Hidroeléctrica del Cávado, atenciones que han reiterado al facilitarnos material abundantísimo para este artículo, como el Ingeniero de Caminos de España D. Manuel Salto, ilustre abanderado de nuestra profesión en el país vecino.