

PREMIO 1994

**APROVEITAMENTOS  
HIDROELÉCTRICOS DE ALTO  
LINDOSO E TOUVEDO  
(RIO LIMA). PORTUGAL<sup>(\*)</sup>**

**RESUMEN**

*El Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alto Lindoso y Touvedo constituye el centro productor hidroeléctrico más potente de Portugal. está situado en el río Lima, al Norte de Portugal, a escasos kilómetros de la frontera con España. Aprovecha el tramo internacional de aquél río y gran parte de su embalse se extiende por tierras de España. Su construcción se ha realizado al abrigo del Convenio Luso-Español de mayo de 1968, que regula la partición y utilización de los tramos internacionales de los ríos Miño, Lima, Tajo, Chanza y Guadiana. Con la construcción de estos aprovechamientos, el sistema portugués ha incrementado su potencia hidroeléctrica en 660 MW y la producción en cerca de 970 GWh/año. la elevada potencia de los grupos generadores de Alto Lindoso (2x317 MW); la agilidad de respuesta a las variaciones de la demanda, la rapidez de entrada en servicio (90 segundos) y la reserva de energía acumulada en los 350 Hm<sup>3</sup> de agua del embalse, son los factores que caracterizan al Aprovechamiento de Alto Lindoso como elemento fundamental del parque productor portugués, en la doble misión de satisfacer la demanda en los períodos de punta y de permanente reserva de seguridad de servicio.*

**ABSTRACT**

*The hydroelectric plant of Alto Lindoso and Touvedo is the largest in Portugal. It lies on the River Lima in the north of the country, very near the Spanish border. It utilizes the international stretch of the river, and a large part of the dam is in Spanish territory thanks to the 1968 Agreement between Portugal and Spain for the sharing and exploitation of the international sections of the Rivers Miño, Lima, Tajo, Chauza and Guadiana. The installation has provided the Portuguese system with 660 MW more hydroelectric power and nearly 970 CWh more production per year. The capacity of the generators at Alto Lindoso (2 x 317 MW), the quick response to fluctuations in the demand, the speed of its starting-up (90 seconds), and the reserve energy in the 350 Hm<sup>3</sup> of the dam, make Alto Lindoso a vital element of power production in Portugal, both in meeting demand during peak periods and as a permanent back-up for the service.*

(\*) El presente artículo ha sido elaborado a partir de diversos textos técnicos de HIDRORUMO - Projecto e Gestão, S.A. (Grupo E.D.P.)

## 1. INTRODUCCIÓN

El Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alto Lindoso -el más potente centro productor hidroeléctrico de Portugal- está situado en el río Lima, al Norte de Portugal, a escasos kilómetros de la frontera de la Madalena con España (Fig. 1).

Al aprovechar el tramo internacional de aquél río, gran parte de su embalse (cerca del 75%) se extiende por tierras de España, en la provincia de Orense.

Su construcción se ha realizado al abrigo del Convenio Luso-Español de Mayo de 1968, que regula la partición y utilización de los tramos internacionales de los ríos Miño, Lima, Tajo, Chanza y Guadiana.

Alrededor de 17 Km. aguas abajo de Alto Lindoso, un segundo escalón, Touvedo, complementa aquél aprovechamiento, modulando los elevados caudales turbinados en su central y completando el aprovechamiento energético del tramo superior del río Lima, en Portugal.

Estratégicamente situados, junto a una carretera internacional, las dos obras constituyen un poderoso polo de atracción, ofreciendo a la región, ya en Portugal, ya en España, potencialidades y condiciones para el desarrollo socio-económico, que darán sus frutos si son debidamente explotados, tal como ha sucedido con la instalación de obras similares en otras regiones del País.

Antes de la entrada en servicio de estos dos aprovechamientos hidroeléctricos, la potencia total instalada en Portugal era de 6.923 MW, de los que 3.067 MW correspondían a centrales hidroeléctricas y el resto a centrales

térmicas convencionales, y la producción hidroeléctrica media era del orden de los 10.000 GWh/año.

Con la construcción de los nuevos aprovechamientos el sistema portugués ha incrementado su potencia hidroeléctrica en unos 660 MW y la producción en cerca de 970 GWh/año, lo que pone bien de manifiesto su importancia.

La elevada potencia de los dos grupos generadores de Alto Lindoso (2x317 MW); la agilidad de respuesta a las variaciones de las sollicitaciones de

períodos de punta y de permanente reserva de seguridad del servicio.

Si a Alto Lindoso incumbe una relevante misión a nivel nacional, el Aprovechamiento Hidroeléctrico de Touvedo es un complemento indispensable, por razones esencialmente locales. Obra de dimensiones más modestas, tiene, no obstante, la importante tarea de regularizar los elevados caudales turbinados en Alto Lindoso (250 m<sup>3</sup>/s a plena carga), almacenándolos temporalmente y restituyéndolos al río con valores inferiores a 100 m<sup>3</sup>/s.

Así se evitan variaciones bruscas y de gran amplitud del régimen del río aguas abajo, preservando la estabilidad de sus márgenes, minorando su impacto sobre el ecosistema ribereño y salvaguardando las condiciones de utilización de las playas fluviales, en especial la del Ponte da Barca, que dispone de excelentes condiciones naturales y de evidente utilidad pública.

Por otro lado, el grupo generador de 22 MW instalado en la central de Touvedo producirá en año medio 61 GWh, que colocados, ya en la red de 60 KV, ya en la red local de 15 KV, mejorarán la calidad del servicio a nivel

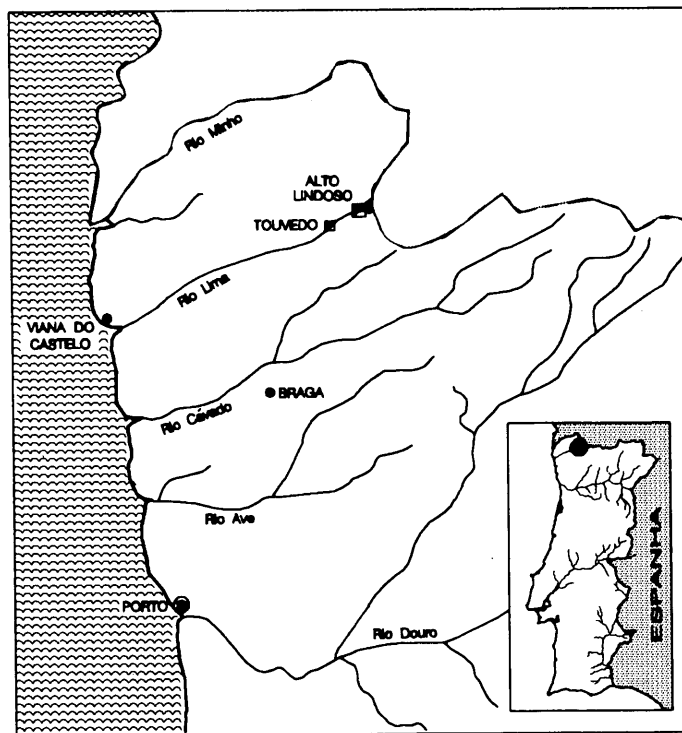


Figura 1.

regional. Las obras de Alto Lindoso y de Touvedo han implicado la gestión de más de un centenar de contratos, abarcando una extensa gama de actividades diversas, que van desde la instalación de servicios de hostelería para el personal, hasta las grandes obras de ingeniería civil y de suministro y montaje de los equipos de producción, pasando por los estudios de medio ambiente y por la ejecución de los trabajos de recuperación paisajística.

En Portugal y España hubo que mejorar o construir 67 Km de carreteras y 11 nuevos puentes, algunos de gran luz.

En España, fue necesario, además, construir un nuevo cementerio y trasladar, piedra a piedra, una iglesia setecentista, de gran interés arquitectónico.

La adquisición de los terrenos y construcciones afectadas por el embalse o necesarios para el desarrollo de los trabajos alcanzó la cifra de 11.885 parcelas y 231 viviendas, implicando la negociación con 2.373 propietarios, trabajo cuya dimensión y dificultades más significativas se situaron en territorio gallego.

La mano de obra contratada media fue de 1.000 personas durante cinco años, con una punta de 1.500 en 1991. La inversión total realizada en los dos aprovechamientos, en costos directos, fue de cerca de 100.000 millones de pesetas.

Esta obra, realizada por E.D.P. - Electricidade de Portugal, S.A., en el ámbito de una permanente política de garantía y mejora del servicio que le incumbe prestar, fue totalmente concebido por técnicos portugueses de la Dirección Operacional de Equipamiento Hidráulico. Esta Dirección, que proyectó, gestionó y fiscalizó la realización de todas las obras, constituye hoy una de las empresas de servicios del Grupo E.D.P., recientemente creado: Hidrorumo - Projecto e Gestão, S.A.

## 2. EL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL ALTO LINDOSO (Fig. 2).

### 2.1 - Geología y geotécnica de la zona

▼ Gran parte de los tramos del valle del río Lima discurren por fracturas de dirección ENE-WSW. En la parte

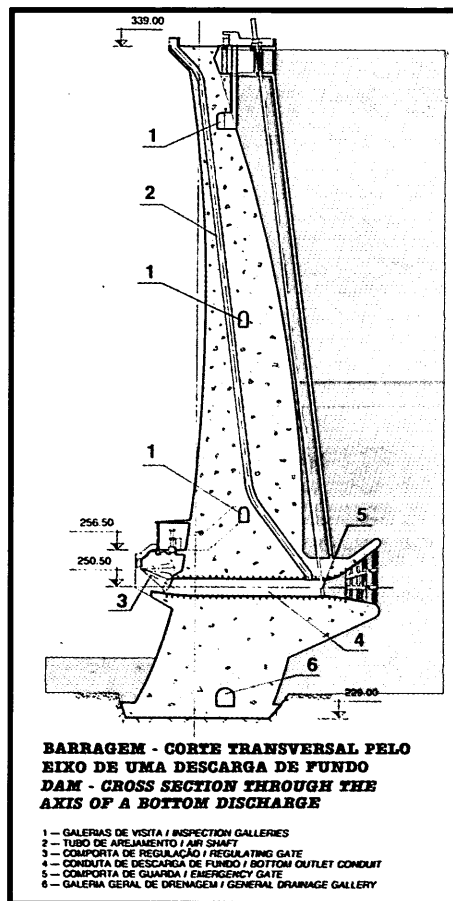


Figura 2.2.1

portuguesa del valle se distinguen dos tramos: el primero, donde se ubica la obra, con una longitud de 10 Km. desde la confluencia del río Lima con el Castro Laboreiro, en el que el río corre por un valle joven, profundamente encajado y de laderas abruptas; el segundo, aguas yuso, un valle maduro en el que la actividad sedimentadora supera a la de erosión, con meandros y plataformas en las márgenes bien marcadas.

▼ En el área de la presa, el reconocimiento geológico superficial evidenció que en la zona aflora granito de grano medio a grueso, con dos micas y que contacta al NE y un poco aguas arriba de la cerrada, con un micasquisto intensamente plegado, de esquistosidad vertical o subvertical.

Razones estructurales llevaron a cimentar la presa sobre el granito, dada

su mayor homogeneidad y menor anisotropía. En general la roca que constituye la fundación se presenta bien conservada, ligeramente alterada localmente y descomprimida hasta profundidades del orden de los 10 a 20 metros.

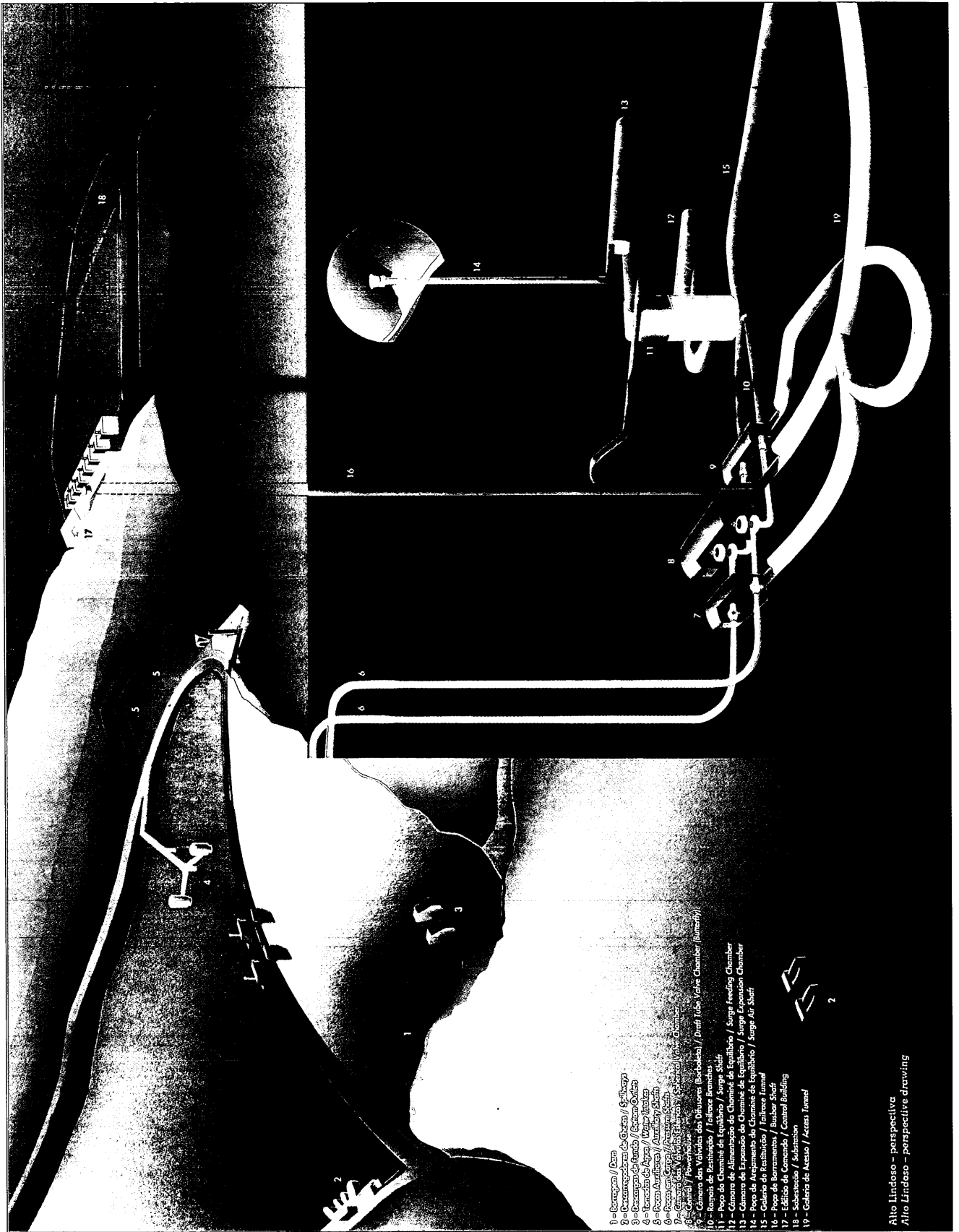
Hacia aguas abajo, en la zona donde se ubica el circuito hidráulico, el granito de grano medio a grueso y dos micas, a veces con algunos cristales de feldespato, penetra y contacta con el micasquisto en el que produce un metamorfismo térmico. Este granito, que se extiende hacia aguas abajo, presenta fallas subverticales marcando el contacto con un granito porfiroideo grueso, que presenta a veces enclaves, más o menos desarrollados, de micasquitos.

▼ Durante el reconocimiento geológico, fueron realizados varios trabajos de prospección que, en la zona de la presa, incluyeron la excavación de zanjas y galerías y la ejecución de sondeos con ensayos de permeabilidad para definir la extensión e intensidad de la pantalla de impermeabilización. En la zona del circuito hidráulico los sondeos alcanzaron profundidades del orden de los 200 metros, con extracción de testigos para ensayos en laboratorio.

Para la caracterización geotécnica del macizo se realizaron diversos ensayos de campo y de laboratorio, tales como deslizamiento sobre diaclasas, de "corte" sobre testigos de roca y de compresión simple.

En la zona afectada por el circuito hidráulico y la central subterránea se hicieron ensayos "in situ" para determinar el estado tensional del macizo. Parte de estos ensayos se realizaron sobre muestras y áreas del macizo situadas a profundidades muy inferiores a las de las obras subterráneas. Por ello, al realizar la galería de acceso y un túnel piloto en la base de la caverna, se

Figura 2.



- 1 - Boreçam / Dam
- 2 - Cais de Armagem de Cimento / Cement Storage
- 3 - Reservatório de Água / Water Reservoir
- 4 - Reservatório de Óleo / Oil Reservoir
- 5 - Reservatório de Gás / Gas Reservoir
- 6 - Reservatório de Vapor / Steam Reservoir
- 7 - Câmara de Vapor / Steam Chamber
- 8 - Câmara de Vapor / Steam Chamber
- 9 - Câmara de Vapor / Steam Chamber
- 10 - Câmara de Vapor / Steam Chamber
- 11 - Câmara de Vapor / Steam Chamber
- 12 - Câmara de Vapor / Steam Chamber
- 13 - Câmara de Vapor / Steam Chamber
- 14 - Câmara de Vapor / Steam Chamber
- 15 - Câmara de Vapor / Steam Chamber
- 16 - Câmara de Vapor / Steam Chamber
- 17 - Câmara de Vapor / Steam Chamber
- 18 - Câmara de Vapor / Steam Chamber
- 19 - Câmara de Vapor / Steam Chamber

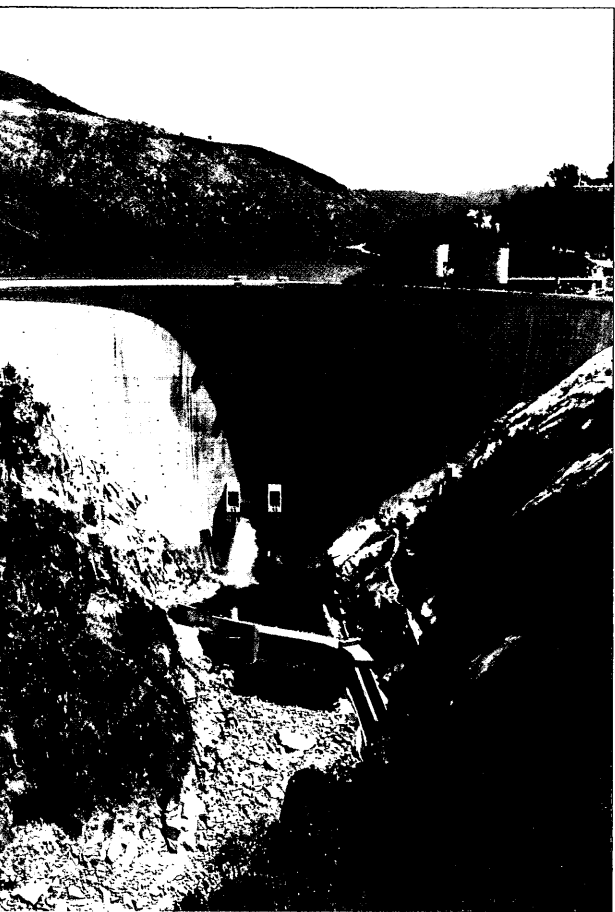


Figura 2.2.2.

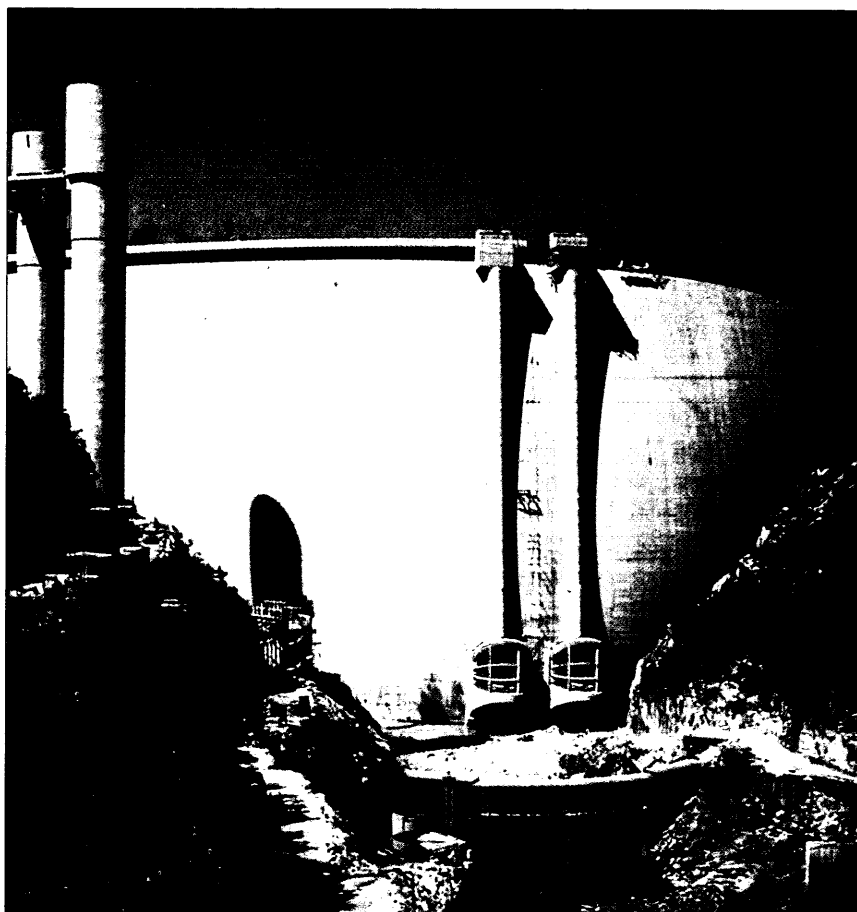


Figura 2.2.3.

procedió a realizar nuevos ensayos “in situ” para validar la deformabilidad y las características dinámicas del macizo rocoso y su estado de tensión.

## 2.2 - Presa y órganos de desagüe

▼ La presa de Alto Lindoso es una bóveda de hormigón, de doble curvatura (arcos parabólicos), con una altura máxima de 110 m, 21 m de espesor en la base de la ménsula central y 4 m en coronación, con un volumen total de 308.500 m<sup>3</sup> (Figs. 2.2.1 a 2.2.4). Sobre la coronación, de 297 m de desarrollo, corre la carretera que une los concejos de Ponte da Barca y Arcos de Valdevez.

El sistema de auscultación y control de la presa ha exigido la colocación de más de 400 instrumentos diversos que

suministran información permanente de los desplazamientos, deformaciones, movimientos de juntas, tensiones, temperaturas del hormigón, filtraciones y subpresión en el cimiento, de acuerdo con el plan de observaciones del Proyecto.

La colocación del hormigón en los 21 bloques de la presa se realizó por medio de blondines, con un rendimiento medio de 10.000 m<sup>3</sup>/mes. Los hormigones fueron refrigerados “in situ” por circulación de agua refrigerada a través de serpentines embebidos en el hormigón.

▼ La presa está equipada con dos desagües de fondo, con una capacidad máxima de desagüe de 2x200 m<sup>3</sup>/s, dotados de compuertas de regulación

aguas abajo. Del interior de cada desagüe sale un conducto dotado de válvula de control, que garantiza el suministro del caudal ecológico, indispensable en el tramo de río que se extiende hasta el embalse de Touvedo.

▼ En la margen derecha, se sitúan los dos aliviaderos de avenidas; van en túnel y lámina libre con una capacidad máxima de 2.700 m<sup>3</sup>/s. Esta capacidad, conjugada con el efecto regulador del embalse, permite dominar la avenida milenaria, cuyo caudal de punta se ha estimado en 3.500 m<sup>3</sup>/s.

Los túneles, revestidos de hormigón armado, tienen sección herradura, con un diámetro característico de 8,75 m y longitud de 238 m y 268 m. (Figs. 2.2.5 a 2.2.7). La boca de entrada en

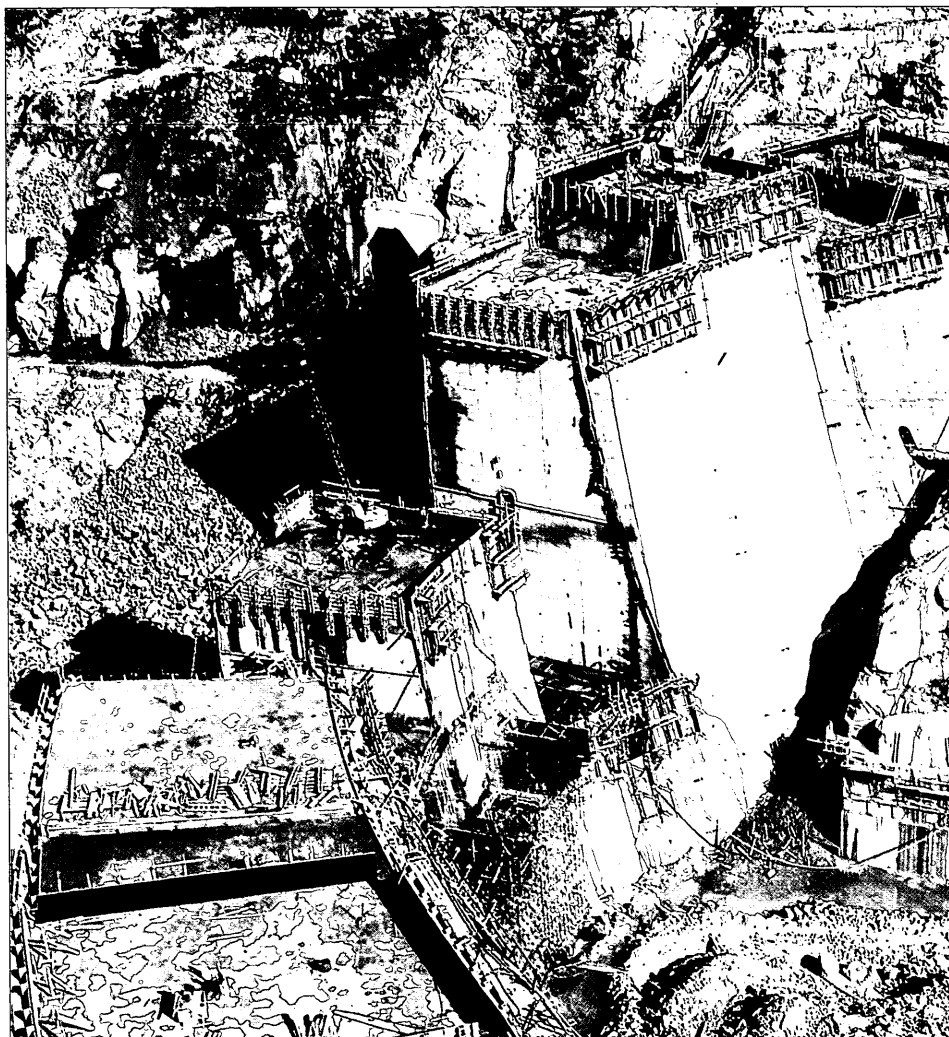
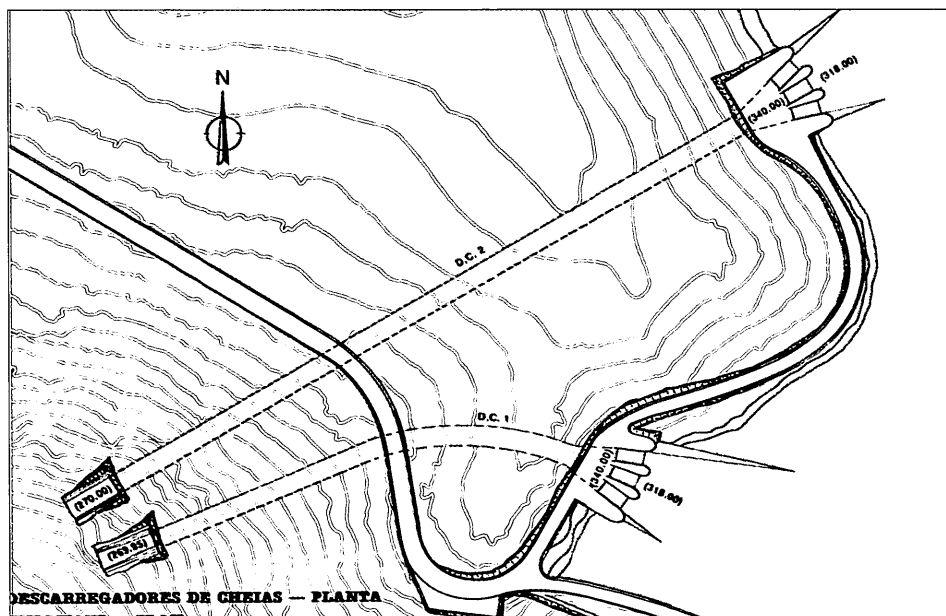


Figura 2.2.4. Abajo, figura 2.2.5.



cada túnel está dividida en tres vanos equipados con compuertas tipo segmento maniobradas por servomotores. Las bocas de salida, estudiadas en modelo reducido, dispersan y orientan los chorros, localizando de forma adecuada la zona de impacto.

### 2.3 - Circuito hidráulico

▼ Entre las tomas de agua y la boca de salida de la restitución, el circuito hidráulico subterráneo tiene, en planta, una longitud total de 5.340 m (Fig. 2.3).

Cada grupo generador tiene un circuito independiente hasta su llegada a la chimenea de equilibrio. Mas allá de ella, los dos circuitos se unen dando lugar a la galería de restitución, que se extiende alrededor de 5 Km hasta llegar al embalse de Touvedo.

• Los elementos principales del circuito hidráulico son:

- Dos tomas de agua, equipadas con rejilla, ataguía y compuerta de rodillos, con solera a cota 262.

- Dos galerías y pozos en carga de sección circular, revestidos de hormigón armado hasta la cota 180. Por debajo de esta cota los pozos y galerías van blindados, hasta llegar a las válvulas esféricas, con diámetro interior de 5,10 m.

- Cámara de válvulas esféricas - Central - Cámara de válvulas mariposa.

- Ramales de restitución blindados y de 5,75 m de diámetro interior, hasta la chimenea de equilibrio.

- Chimenea de equilibrio, cilíndrica, de 21 m de diámetro y 65 m de altura, revestida de hormigón armado y dotada de cámaras de expansión y de alimentación.

- Galería de restitución de 4,883 m de longitud, sección circular de 8,30 m de diámetro y revestida de hormigón.

En la fase de construcción el avance medio mensual fue de 160 m. En el revestimiento, utilizando encofrados telescópicos, se llegaron a alcanzar los 260 m/mes.

· Boca de salida de la restitución, dividida en dos vanos equipados con ataguías.

El estudio y dimensionamiento del circuito hidráulico se realizó por medio de modelos matemáticos, validados y complementados por ensayos experimentales en modelo reducido hidráulico.

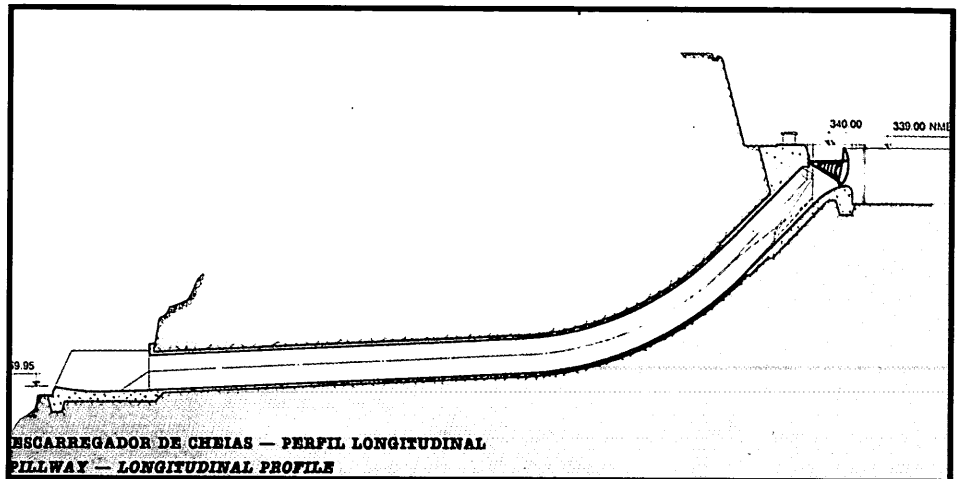


Figura 2.2.6. Abajo, figura 2.2.7.

## 2.4 - Central y cámaras de válvulas

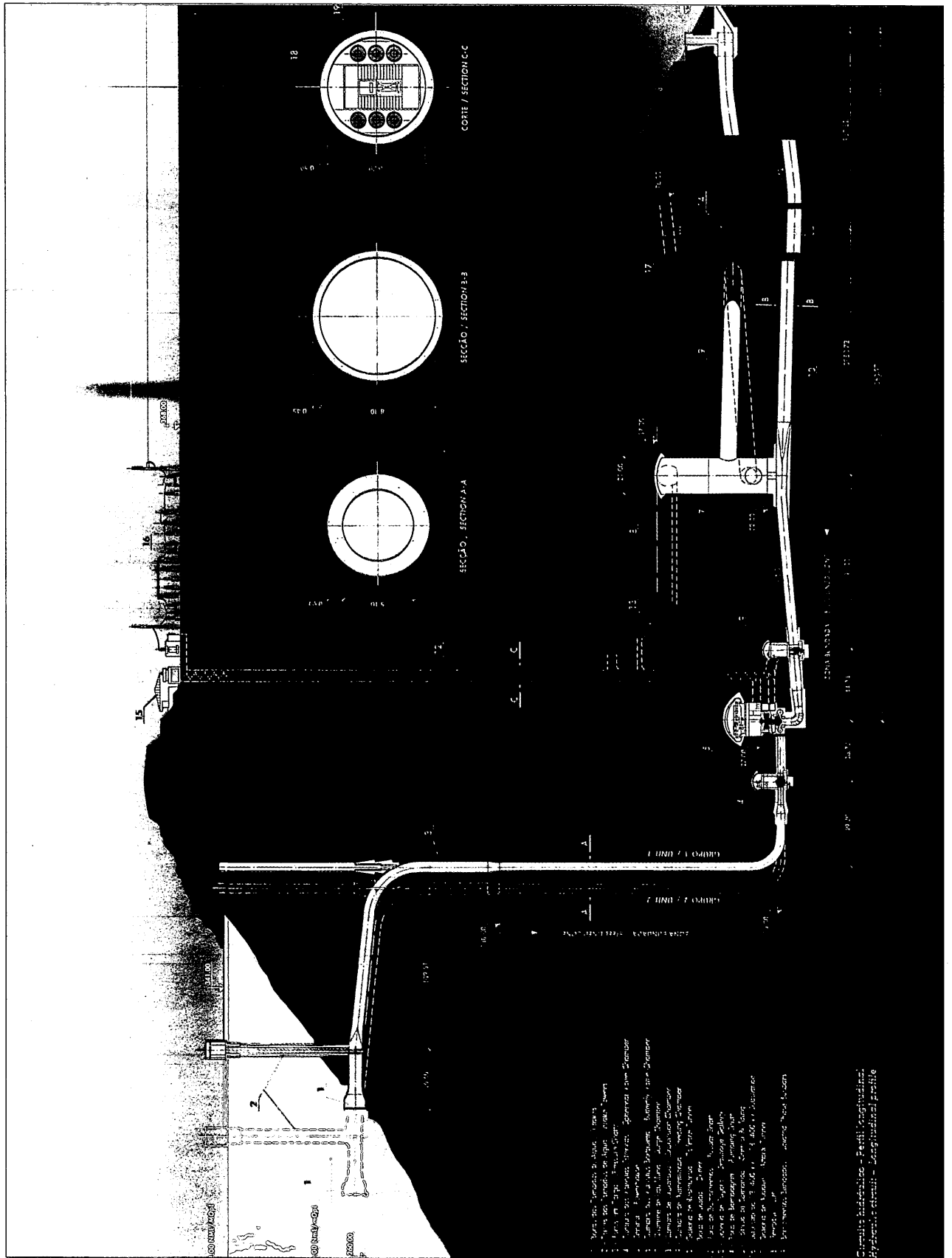
▼ Este conjunto de tres cavernas, excavadas en granito de buena calidad, se sitúa a una profundidad superior a 340 m por debajo de la superficie del terreno y cerca de 200 m por debajo del lecho del río (Figs. 2.4.1 y 2.4.2). Una galería de 1.780 m de longitud, con ramales a cada una de las cámaras, establece el acceso viario desde el exterior. El pozo de barras conecta la central con el centro de control; es de sección circular de 6,80 m de diámetro y 350 m de profundidad. Va dotado de escalera y ascensor.

▼ Los dos grupos generadores, de ejes verticales y turbinas Francis, tienen una potencia unitaria de 350 MVA (317 MW en el eje de la turbina) y son los grupos hidroeléctricos más potentes instalados en Portugal (Fig. 2.4.3). Son grupos de arranque rápido. La energía se produce a 18 KV de tensión y llega a la subestación a través de las barras blindadas situadas en el pozo citado. (Fig. 2.4.4).

El aislamiento y protección de cada turbina se logra aguas arriba por las válvulas esféricas y aguas abajo por las válvulas de mariposa. Las válvulas esféricas de 3.400 m/m de diámetro nominal interior, 5.910 m/m de diámetro



Figura 2.3.





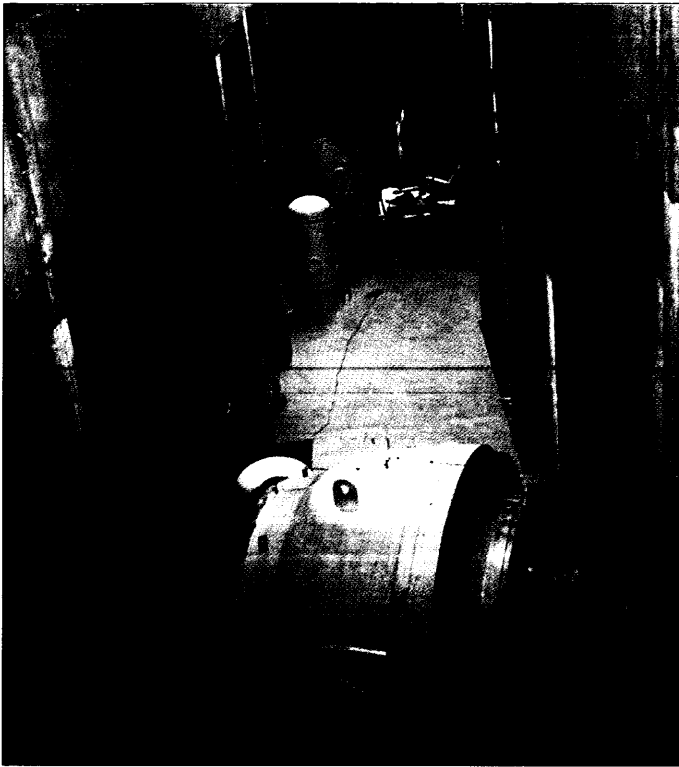


Figura 2.4.5. Abajo, figura 2.4.1.

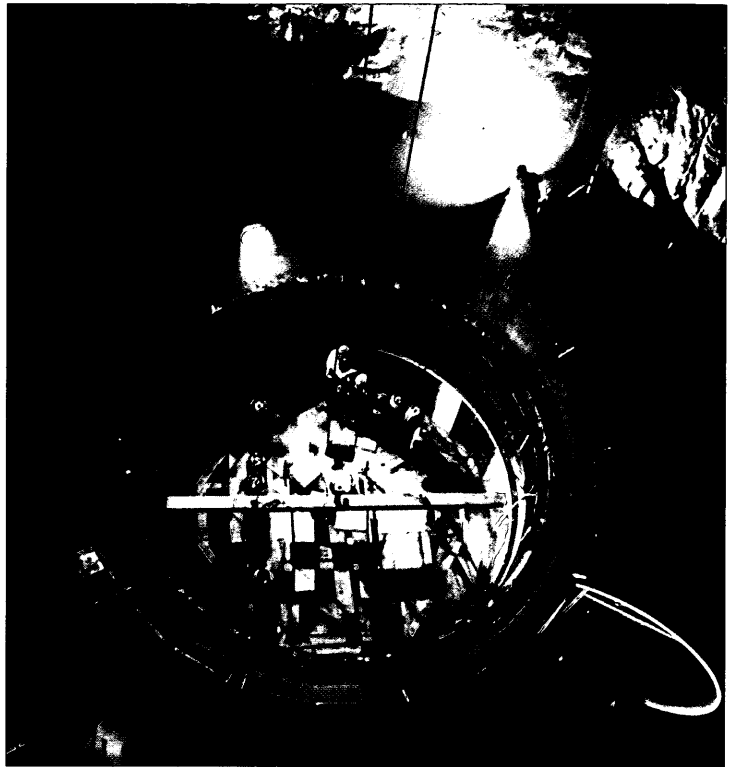
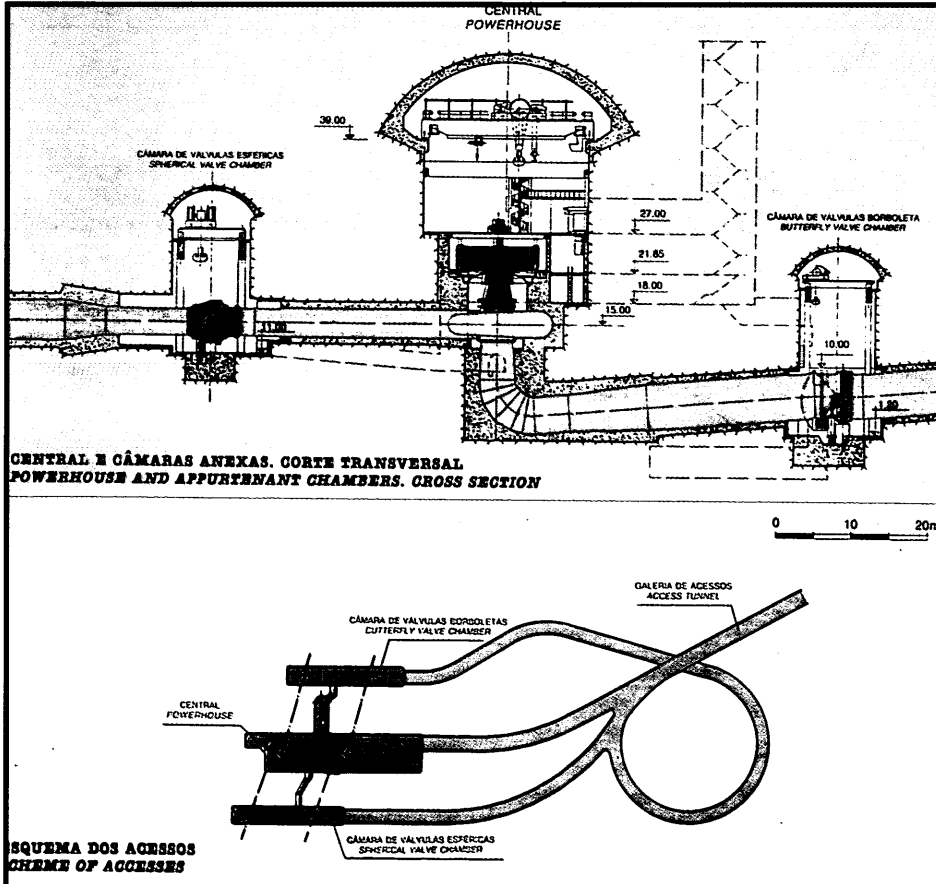


Figura 2.4.3.



exterior y 290 Tn de peso, están dimensionadas para soportar una carga estática de 32,4 Kg/cm<sup>2</sup> y una sobrecarga de 38,8 Kg/cm<sup>2</sup>. Cada válvula está accionada por dos servomotores de doble efecto, con tiempos de maniobra de apertura y cierre de 70 y 40 segundos respectivamente. (Fig. 2.4.5). Aguas abajo de la central se sitúa la cámara de válvulas de mariposa; cada válvula tiene un diámetro nominal de 5.750 m/m y 180 Tn de peso. Se acciona por dos servomotores hidráulicos de simple efecto (Fig. 2.4.6).

▼ Constituyendo la central el elemento más noble de todo el aprovechamiento y el lugar natural de acogida de los visitantes, se han cuidado al máximo los aspectos arquitectónicos.

Interesaba resolver dos problemas:

- el tipo de material para el pavimento del suelo.
- el techo falso de la central puesto que del diseño y adecuada solución de estas superficies dependía la imagen

global del espacio principal de la central y de su relación dimensional con el hombre.

Para lograr la sensación de espacio abierto, como el de una plaza en la que el cielo es su cubierta, en contraposición a la realidad de estar en una central subterránea de gran profundidad, el techo de la central se ha diseñado con dos superficies curvas desniveladas que representan una claraboya abierta sobre el cielo nocturno, con constelaciones polares, materializadas por lámparas halógenas, de 5 y 10 vatios según su importancia.

Por el contrario, el suelo es de granito pulido, de dos tonalidades, rosáceo y rojizo, que tanto por su textura, como por la nobleza y calidad, sirven de contrapunto a las paredes de la central, revestidas de hormigón simplemente proyectado, que hacen las veces de fachadas de la plaza.

Las paredes laterales, de 12 m de altura, están rematadas por las vigas de los puentes-grúa, en hormigón pin-

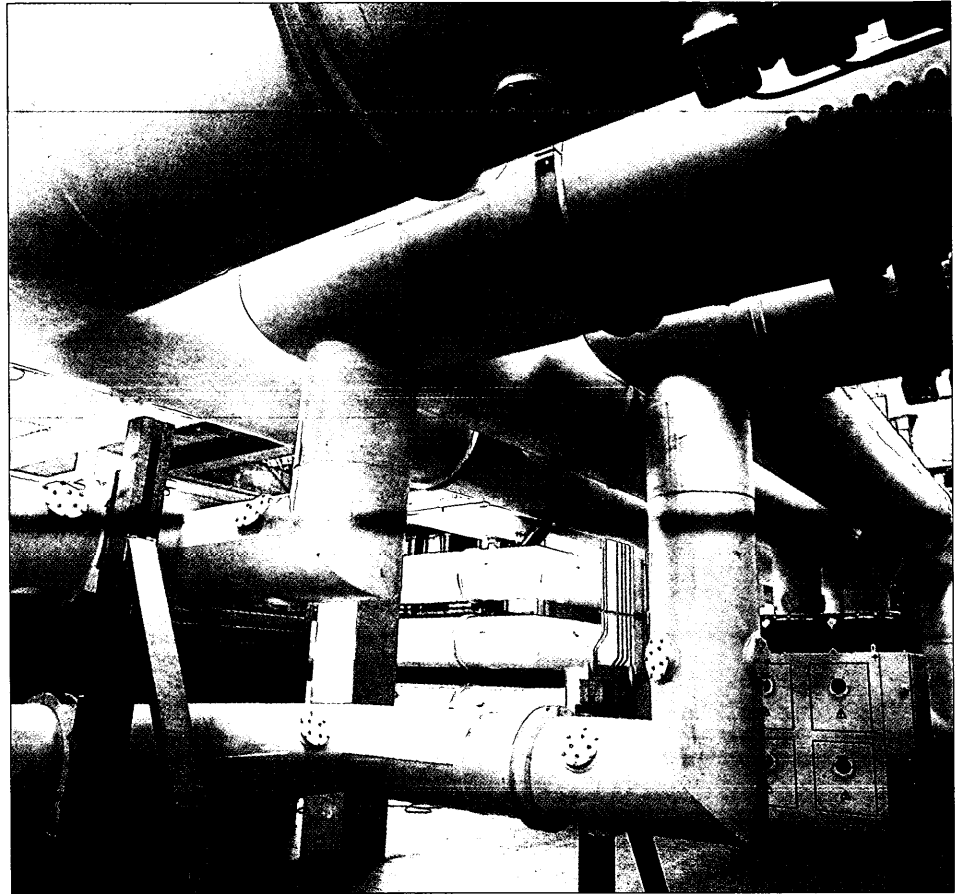


Figura 2.4.4. Abajo, figura 2.4.6. A la derecha, figura 2.4.2.



tado, que acentúan y subliman la perspectiva de la central al mismo tiempo que limitan y definen su techo (Figs. 2.4.7 a 2.4.9).

## 2.5 - Edificio de control y subestación

▼ El edificio de control y la subestación están situadas al exterior, en la vertical de la central, con la que se comunican por medio del pozo de barras.

En situaciones de pruebas o singulares el mando de los grupos se realiza desde el edificio de control. En explotación normal el aprovechamiento es telemandado desde el Centro de Telemando de Caniçada. También es posible proceder a la regulación de la potencia de los grupos a través del Despacho Nacional, situado en los alrededores de Lisboa.

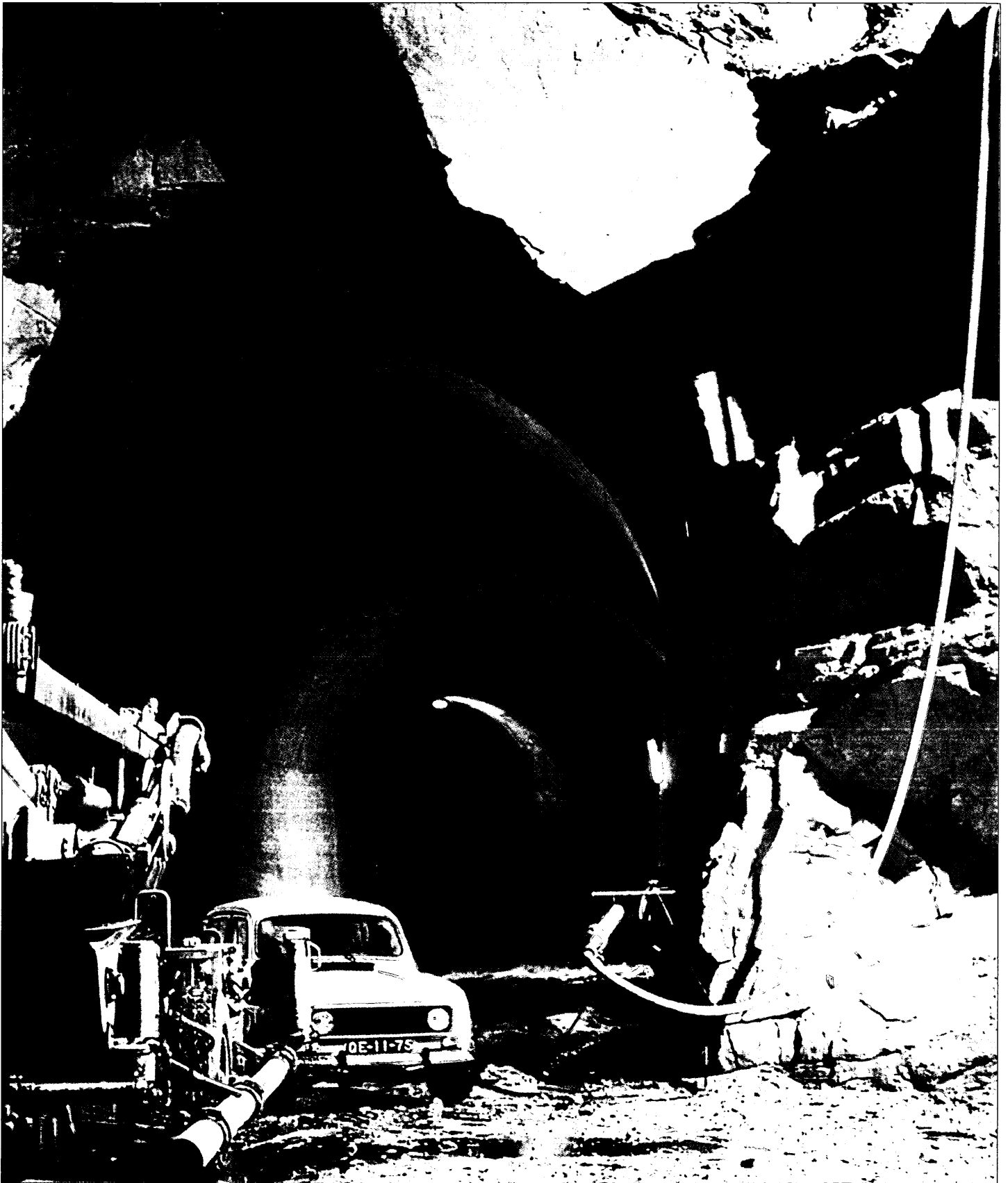




Figura 2.4.8.

▼ La subestación de 18/400 KV se extiende sobre una superficie de 8.500 m<sup>2</sup> y está equipada con 6 transformadores monofásicos (3 por cada grupo generador) con una potencia unitaria de 116,7 MVA. Existe un transformador de reserva. La elección de los tres transformadores monofásicos frente a un trifásico fue debido fundamentalmente a problemas de transporte.

Los embarrados de la subestación se prolongan en línea aérea hasta la subestación de interconexión, situados a 500 m, que vendrá a constituir un nudo importante de la red a 400 KV, con dos líneas de transporte para las subestaciones de Riba d'Ave y Recarei, y dos líneas de interconexión con España (Figs. 2.5.1 y 2.5.2).

## 2.6 - Restablecimiento de comunicaciones

▼ Al iniciar las obras de Alto Lindoso la red viaria existente era extremadamente deficitaria, lo que había contribuido al aislamiento secular del concejo de Ponte da Barca y de los mu-

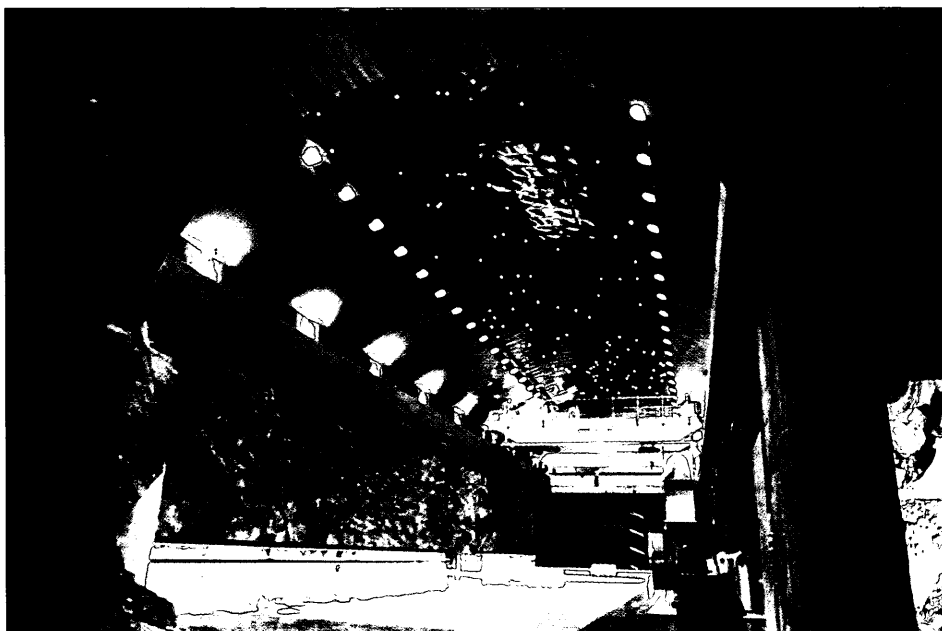
nicipios españoles de Lovios y Entrimo, dificultando su desarrollo socio-económico.

Dada la necesidad de transportar equipos de grandes dimensiones y peso, por un lado, y el tener que quedar bajo las aguas del futuro embalse varios tramos de las carreteras existentes, se de-

cidió rectificar y ensanchar ciertos tramos y rehacer íntegramente aquéllos que quedaban sumergidos.

▼ En Portugal, el trazado entre el Ponte da Barca y la frontera de la Madalena, rectificado o reconstruido en una longitud de 32 Km, pasó a dispo-

Figura 2.4.7.



ner de un perfil transversal tipo con 8 m de calzada y capa de rodadura de hormigón bituminoso.

Este nuevo trazado ha implicado la construcción de las siguientes obras de fábrica:

- Puente sobre el río Tamente, de 152 m de longitud y 24 m de altura máxima sobre cimientos.

- Puente sobre el río Froufe, de 95 m de longitud y 17 m de altura máxima.

- Puente sobre la ribera del Poço do Inferno, de 66 m de longitud y 23 m de altura máxima.

- Puente sobre el río Cabril, de 198 m de longitud y 50 m de altura máxima (Fig. 2.6.1).

▼ En España se realizó un nuevo trazado de la carretera nacional N-540, entre la frontera de la Madalena y Torno, de 14 Km de longitud. Tiene una sección tipo de 10 m de ancho revestida de hormigón bituminoso. Las obras de fábrica aquí realizadas fueron las siguientes:

- Puente sobre el río Nau, de 171 m de longitud y 38 m de altura máxima sobre cimientos.

- Puente sobre el río Caldo, de 146 m de longitud y 42 m de altura máxima.

- Puente sobre el río Lima (Malheta), de 393 m de longitud y 70 m de altura.

- Puente sobre el río Lima (Herda-diña), de 95 m de longitud y 28 m de altura.

Además del citado tramo de la N-540, fueron también ejecutadas otras carreteras provinciales, destacando:

- Variante de la C.V. 94, en el tramo Lautemil a la N-540, de 2,5 Km de longitud, en la que se ha realizado un nuevo puente sobre el Lima de 13 vanos, 517 m de longitud total y 79 m de altura máxima (Fig. 2.6.2).

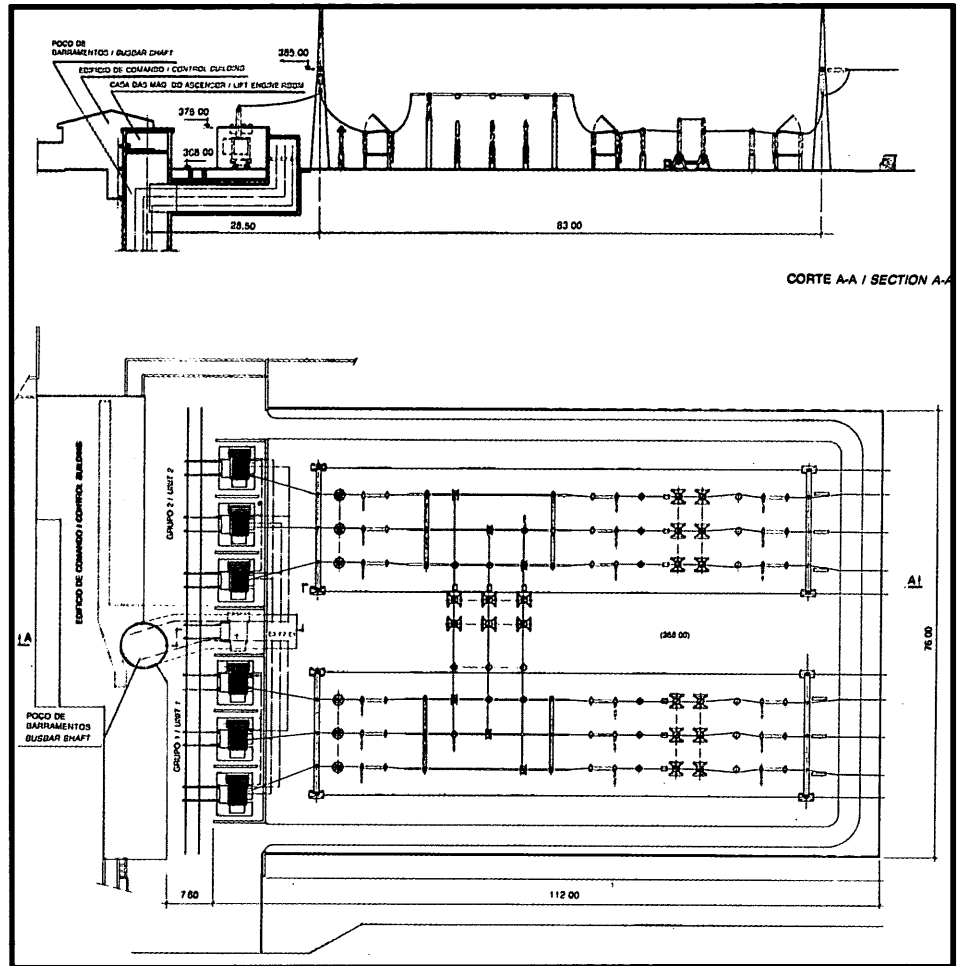


Figura 2.5.1 Abajo, figura 2.4.9..



- Variante de la C.V. 112, tramo Lovios-Portaxe-Gauceiros, de 1,5 Km de longitud y que incluye los nuevos puentes sobre los ríos Portaxe y Salas.

## 2.7 - Recuperación paisajística

La realización de una presa y la creación de una superficie de agua de mayor o menor extensión, implican la creación de un nuevo escenario, el cual, desde el punto de vista paisajístico, siendo diferente del escenario anterior, se desea de igual o, si es posible, de mejor calidad.

La responsabilidad de EDP era todavía mayor en la medida en que ambos embalses se sitúan en el Parque Nacional de Peneda-Gerês, por lo que se realizó un cuidadoso proyecto de Recuperación e Integración Paisajística de las zonas afectadas por los aprovechamientos. Los trabajos de recuperación paisajística se basaron, para cada área, en planes parciales de detalle, de mo-

Figura 2.6.1.

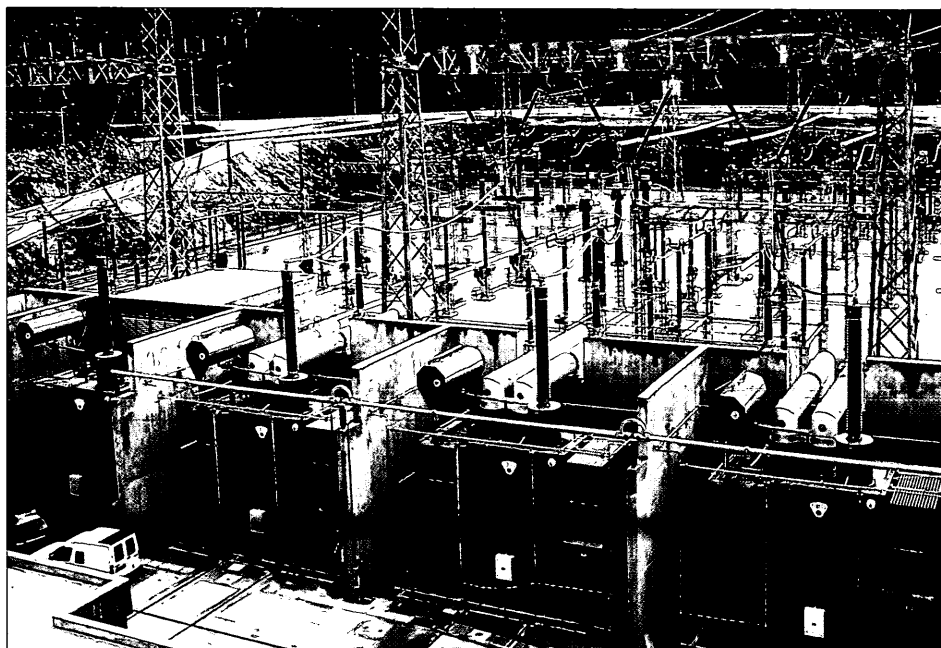
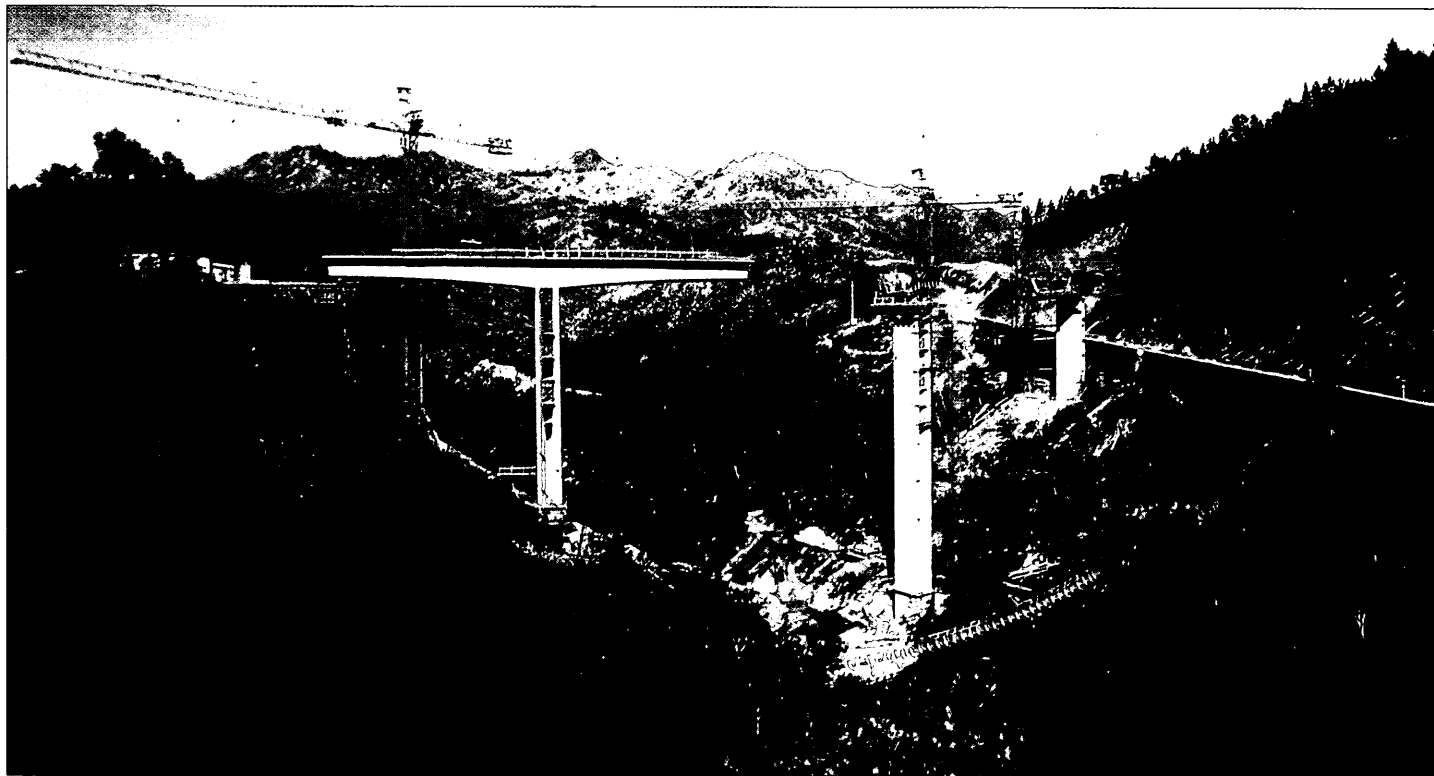


Figura 2.5.2.

delación del terreno y de siembra y plantación de vegetación, que obedecieron a un plan de conjunto.

Se recurrió fundamentalmente a especies características de la región, tipo

Quercus Robur, complementándolas con otras que han mostrado en el pasado gran capacidad de adaptación.

La realización de estos trabajos se inició en Febrero de 1992, en el Alto

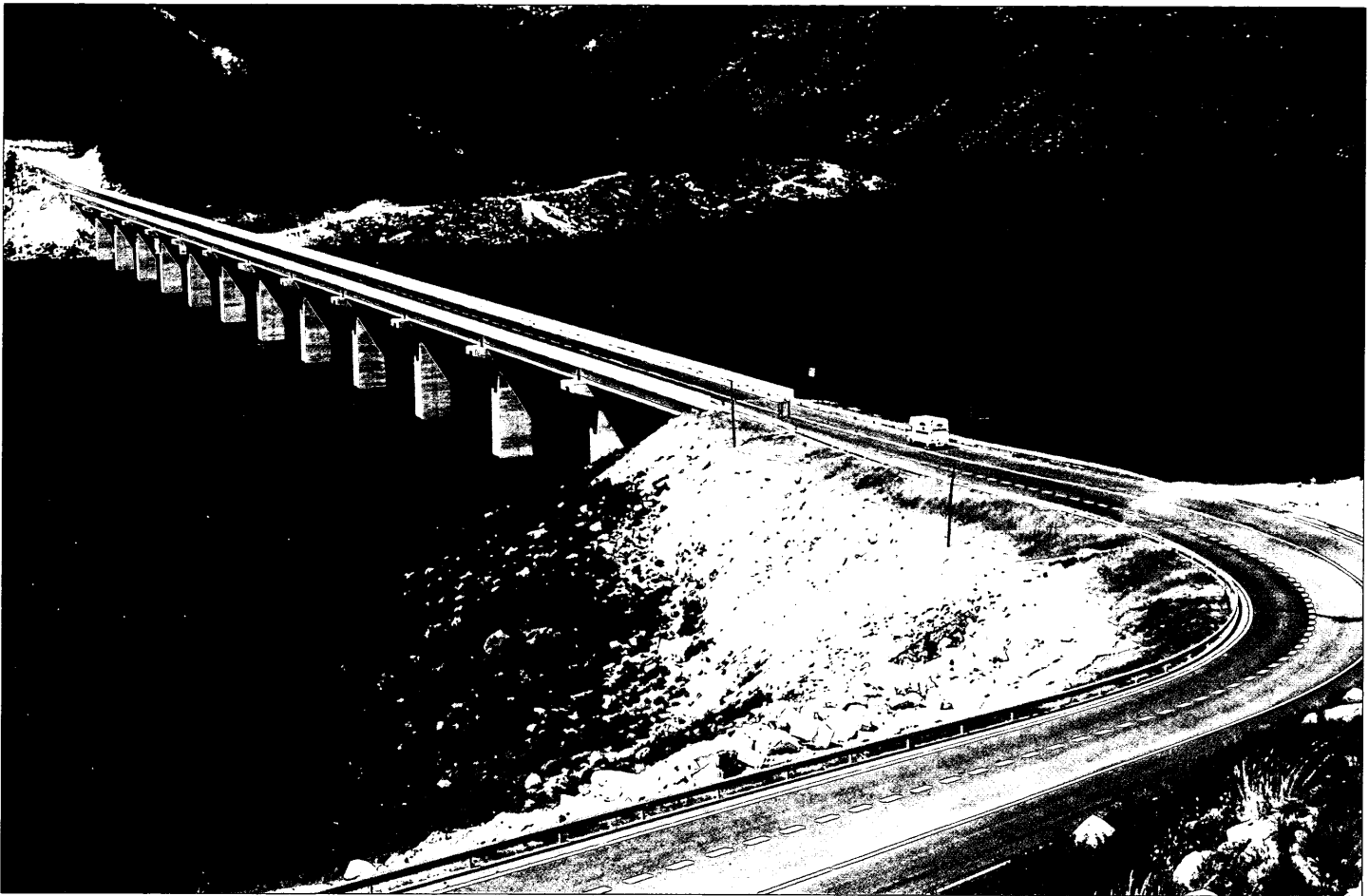


Figura 2.6.2.

Lindoso, y se finalizaron en mayo de 1994 con los trabajos de recuperación paisajística de la zona afectada por Touvedo, (Fot. 2.7.1 a 2.7.3).

### 2.8 - Traslado de la iglesia y del cementerio de Aceredo

La construcción del Aprovechamiento Hidroeléctrico de Alto Lindoso y la formación de su extenso embalse en territorio español, han estado precedidos de lentos y complejos procesos de traslado de pequeños núcleos de población, de reposición de vías de comunicación y de líneas eléctricas y telefónicas y, además, como hecho más singular, el traslado de un cementerio y una iglesia. Añadíase así a las dificultades técnicas inherentes a este tipo de cons-

trucciones, las relativas a las derivadas de estos aspectos sociales, religiosos y culturales de no fácil solución.

De entre el patrimonio afectado en España, sobresalía por su interés arquitectónico la llamada iglesia de Aceredo, localizada en el pueblo del mismo nombre a 6 Km escasos de la frontera de la Madalena. Su verdadero nombre es iglesia de San Salvador de Manin, nombre que le viene por el hecho de haber sido inicialmente construida en Manin, en la primera mitad del siglo XVIII, y por tener como patrón al santo San Salvador. En 1769, por indicación del obispado de Orense, y con el objetivo de facilitar el acceso de los fieles a la iglesia, ésta sufrió su primer traslado desde Manin a Aceredo.

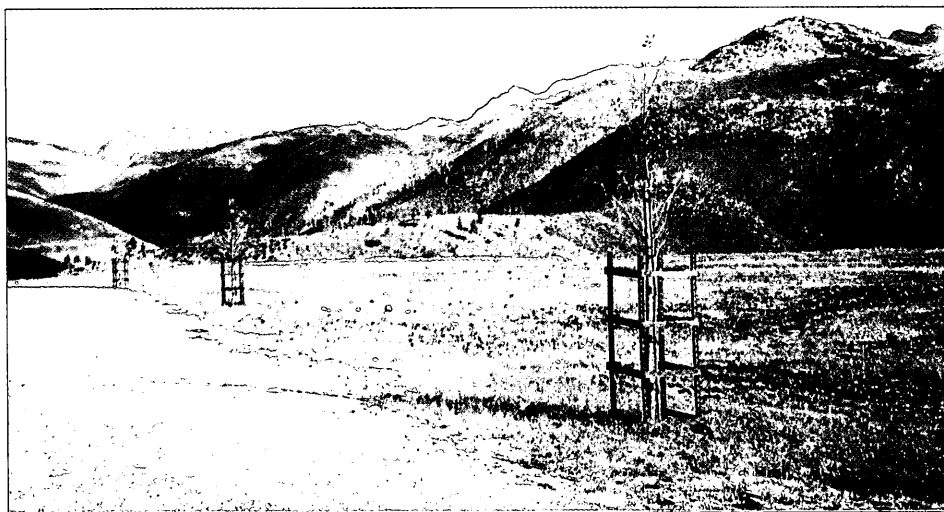
Sin perder su belleza arquitectónica, son visibles diversas obras que se

han realizado a lo largo de los años, con una mezcla de estilos entre los que sobresale el barroco. El edificio es de cantería y presenta la forma de cruz latina, en cuyo centro se encuentra la cúpula de 2,50 m de diámetro. De la fachada principal sobresale el campanario que alberga la campana de la iglesia.

El cementerio se extiende alrededor de la iglesia y está limitado por el muro que rodea su atrio. Con vistas al traslado del cementerio y de la iglesia, y de acuerdo con el obispado de Orense, se realizaron los estudios necesarios así como la elección del nuevo lugar de ubicación. Se numeraron todos los bloques -cerca de 14.000- y se hicieron gran número de fotografías -cerca de 1.500- así como películas de video, que sirvieron posteriormente como apoyo



Figura 2.7.1. Abajo, figuras 2.7.2. y 2.7.3.



de los trabajos de reconstrucción en el nuevo lugar elegido. Los trabajos de desmontaje de la iglesia se iniciaron el 13 de enero de 1992 y quedaron terminados en tan solo 49 días, es decir el 2 de marzo.

La conclusión de todas las obras de reconstrucción tuvo lugar el 29 de diciembre de 1992, fecha en la que EDP recepcionó la obra realizada por una empresa española especializada en el tema, COTEC, y la entregó al obispado de Orense (Figs. 2.8.1 a 2.8.3).

### 3. APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DE TOUVEDO (Fig. 3)

#### 3.1 - Presa y órganos de desagüe

▼ La presa es del tipo gravedad, con una ligera curvatura en planta, y aligerada en los bloques centrales mediante la creación de un gran hueco. Este, además de conseguir economía de hormigón, contribuye a reducir sensiblemente el área sometida a subpresiones, y facilita el drenaje del cimientó y la refrigeración natural de los hormigó-



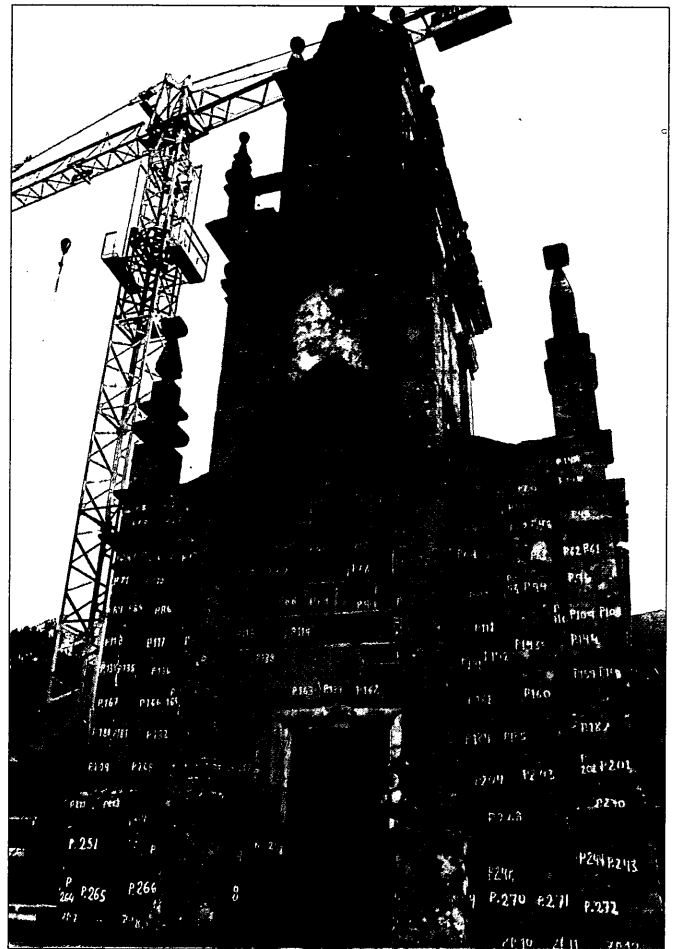
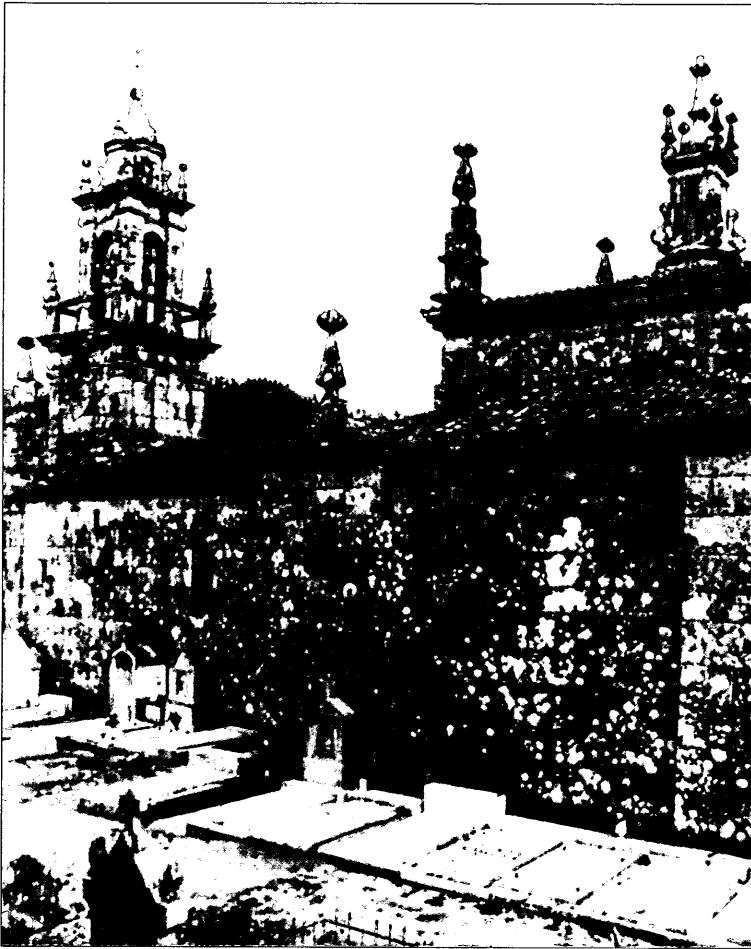
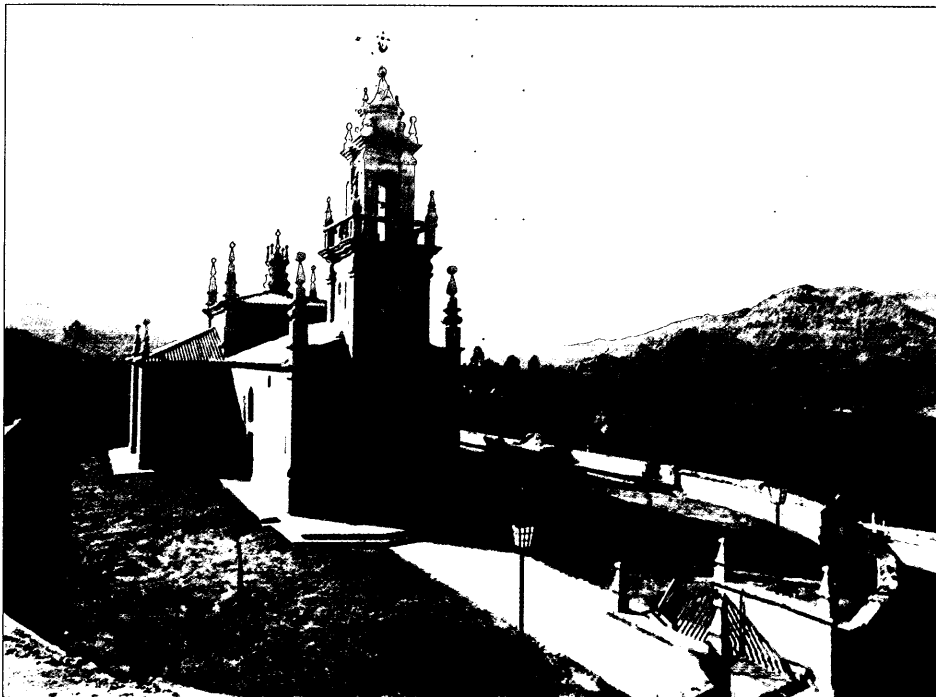


Figura 2.8.1.A la derecha, figura 2.8.2. Abajo, figura 2.8.3.



nes (Fig. 3.1.1). La altura máxima de la presa es de 42,5 m. Sirve, además, de unión viaria entre los concejos de Arcos de Veldevez y Ponte da Barca. El cimiento de la presa es de naturaleza granítica y fue sometida a un intenso tratamiento de consolidación e impermeabilización.

▼ El aliviadero se dispone sobre los bloques centrales de la presa; está dividido en tres vanos equipados con compuertas de segmento, una de ellas dotada de clapeta para la eliminación de brozas. El caudal de desagüe es de 3.200 m<sup>3</sup>/s. La solera del aliviadero se prolonga al pie de la presa en un cuenco amortiguador, que disipa la energía por resalto hidráulico (Fig. 3.1.2).

En la pila más próxima a la margen izquierda se ha dispuesto un desagüe

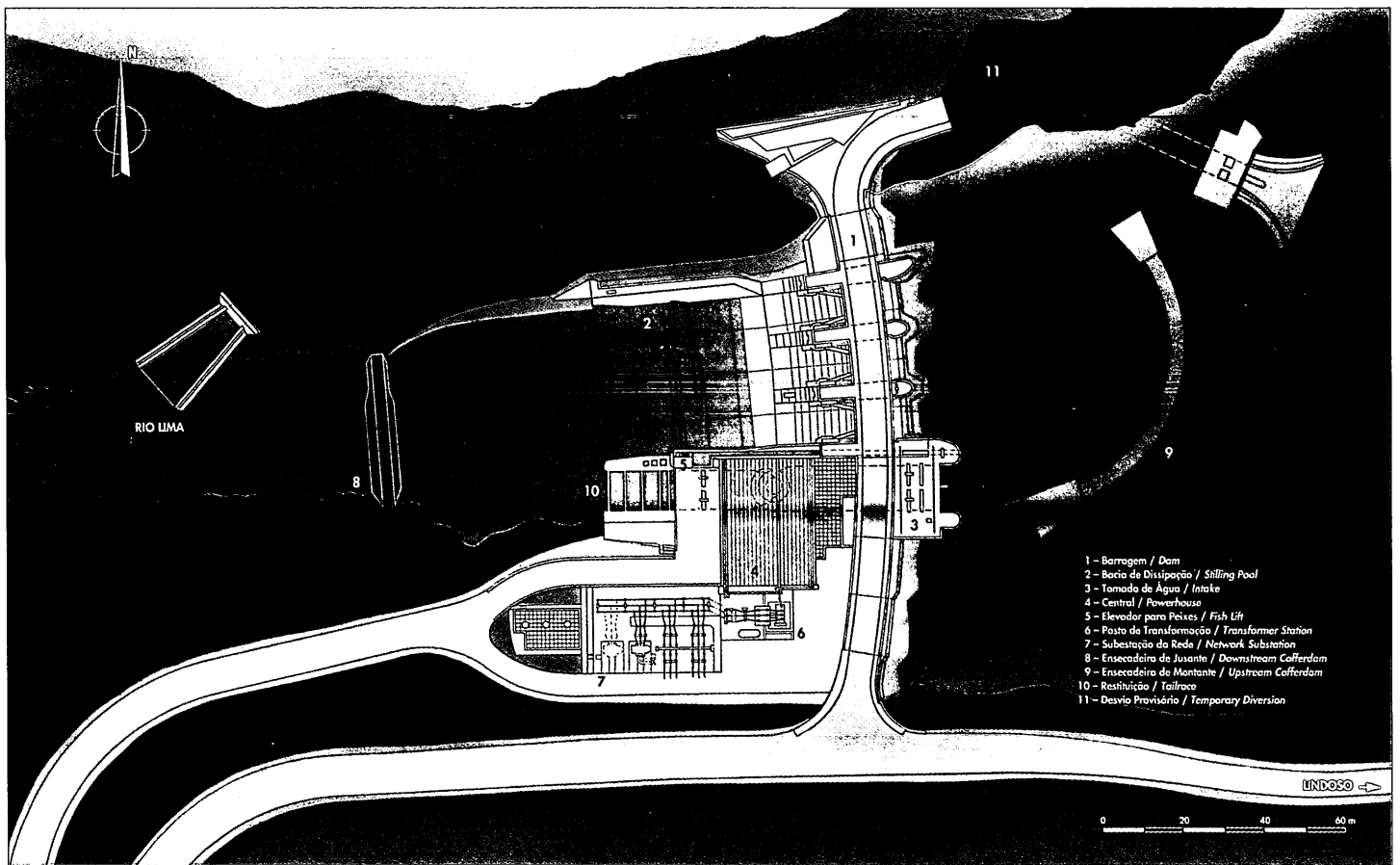
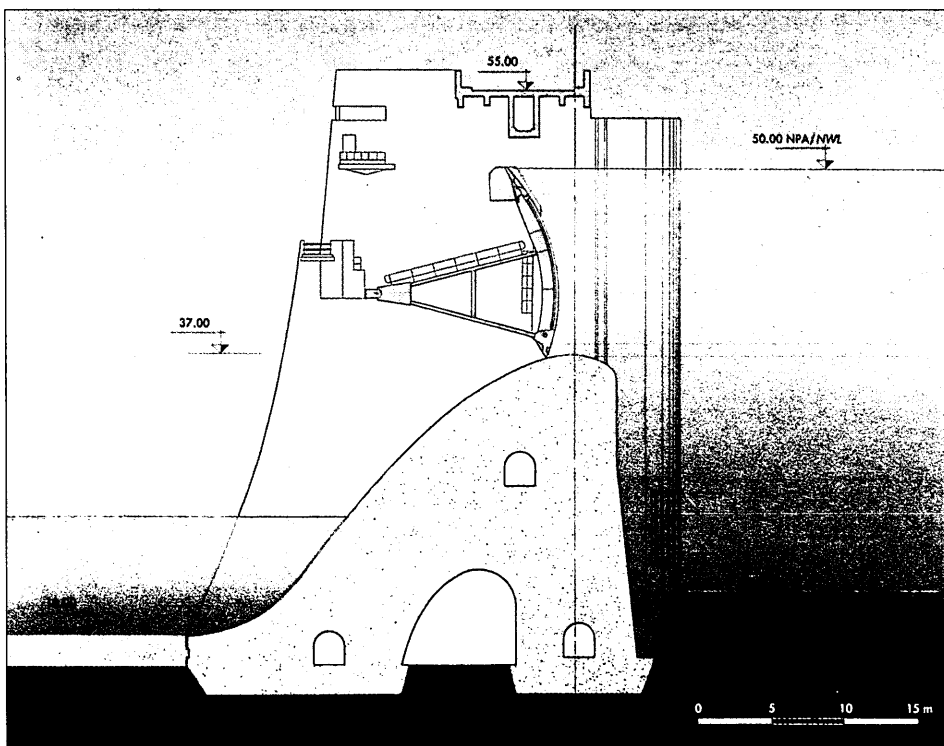


Figura 3. Abajo, figura 3.1.1.



de fondo, con una capacidad de vaciado de 50 m<sup>3</sup>/s. Va equipado con rejilla y ataguía, aguas arriba, y con una compuerta tipo segmento, que controla el caudal desaguado, aguas abajo.

▼ La presa de Touvedo crea un embalse a la cota 50, nivel máximo normal. En régimen normal será explotado entre esta cota y la 47,50, lo que representa 4 millones de m<sup>3</sup> de volumen de regulación. Con ello se logra modular los caudales de punta de la central de Alto Lindoso y turbinarlos en Touvedo en régimen casi continuo.

### 3.2 - Central, puesto de transformación y subestación

▼ La central a cielo abierto está situada en la margen izquierda al pie de



Figura 3.1.2.

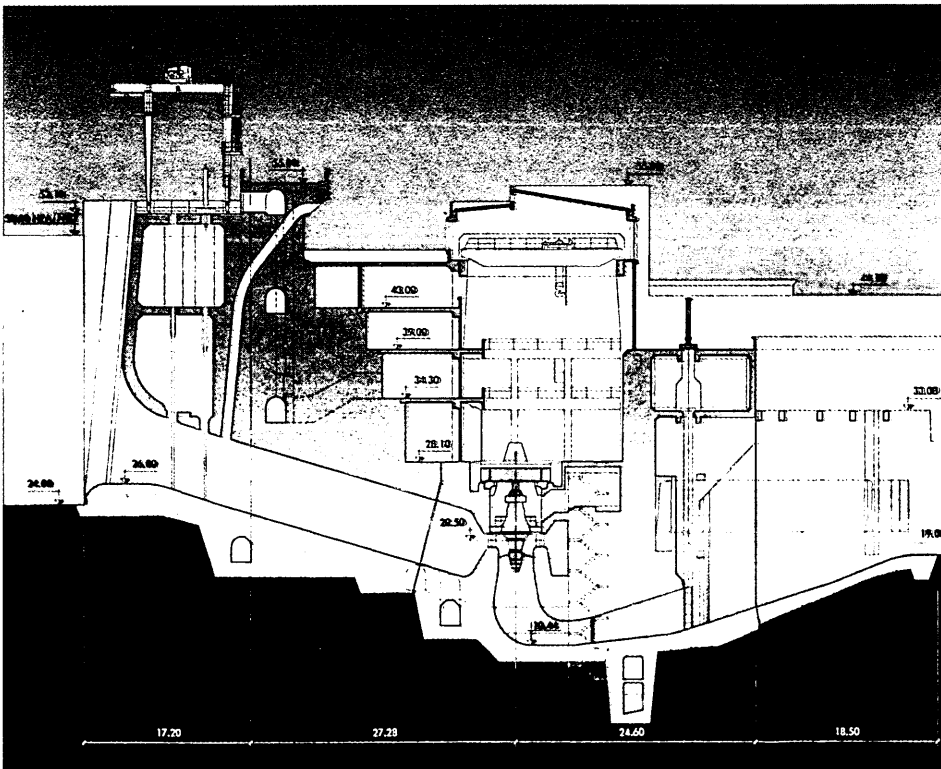
la presa. Dispone de un grupo generador de 24 MVA (22 MW en el eje de la turbina, tipo Kaplan). (Fig. 3.2.).

El puesto de transformación de la central y la subestación de la red están instalados en una plataforma adyacente a la central y están equipados con:

- Transformador trifásico 6/60 KV, 27 MVA, que alimenta el embarrado de 60 KV de la subestación de la red.

- Panel de la línea de 60 KV que alimenta la red regional y el transformador 60/15 KV, 20 MVA. Los 15 KV se destinan a alimentar los servicios

Figura 3.2.



auxiliares de Touvedo y Alto Lindoso, interconectados por una línea aérea, y a la red local de abastecimiento público.

- En régimen normal de explotación, el aprovechamiento es telemandado desde el Centro de Telemando de Caniçada, aunque es posible el mando local en situaciones singulares o de ensayo.

### 3.3 - Escala de peces

El tramo del río Lima y sus afluentes, aguas arriba del Ponte da Barca, presenta buenas condiciones para el desove de las especies piscícolas migradoras, especialmente el salmón y la trucha de agua salada.

Para facilitar estas operaciones se ha dispuesto en Touvedo una escala de peces del tipo elevador. Este dispositivo de transposición de peces es el primero en su tipo instalado en Portugal (Fig. 3.3).

## EPÍLOGO

Todo aprovechamiento hidroeléctrico tiene, por regla general, un largo período de gestación.

En algún sitio y en la mente de alguien surge una idea inicial de su interés.

Numerosos estudios preliminares son realizados.

Surge la evidencia de su necesidad y la oportunidad de su concreción.

Así aconteció con el Aprovechamiento de Alto Lindoso. La obra, proyectada y dirigida por técnicos de Electricidade de Portugal, tiene sus precursores; una historia de la que se da breve reseña en este artículo y que constituye referencia y homenaje debido a todos cuantos, como escribió Fernando Pessoa, soñaron esta obra, que Dios quiso que fuese hecha, y que así nació.

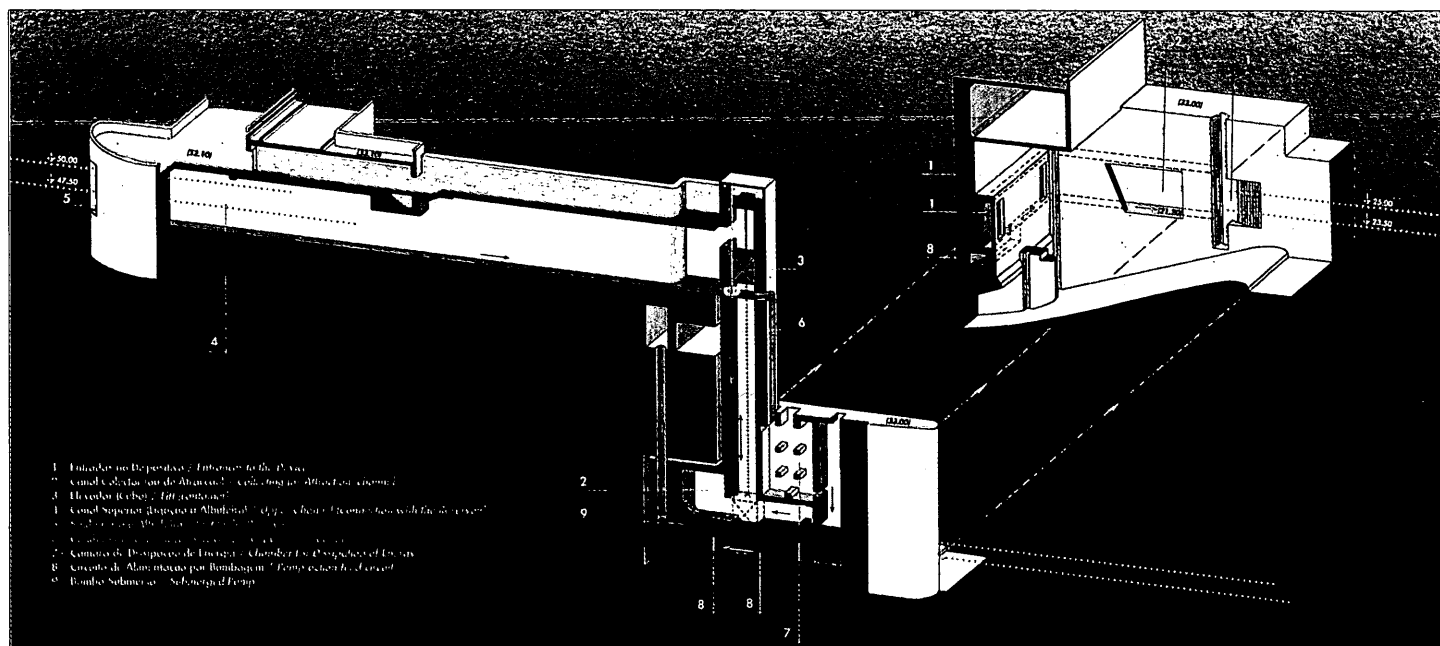


Figura 3.3.

## RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

	Alto Lindoso	Touvedo	▼ Central	Subterránea	Aire libre
<b>▼ Características fisiográficas</b>			Número de grupos	Dos	Uno
Area de la cuenca hidrográfica total (Km <sup>2</sup> )	1.524,8	1.700	Tipo de la turbina	Francis	Kaplan
Area de la cuenca hidrográfica en España (Km <sup>2</sup> )	1.353,2	-	Salto útil máximo ( m)	280,8	25,0
Area de la cuenca hidrográfica en Portugal (Km <sup>2</sup> )	189,6	385	Salto útil mínimo (m)	218,6	-
Longitud del río aguas arriba de la presa (Km)	71,5	88	Caudal a plena carga ( m <sup>3</sup> /s)	2x125	100
			Potencia aparente nominal ( MVA)	2x350	24
			Velocidad nominal (r.p.m.)	214,3	187,5
<b>▼ Características hidrológicas</b>			<b>▼ Producción</b>		
Aportación año medio (Hm <sup>3</sup> )	1.473	1.761	Energía producida en año medio ( GWh)	910	61
Aportación año seco (Hm <sup>3</sup> )	1.002	-	Energía producida en año seco (GWh)	533	40
Caudal de avenida milenaria (m <sup>3</sup> /s)	3.500	3.200			
<b>▼ Embalse</b>					
Area inundada (ha)	1.072	172			
Perímetro (Km)	17,8	10			
Capacidad útil (Hm <sup>3</sup> )	347,8	6,5			
Cota de máximo embalse	338,00	50,00			
<b>▼ Presa</b>					
Tipo	Bóveda de doble curvatura	Gravedad hueca			
Altura ( m)	110	42,5			
Longitud desarrollada (m)	297	133,50			
Volumen total de hormigón (m <sup>3</sup> )	308.500	75.000			
Desagües de fondo (m <sup>3</sup> /s)	2 de 200	1 de 50			
<b>▼ Aliviadero</b>					
Número de vanos	En túnel	Sobre la presa			
Caudal máximo de desagüe (m <sup>3</sup> /s)	2 de 3	3			
	2.770	3.200			

### CIFRAS DESTACADAS DE LAS OBRAS

Excavaciones a cielo abierto (m <sup>3</sup> )	560.000	161.000
Excavaciones subterráneas (m <sup>3</sup> )	850.000	-
Hormigón en la presa (m <sup>3</sup> )	308.500	75.000
Hormigones en los aliviaderos (m <sup>3</sup> )	49.100	-
Hormigones en el circuito hidráulico de la central y cámaras anexas (m <sup>3</sup> )	385.000	23.500
Acero en armaduras (t)	9.850	2.400
Acero en blindajes (t)	4.220	-



## EN MEMORIA

En una placita adyacente al estribo izquierdo de la presa de Alto Lindoso, junto a la carretera y apenas accesible a los peatones, emerge de un espejo de agua un obelisco. Granítico, prisma triangular de 15 m de altura, cara superior truncada en plano inclinado y vértice guarnecido con acero inoxidable. Del vértice brota agua, que acaricia el granito y suavemente cae en el pequeño lago ornamental.

Creado por José Rodríguez, uno de los más notables escultores portugueses contemporáneos, el conjunto escultórico simboliza en el granito y en el acero, la solidez de la obra y la tenacidad de los hombres que la soñaron, concibieron y construyeron; en el agua, casada con el granito y el hormigón, conmemora ese bien natural insustituible, fuente de vida y de energía; y en la pátina que, poco a poco, irá cubriendo el granito, recordará a las generaciones futuras que esta obra, cualquier obra, perdurará más allá de sus vidas.

En la noche, la luz de dos proyectores recuerda una de las utilidades de la electricidad producida, gracias a la milenaria combinación de la energía del agua con el ingenio del hombre.

En su simplicidad, se pretende que la escultura de José Rodríguez venga a ser, más que el símbolo de una notable obra de ingeniería, la conmemoración de un sueño y un entusiasmo realizado. La conmemoración y el recuerdo de un acto de amor. ●