

PRESA Y CENTRAL DE FRIEIRA (*)

Por LUCIANO YORDI DE CARRICARTE

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

RODRIGO DEL HOYO FERNANDEZ GAGO

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Se describen algunos aspectos del proyecto y construcción de la presa y central de Frieira, perteneciente al aprovechamiento del bajo Miño, junto a las de Velle y Castrelo. Se exponen los estudios geotécnicos e hidrológicos realizados, elección de emplazamiento, desvío del río, componentes, grupo de las centrales y hormigonado de los grupos.

Introducción.

En agosto de 1967, en esta misma Revista, publicamos un artículo que titulamos "Presas de Velle, Castrelo y Frieira". Estos tres saltos, pertenecientes a FENOSA, aprovechan el curso del bajo Miño, en el tramo comprendido entre la confluencia del Sil con aquel río y la frontera portuguesa, con una longitud de curso de 65 kilómetros y un desnivel de 65 metros.

En dicho artículo exponíamos las características de los tres aprovechamientos y su situación en aquella fecha.

Hoy vamos a hacer una referencia al último de los mismos, o sea el de Frieira, que es también el último de los aprovechamientos que ha entrado en servicio y el más importante del conjunto de los tres saltos.

Esta referencia queremos que sea descriptiva de la construcción del aprovechamiento, a base de la documentación gráfica que adjuntamos a este artículo que deseamos que señale las diversas fases de la construcción de este salto, porque consideramos que en este tipo de realizaciones es en el aspecto constructivo más que en el del proyecto en donde radican las mayores dificultades, debidas a que estas obras están presididas por altos caudales medios del río, fuertes máximas avenidas y grandes caudales turbinables, consecuencia de la

amplitud de los cauces en donde están emplazadas, que implican en general las circunstancias de caudales reseñadas.

Otra razón del porqué de esta referencia es que en nuestro último viaje a la Argentina, donde ya hoy está proyectada la técnica hidráulica española, vimos en nuestros colegas de aquel país el gran interés por este tipo de presas móviles, como la que ahora nos ocupa, confirmado recientemente este interés por el contacto que tuvimos con una gran empresa española de proyectos, que nos señalaba las características de un gran aprovechamiento que se va ahora a proyectar en el río Paraná y nos solicitaba nuestra opinión sobre este tipo de realizaciones, basada en la construcción de Velle, Castrelo y Frieira.

Este salto a que nos referimos es conocido en la Argentina por el Aprovechamiento del Apipe y en Paraguay por Yaci-Creta, siendo sus características principales las siguientes:

- Presa: móvil de compuertas.
- Caudal turbinable: 8.000 m³/s.
- Máximas avenidas: 40.000 m³/s.
- Potencia a instalar en las centrales: 4.000.000 kW.
- Presupuesto inicial: 12.000 millones de pesetas.

Estas cifras señalan evidentemente la importancia de la obra y las posibilidades hidroeléctricas de los grandes ríos sudamericanos.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de abril de 1972.

Por último, diremos también que el aprovechamiento del tramo internacional del río Miño a explotar conjuntamente por España y Portugal, a base del salto de Sela, hoy en proyecto, tiene las mismas características que el salto de Frieira a que hacemos referencia, por lo cual la experiencia de éste es una buena base de partida para la definición y construcción del mencionado salto de Sela.

Características del aprovechamiento de Frieira.

A continuación exponemos las características del salto de Frieira, tanto hidrológicas, como las que se refieren a la presa y su aliviadero, a la central y al canal de descarga de los grupos:

Hidrológicas.

Superficie de la cuenca	15.178 Km ² .
Aportación media anual	9.536 Hm ³ .
Volumen total del embalse	44.000.000 m ³ .

PRESA Y ALIVIADERO

Presa.

Tipo de presa	Gravedad planta curva.
Radio de la presa	500,00 m.
Longitud de coronación	199,00 m.
Altura máxima sobre el lecho del río	33,00 m.
Cota de máximo embalse	67,00
Cota de coronación de presa	69,00
Volumen de excavación	169.000 m ³ .
Volumen de hormigón	118.000 m ³ .

Aliviadero.

Caudal de máximas avenidas	10.000 m ³ /s.
Tipo de compuertas	Taintor.
Número de compuertas	7
Dimensiones de los vanos	15,50 x 14,50 m.

CENTRAL

Número de grupos	2
Tipo de turbinas	Kaplan de eje vertical y espiral de hormigón.
Caudal máximo turbinable	640 m ³ /seg.
Altura máxima del salto	23,50 m.
Potencia total de los alternadores	162.500 kVA.
Producción total en año medio	515.000.000 kWh.
Volumen de excavación	230.000 m ³ .
Volumen de hormigón	85.000 m ³ .

Canal de descarga.

Volumen de excavación	139.000 m ³ .
Volumen de hormigón	65.000 m ³ .

A la vista de estas cifras y de los planos 1, 2 y 3 que se adjuntan se ve que el aprovechamiento de Frieira puede calificarse de importante en el conjunto de las obras de FENOSA.

Proyecto.

Estudio geológico.

La ausencia de datos geológicos de la zona afectada por el embalse de Frieira, ya que el Mapa Geológico 1:50.000 no tiene hojas en esta zona, y de que los estudios de Choffat y Parga Pondal sólo se pueden aplicar por extrapolación a la misma, nos aconsejó recorrer y obtener los datos necesarios para redactar un plano geológico a escala 1:25.000 en el tramo del río Miño comprendido entre las presas de Castrelo y Frieira, hasta la cota 100 aproximadamente.

Redactado este plano, de él se dedujo que el vaso en su cola es gneísico, con algunas terrazas aluviales de bastante importancia, las cuales van disminuyendo hacia aguas abajo hasta desaparecer prácticamente al final del tramo en donde el río discurre por terreno granítico.

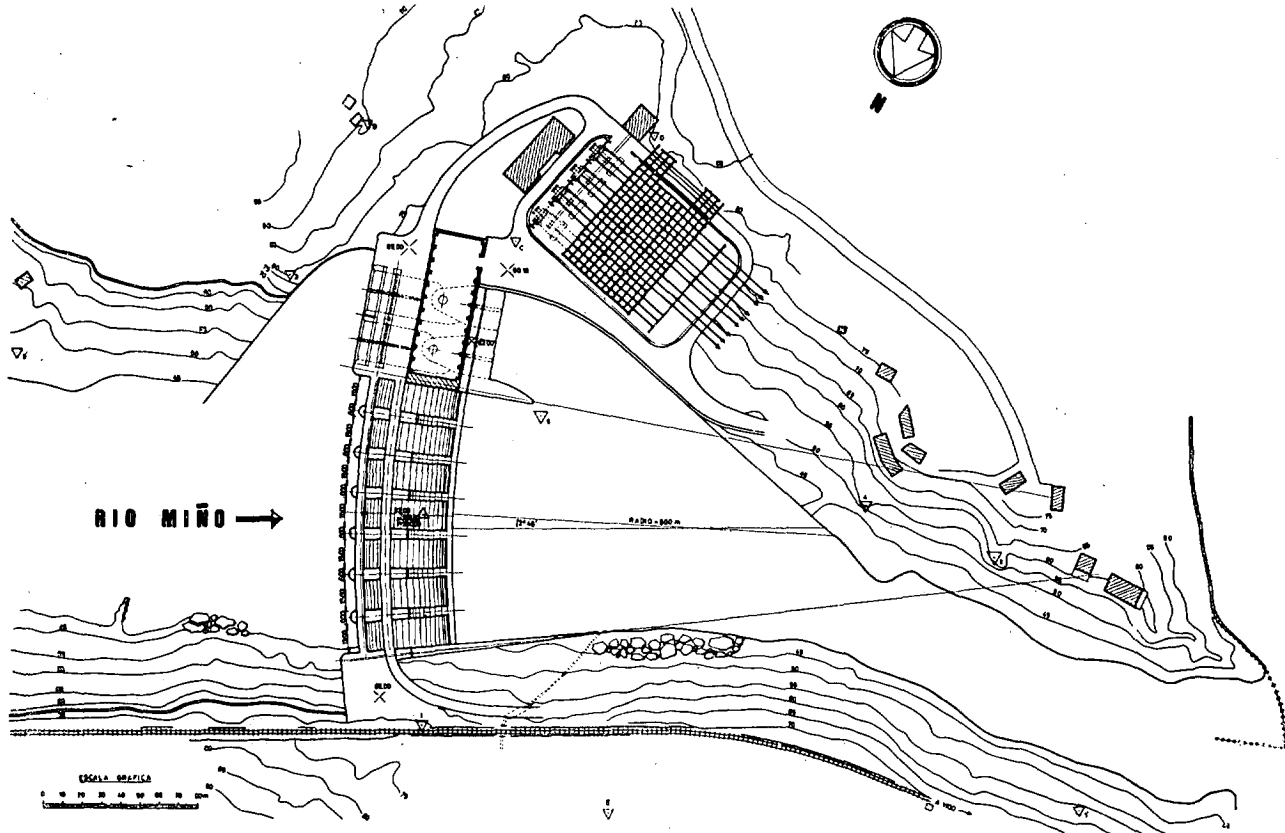
Se hizo también un estudio geotécnico de la cerrada, a base de diversos estudios petrográficos e investigaciones realizadas por los métodos eléctricos y sísmicos, con un volumen de 70 implantaciones resistivas y 200 sismogramas.

Los resultados obtenidos permitieron asegurar que el emplazamiento elegido era adecuado para la obra a proyectar, siendo la roca matriz del macizo rocoso un granito diorítico de dos micas, que constituye una roca buena cuando se encuentra en su estado natural.

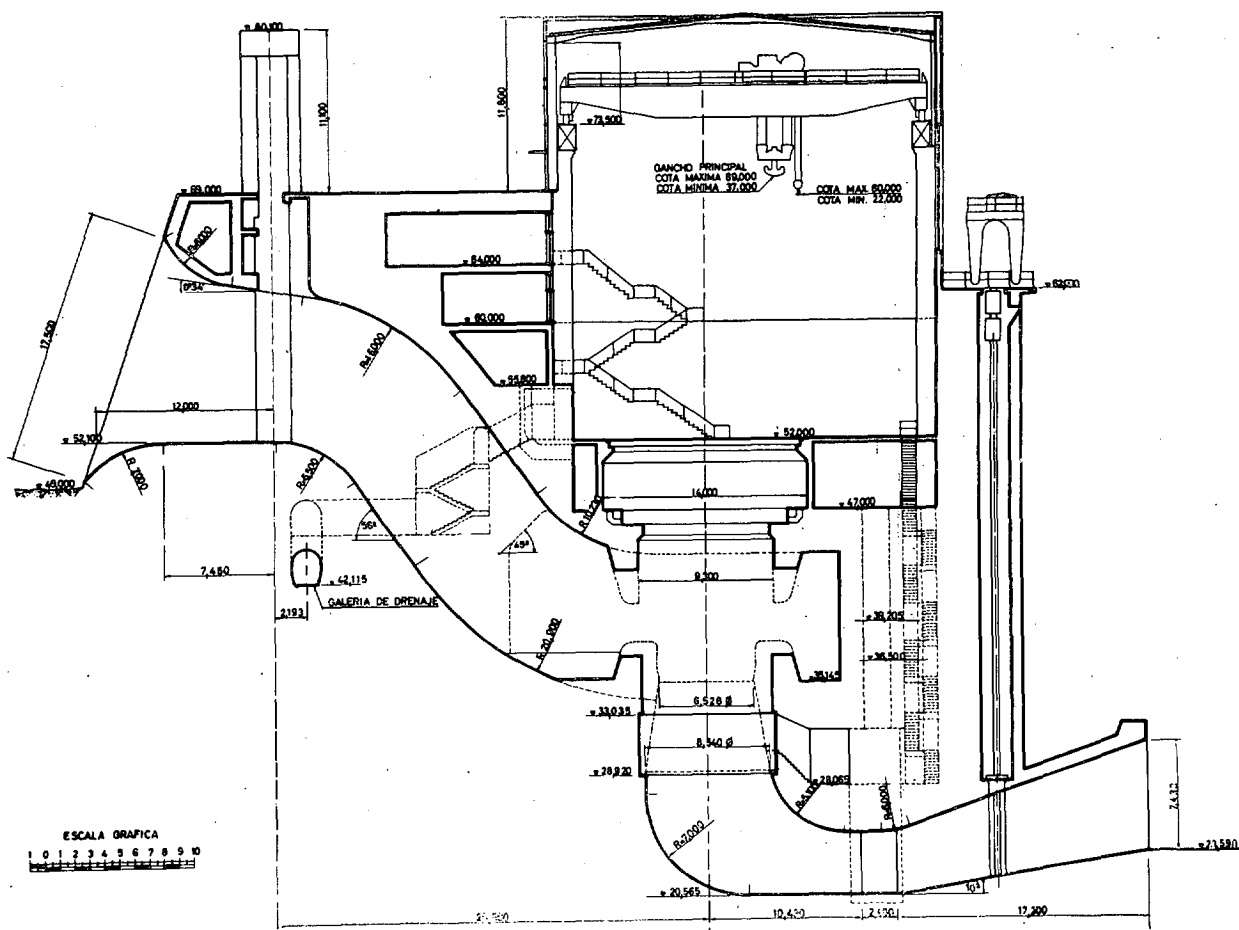
Las alternaciones de la zona donde existen son muy profundas, no constituyendo por ello ningún problema para la realización de la obra que se iba a proyectar.

Estudio climatológico e hidrológico.

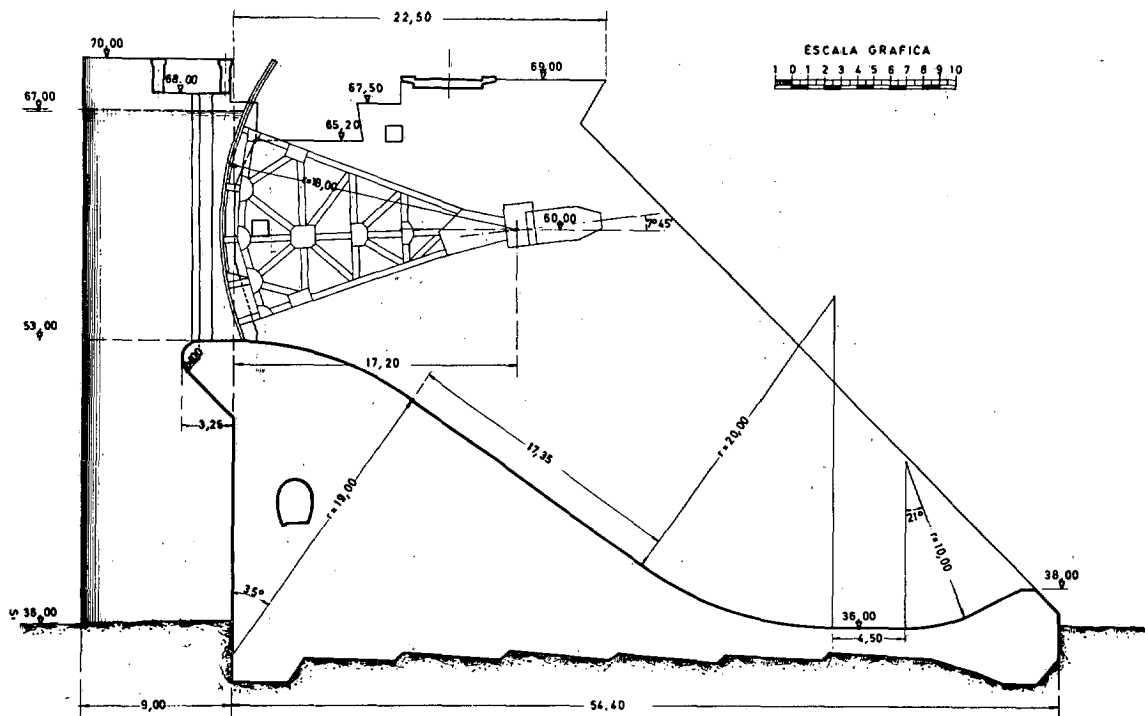
También se hicieron estos dos estudios, indispensables, a base de los siguientes elementos de juicio:



Plano 1. — Planta general de la presa, central y parque de transformación.



Plano 2. — Sección de la central de Friera por el eje de un grupo.



Plano 3. — Sección transversal de la presa.

1. Datos de la Sección de Meteorología del Centro de Estudios Hidrográficos.
2. Aforos de las estaciones de Puente Mayor y Puente Filgueira (situada a 10 kilómetros de Frieira).
3. Datos facilitados por Saltos del Sil, S. A., sobre el caudal medio regulado en el salto de San Pedro, situado en la confluencia de los ríos Sil y Miño.
4. Datos de la regulación del Miño en el salto de Los Peares, que poseía FENOSA una vez construido Belesar.
5. Comparación de la cuenca de Frieira con las de los embalses situados aguas arriba de la misma, contrastando la experiencia de las avenidas en aquellas cuencas.

Además de estos datos se consultaron también los anuarios y boletines publicados por el Servicio Meteorológico Nacional.

La consecuencia de estos estudios básicos para la redacción del proyecto, fue la definición de un caudal de máximas avenidas de 10.000

metros cúbicos/segundo, que fue a todas luces elemento primordial en la definición del proyecto de la presa.

Por ello este caudal de máximas avenidas de 10.000 m³/s., unido al gran caudal que se iba a turbinar en la central de Frieira, análogo al de las centrales de Velle y Castrelo de 640 metros cúbicos/segundo, el cual implicaba unas grandes dimensiones de la central y unas mínimas longitudes de las tomas de agua, así como el pie forzado de respetar el pueblo de Ribadavia y la cota del ferrocarril Orense-Vigo (71,16 kilómetro 38) con la cota de máximo embalse, fueron los principales criterios que rigieron la redacción del proyecto general del aprovechamiento, así como el condicionamiento del mismo.

El proyecto redactado se refleja a grandes rasgos en las características generales antes reseñadas y en los planos 1, 2 y 3, habiéndose fijado la altura de la lámina vertiente por las dimensiones del cauce del río Miño en el lugar de emplazamiento de la obra, que no permitía situar de otra manera la presa, la central y lo



Atagüa construida para realizar la excavación y el hormigonado de la central de Frieira.

más próximo a ésta el Parque de Transformación, como puede apreciarse en las fotografías adjuntas.

Consideramos en este momento obvio exponer el detalle de los elementos que constituyen el proyecto general y sí, en cambio, consideramos de cierto interés analizar experiencias que puedan servir para obras futuras del mismo tipo que la de Frieira.

Emplazamiento.

La elección de la sección del río para el emplazamiento de la obra tiene en este tipo de presas móviles una gran importancia. Aunque la frase parece hecha trataremos de argumentarla.

Hay ríos, como un Rhin o un Ródano, por citar ríos europeos, en que las centrales empla-

zadas en su curso turbinan caudales que están de acuerdo con el agua fluyente del río, pero hay otros casos, como el del río Miño, en que el caudal turbinable, como en nuestro caso 640 m³/seg., es consecuencia de una gran regulación creada por los embalses situados aguas arriba, debidos al sistema del Sil, en el río del mismo nombre, y al sistema de FENOSA, en el río Miño.

Surge entonces el problema que si en efecto el cauce natural del río es el adecuado para evacuar las avenidas del mismo, ofrece, en cambio, dificultad para emplazar al mismo tiempo en él una presa de compuertas capaz de evacuar las máximas avenidas y una central de grandes dimensiones para turbinar el agua regulada por los embalses situados aguas arriba del emplazamiento.

Es por ello indispensable buscar en estos casos la sección más amplia y estudiar con de-

talle la altura de la lámina vertiente, haciéndola compatible, con el caudal vertido por metro lineal, con la construcción de las compuertas debida a sus propias dimensiones y con las excavaciones de la central y del canal de descarga.

En caso contrario, las excavaciones a realizar para construir la obra son prácticamente prohibitivas.

Desvío del río.

Otro aspecto importante de los emplazamientos en amplios cauces, con regulaciones de caudal amplias, es el desvío del río.

Cuando el caudal fluyente es grande y la topografía del terreno no consiente túnel de desvío, como sucede algunas veces en los cauces anchos, caso concreto del salto de Velle, una solución puede ser la reflejada en el plano número 4.

Las ataguías en él señaladas se construyeron a base de una infraestructura realizada por vertido de gravas que descansaban sobre los

propios acarrees del río. Estas gravas y los mismos acarrees se consolidaron mediante inyecciones. La superestructura de estas ataguías se realizó por medio de muros de hormigón apoyados en las gravas consolidadas.

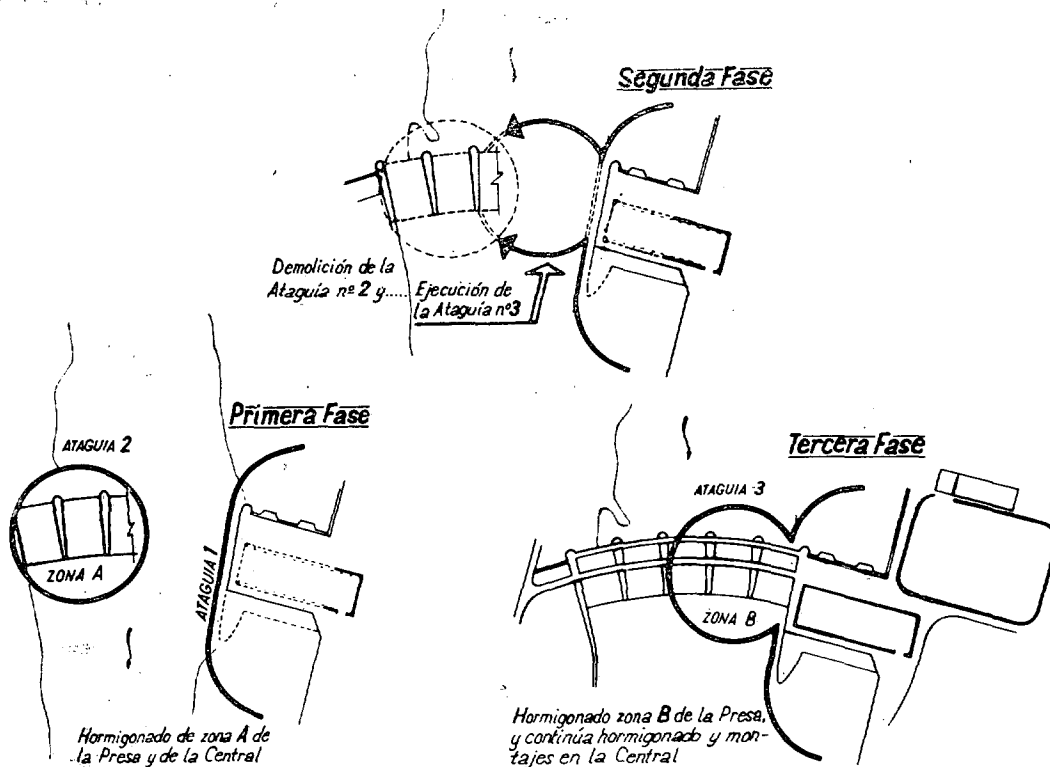
Esta solución fue costosa por su propia realización y por las posteriores demoliciones, y creemos que sólo debe hacerse en casos extremos.

En Castrelo y en Frieira se construyeron túneles de desvío, con las correspondientes ataguías y contra-ataguías.

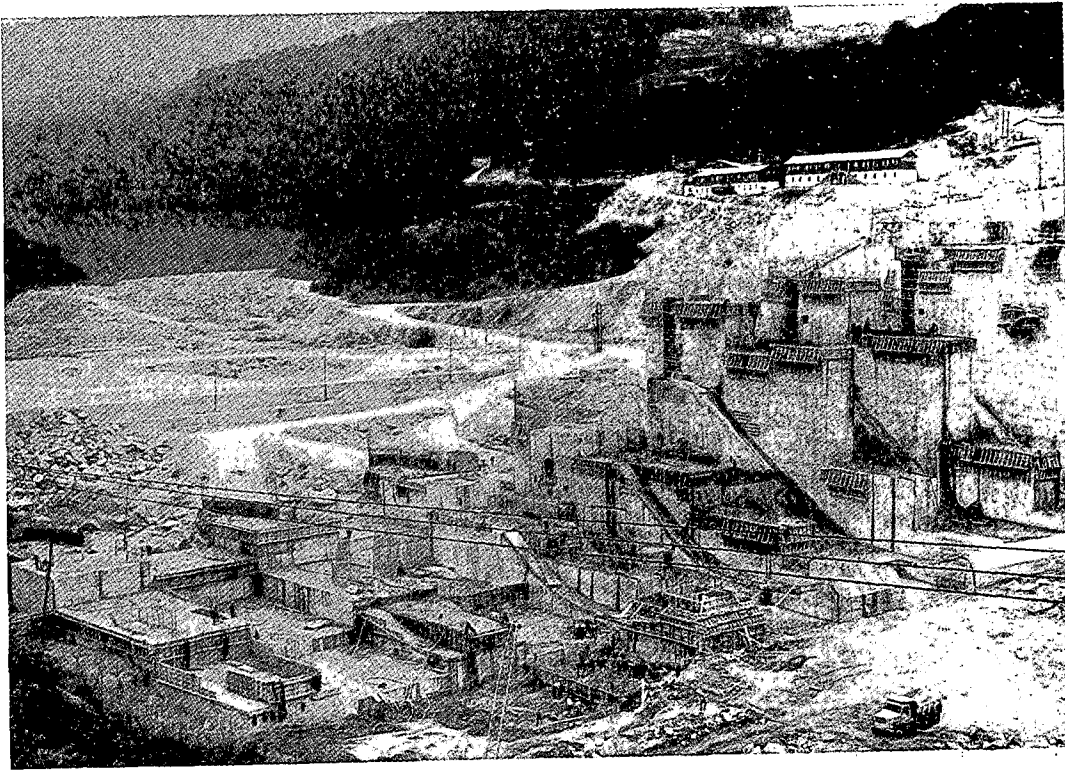
También se realizó, según se aprecia en la primera fotografía otra ataguía que protegía todo el recinto de emplazamiento de la central y canal de descarga para ganar tiempo, ya que estos tajos de obra eran los que fijaban plazo en el plan general de las obras.

Compuertas del aliviadero.

Citando aspectos importantes de la obra consideramos que en una presa móvil no hay duda que una parte muy importante de la mis-



Plano 4. — Sistema empleado en la obra de Velle para el desvío del río.

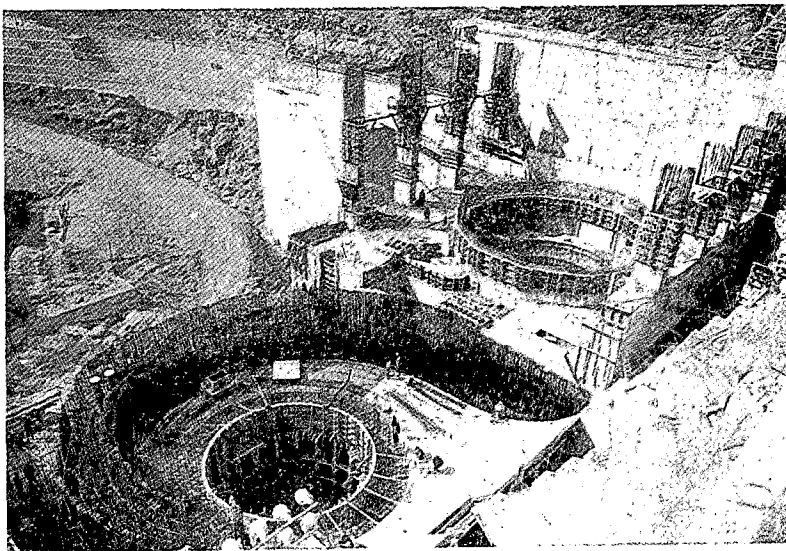


Vista del hormigonado de la infraestructura de la presa de Frieira (agosto 1967).

ma es la superestructura constituida por las compuertas del aliviadero.

Nuestra experiencia en las 17 compuertas montadas en el conjunto del bajo Miño es totalmente satisfactoria.

Estas compuertas, de grandes dimensiones, son del tipo Taintor, con tableros construidos a base de unos brazos centrales inclinados, en los que apoyan las jácenas principales. La inclinación de estos brazos se eligió para que los



Vista parcial de la estructura de los grupos (septiembre 1967).

momentos flectores que actúan sobre las jácenas sean los más reducidos posibles.

Las superficies de estos tableros son de revolución, con radios de 18 metros.

Las compuertas van dotadas de cadenas Galle y se accionan por dos tornos independientes, unidos por eje eléctrico.

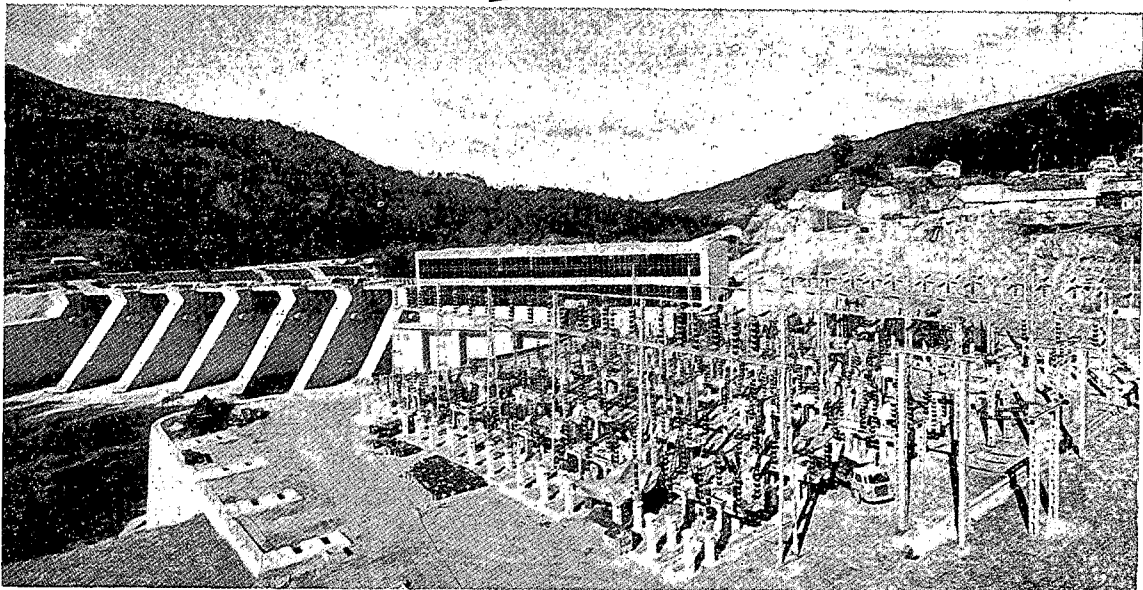
Una parte delicada de la obra civil referente a estas compuertas es la ménsula de apoyo del pivote de giro de las mismas.

Estas ménsulas, situadas en las pilas del aliviadero, soportan, en el caso concreto de Friera, 800 Tn de fuerza normal y 150 Tn de fuerza tangencial.

ferentes problemas analizados, se decidió ir a la instalación de dos grupos de 320 m³/s. de caudal unitario en la central.

Al proyectarse las turbinas para este caudal y los diferentes saltos, se vieron superadas en tamaño todas las máquinas construidas hasta el momento; en consecuencia, las nuevas turbinas fueron una extrapolación de las máquinas ya construidas. No podemos olvidarnos que estas turbinas fueron en su momento las más grandes de Europa.

Por ello, al considerar los servomotores para el equipo de regulación se pensó en la conveniencia de que en vez de un servomotor o dos,



Vista general de la obra. En primer plano el parque de transformación (abril 1970).

El anclaje de las mismas a las pilas es, por consiguiente, delicado. Tanteamos la posibilidad de esta sujeción al cuerpo de las pilas, a base de cables pretensados u horquillas de acero de alta resistencia.

Llevada a cabo esta última solución, el resultado ha sido en todos los casos altamente satisfactorio y de fácil solución constructiva.

Grupos de las centrales.

Al tener que equipar las centrales del bajo Miño para 640 m³/s. de caudal y ante los di-

como usualmente se instalaba, debería irse a un servomotor múltiple, con objeto de tener un mejor reparto de los grandes esfuerzos a transmitir. Así, se diseñó e instaló en Velle un sistema de servomotor múltiple de 14 elementos. Esta disposición dio a *posteriori* dificultades en la explotación, ya que la gran dimensión de los anillos de mando de las bielas de los alabes y el anillo concéntrico de los servomotores sufrían deformaciones que o bien hacían ineficaces las juntas de goma o las destruían, con la constante pérdida de presión en los circuitos de aceite.

Después de diferentes pruebas se lograron

juntas eficaces, a base de plásticos vírgenes, que creemos han resuelto totalmente el problema.

En las centrales de Velle y Castrelo se instalaron este tipo de servomotores.

En la central de Frieira, en vista de las dificultades tenidas en las centrales anteriores, se fue al sistema clásico de dos servomotores.

En el resto de los demás elementos el funcionamiento de las turbinas y equipos de regulación puede considerarse correcto, con las dificultades normales en todo tipo de máquinas.

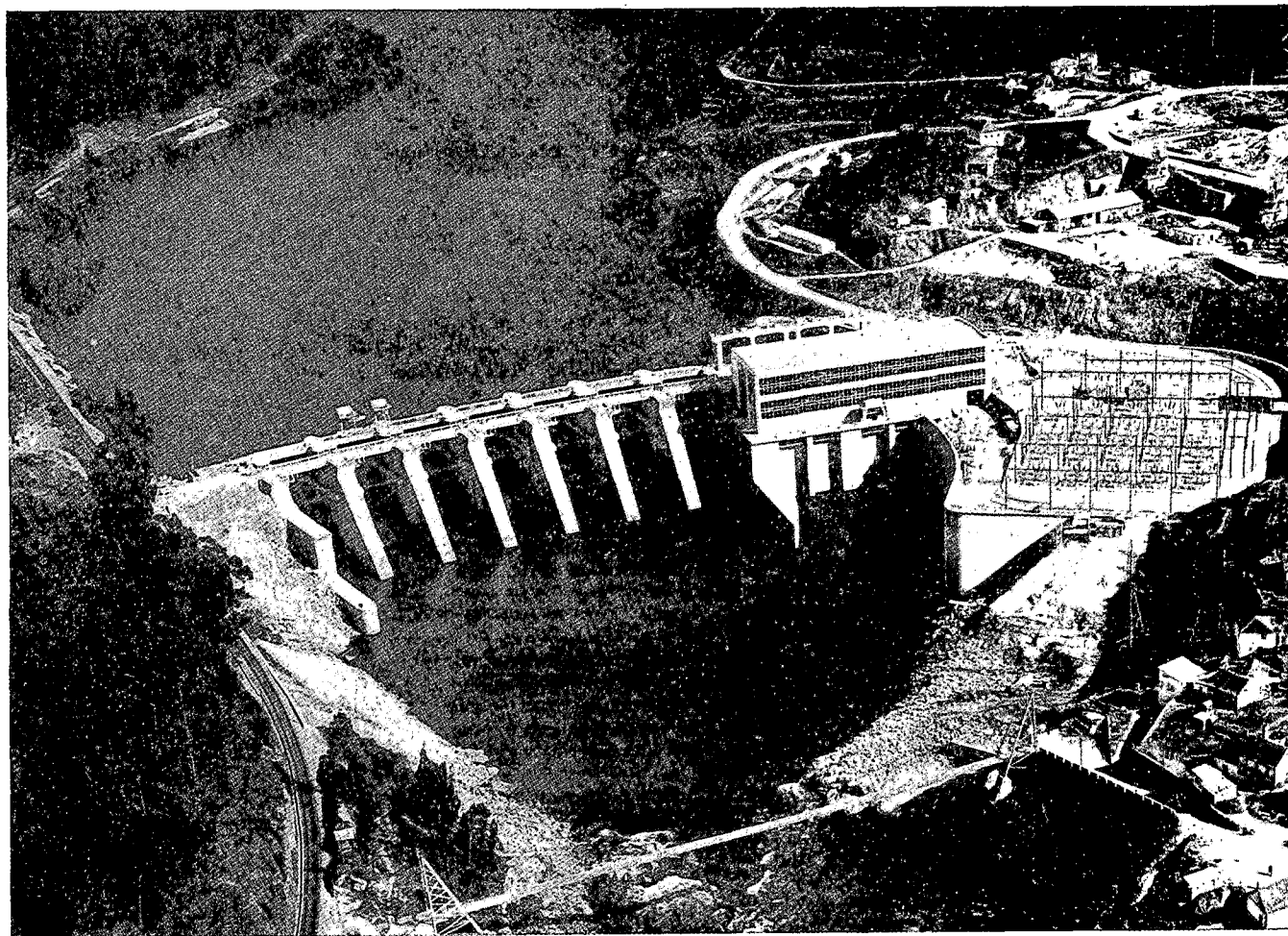
La experiencia de los servomotores la señalamos por considerarla interesante.

Hormigonado de los grupos.

Las espirales de las turbinas de la central de Frieira son de hormigón armado.

Dadas las grandes dimensiones de los bloques de hormigonado sobre las que van instalados los grupos y el gran desarrollo de las espirales, se estudió la posibilidad de la formación de grietas, por retracción del hormigón, que cortasen radialmente a estas espirales.

Con objeto de no introducir juntas de construcción que complicarían considerablemente el hormigonado de estos bloques, se armaron fuertemente unas bandas de 2,5 m de ancho que rodeaban a dichas espirales y que al mis-



Aspecto general del aprovechamiento de Frieira totalmente terminado (noviembre 1970).

mo tiempo soportan los esfuerzos transmitidos por los propios grupos. El resto del bloque está constituido por hormigón en masa.

De esta forma, al producirse el enfriamiento del hormigón podía formarse una grieta en el contacto de estas dos zonas bien diferenciadas, una de hormigón fuertemente armado y otra de hormigón en masa; pero en ningún caso estas grietas podían cortar a la espiral.

Se ha comprobado la formación de una fisura en la central de Velle. En las centrales de Castrelo y Frieira no se ha observado la formación de ninguna fisura.

La aparición de esta fisura en Velle no tuvo ninguna importancia, ya que al efectuar los

cálculos de las estructuras necesarias para soportar los esfuerzos de los grupos, se ha tenido en cuenta únicamente la zona de hormigón fuertemente armada.

Citamos esta circunstancia porque en diversas visitas giradas por colegas españoles y portugueses, siempre se planteó este tema, por lo cual creemos obligado suponer que la negación de juntas de contracción radiales, que hubiesen complicado, como antes dijimos, sobremanera la construcción, ha sido satisfactoria en las tres centrales que constituyen el conjunto del bajo Miño.

Estas experiencias que hemos enumerado sucintamente son las que consideramos más dignas de interés desde nuestro punto de vista.