

Salto de Valparaíso - Río Tera (Provincia de Zamora)^(*)

Por J. FERNANDO MARTIN DE LA SIERRA

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Se describe el proyecto y ejecución del aprovechamiento hidroeléctrico de Valparaíso (Zamora) sobre el río Tera, recientemente puesto en servicio, con una presa de gravedad de 67,00 m de altura sobre cimientos y un volumen total de embalse de 162,4 Hm³.

INTRODUCCION

La Sociedad Hidroeléctrica Ibérica IBERDUERO, S. A. con una tradición hidroeléctrica de un siglo, movida por hombres con un espíritu creador digno de encomio y una gran profesionalidad, ha plasmado sobre diversas zonas de la geografía española sus obras mezcla de valentía, ciencia y arte, desde los Pirineos Aragoneses hasta Extremadura, enmarcado en la zona de Los Arribes del Duero, del macizo Hespérico, uno de los sistemas hidroeléctricos más importantes del suelo hispano.

Mis recuerdos pasan por personas que han ejercido una gran influencia en el interés e ilusión por la profesión de muchos compañeros con la finalidad de ser útiles para la Sociedad donde trabajamos y con la esperanza de que al final sean los hechos y los resultados satisfactorios los que mantengan la llama que permita continuar la labor de D. Enrique Uriarte, D. Pedro Martínez Artola, D. Angel Galíndez, D. Pedro M.^a Guinea, D. Manuel de la Puerta, etc., y tantos otros de otra época, así como aquéllos que con su labor más callada, menos reconocida pero no por eso menos importante han conservado dentro de su parcela y siguen manteniendo en niveles muy altos de dedicación a su trabajo gracias a su vocación profesional.

La realización del aprovechamiento hidroeléctrico del Salto de Valparaíso ha requerido un gran esfuerzo de muchas personas con conocimientos, experiencia y con espíritu de sacrificio, reflejado en la superación de situaciones difíciles y condiciones ambientales poco favorables.

Hay que expresar, por lo tanto, nuestro reconocimiento y agradecimiento, dentro de los mismos objetivos finales de la creación de un nuevo Salto hidroeléctrico, a las Empresas Constructoras, Fabricantes de Equipo, pequeña y Mediana Empresa, Organismos y Personal de IBERDUERO, S. A. que superando todas las dificultades han conseguido llevar adelante la realización de los trabajos. La mayor satisfacción es la contribución, como un solo equipo, al buen funcionamiento de cada elemento y puesta en servicio de la instalación como fuente de riqueza y servicio a nuestro País.

GEOGRAFIA Y PARTICULARIDADES DEL ENTORNO

El río Tera, tiene su curso íntegramente en la provincia de Zamora, desde su cabecera delimitada por la Sierra Calva, Sierra de Mina, Sierra Segundera, Sierra de la Culebra y Sierra de Cabrera Baja, hasta su confluencia con el río Esla en las proximidades de Bretó y Bretocino. Después de su nacimiento en Portillo Puertas, en las vertientes meridionales de Peña Trevinca, atraviesa el valle de la Cueva penetrando por la estrecha garganta de Ribadelago y vertiendo sus aguas en el Lago de Sanabria o Villachica (conocido, también, por Lago de San Martín de Castañeda y «Mar de Castilla»).

Dentro de un paisaje de fresnos y robles, en la región de Sanabria de perfiles alpinos y soberbios rincones de gran belleza, cubierta de lagos y pequeños embalses, se encuentra el Lago de Villachica declarado de interés nacional el 7 de noviembre de 1946 y en su conjunto paisaje pintoresco el 23 de octubre de 1963.

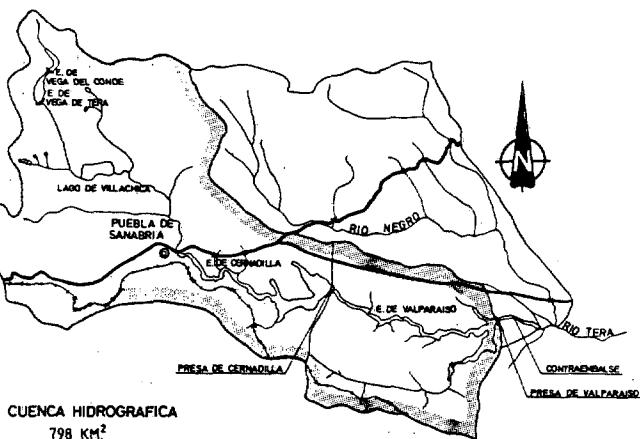
Está situado el Lago en las proximidades de Puebla de Sanabria, donde destacan los recién-

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de junio de 1989.

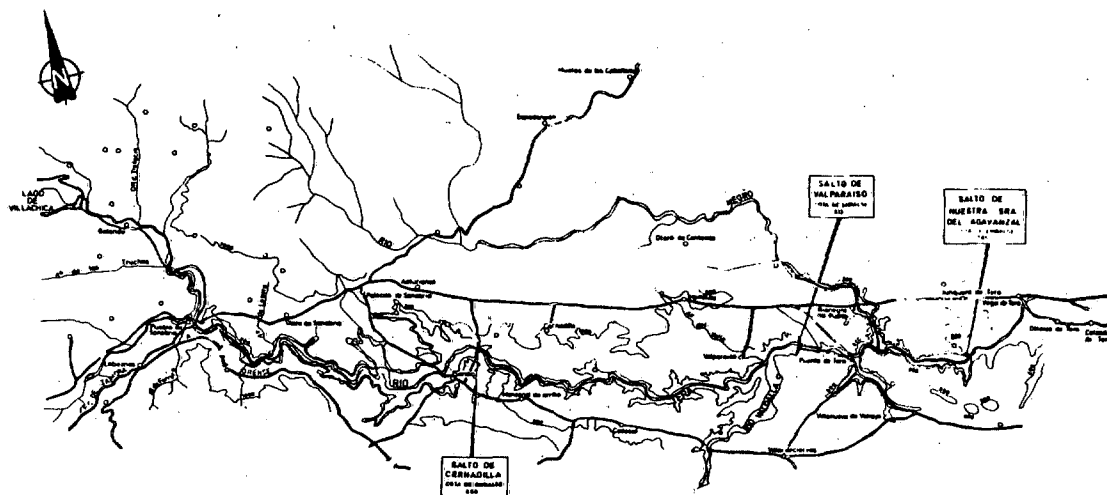
SALTO DE VALPARAISO-RIO TERA (PROVINCIA DE ZAMORA)

En el camino hacia las instalaciones hidroeléctricas desde Benavente, como centro más importante histórico y comercial, a Puebla, pasamos por Santa Marta de Tera, cuya antiquísima joya de Iglesia románica, de principios del siglo XII, llama la atención por su ábside cuadrado y singular belleza de su hastial de cabecera con triple arcada de contrafuertes de medio punto y tejazoz ajedrezado, y por Mombuey en donde la torre de la Iglesia resalta por su agudo chapitel de planos convexos, como flecha de piedra piramidal.

IBERDUERO, S. A. se ha integrado en la región con el aprovechamiento del tramo del río Tera, que se extiende desde Puebla de Sanabria hasta Vega de Tera, cubriendo con tres Saltos en cascada un desnivel de 141,50 m, donde el río transcurre desde la cota 889 m a la



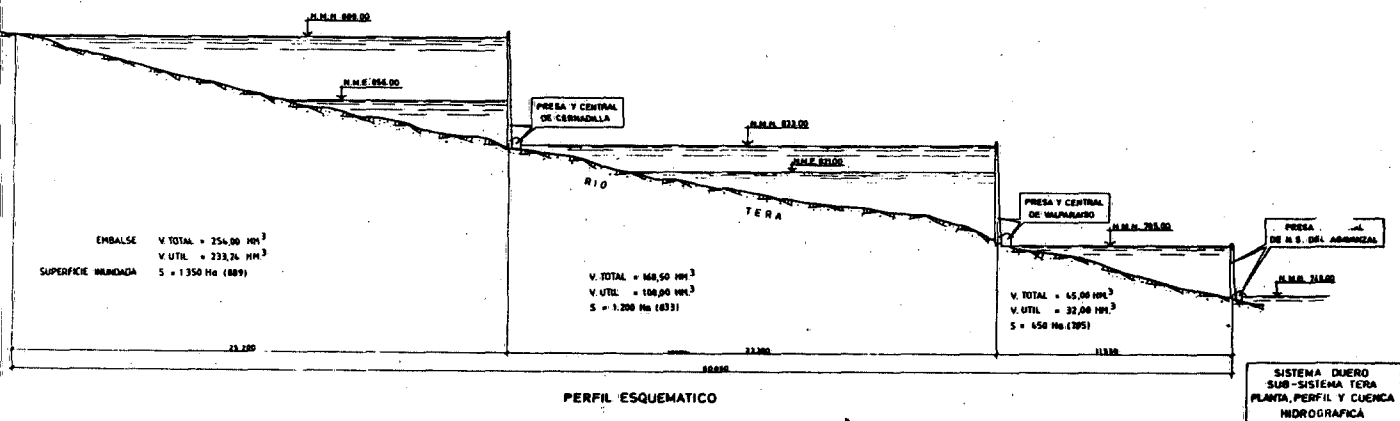
tos cuadrados de su castillo y en su interior la gran torre «El Macho», construídos a mediados del siglo XV, bajo el mandato del cuarto conde de Benavente D. Rodrigo Alonso de Pimentel.



PLANTA GENERAL

ESCALA GRÁFICA

0 1 2 3 4 5 10 KM.



SALTO DE VALPARAISO-RIO TERA (PROVINCIA DE ZAMORA)

CUADRO 2
CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DEL SUBSISTEMA TERA

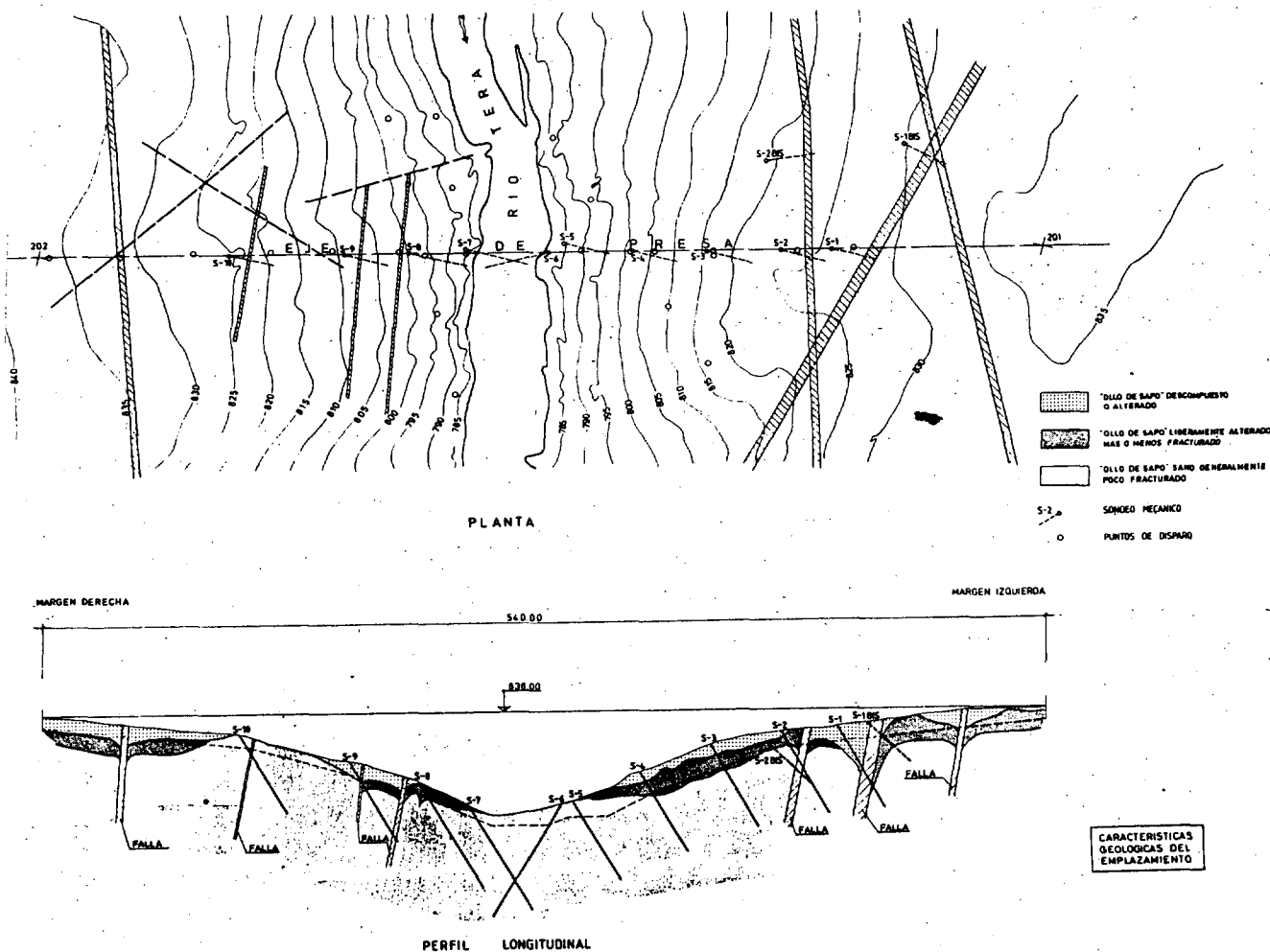
	Cuenca (km ²)	Aportación medio (Hm ³)	Potencia instalada (MW)	Salto bruto (m)	Máx. caudal derivado (m ³ /seg)	Vol. útil de embalse (Hm ³)	Superficie de embalse (mn) Ha
Cernadilla	576	555,6	30,000	56	60	233	1.350
Valparaíso	798	707,0	67,500	48	158	102	1.200
N. ^a S. ^a Agavanzal	1.314	833,60	23,000	36	72	27	345

747,50 m por un valle en «V» abierta sobre terrenos paleozoicos hasta el comienzo de la frondosa y extensa llanura de la Vega Zamorana.

El río Tera recoge en este tramo como afluentes más importantes los ríos Requejo, Valdalla y Negro que se incorporan al río Tera en los embalses de Cernadilla, Valparaíso y futuro de Ntra. Sra. del Agavanzal.

GEOLOGIA - RECONOCIMIENTOS

La zona de ubicación de los Saltos del Subsistema Tera, está constituida geológicamente por una típica formación de gneisses de materiales volcánicos con aportes detríticos conocidos bajo la denominación de «ollo de sapo» por el aspecto de los grandes fenocristales claros resaltando sobre fondo oscuro.



La edad de esta formación metamórfica se sitúa en el Cámbrico, estando su parte superior más hojosa y de grano fino en contacto con la formación de pizarras oscuras del Ordovícico inferior «Formación Puebla».

Pizarras y cuarcitas del Ordovícico, con una orientación similar a la del conjunto gneisico, forman la sierra de la Culebra y otras sierras que dominan los pueblos de Manzanal de Arriba, Sagallos, etc.

Los embalses y cerradas de ubicación de las presas están constituidos por el mismo tipo de terreno, fondo Cámbrico de gneiss glandular y recubrimientos de material detrítico o «ranas». La impermeabilidad es segura y se requiere solamente un tratamiento específico de las zonas de cimentación de las presas.

En Valparaíso, los estudios geológicos de superficie de la zona de presa fueron completados con una prospección geofísica longitudinal y transversal para determinar los lugares de mayor alteración y por 10 sondeos mecánicos en el perfil longitudinal de presa en dirección perpendicular a la esquistosidad y dos sondeos para delimitar la falla más importante, lo que permitió definir la geología estructural de la cerrada con gran detalle.

No obstante, para eliminar toda incertidumbre se procedió, previamente a la contratación principal, a la excavación preliminar de la cimentación de presa, dejando 1,5 m de resguardo en hastiales y 2,00 m en el fondo sobre la prevista en los estudios para la protección de la superficie de cimentación de la alteración superficial. Los resultados fueron los estimados, por lo que no se requirió modificaciones sobre el Proyecto.

HIDROLOGIA

Los datos hidrológicos de mayor interés del emplazamiento se reflejan en el cuadro 2.

La principal aportación se registra durante los meses de enero y febrero, siendo el porcentaje de distribución anual medio de:

Enero 13,60 por ciento, febrero 16,16 por ciento, marzo 12,07 por ciento, abril 12,13 por ciento, mayo 11,15 por ciento, junio 5,72 por ciento, ju-

CUADRO 2

Precipitación media (año medio)	1.400 mm
Módulo año medio	23 m ³ /seg
Módulo del año más seco de la serie (1975-1976)	5,4 m ³ /seg
Módulo del año más húmedo (1978-1979)	43,4 m ³ /seg
Serie considerada	1945-1982

Caudales teóricos de punta de avenidas (Gumbel):

$$T_R = 50 \text{ años} \quad - \quad Q = 760 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$T_R = 100 \text{ años} \quad - \quad Q = 858 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$T_R = 500 \text{ años} \quad - \quad Q = 1.097 \text{ m}^3/\text{seg}$$

La latitud media de la cuenca es de 1.125 m

lio 2,91 por ciento, agosto 1,13 por ciento, septiembre 0,98 por ciento, octubre 4,19 por ciento, noviembre 7,94 por ciento y diciembre 12,11 por ciento.

DESCRIPCION DEL APROVECHAMIENTO

Es un típico Salto a pie de presa, siendo sus elementos principales la Presa y Central.

1. Presa

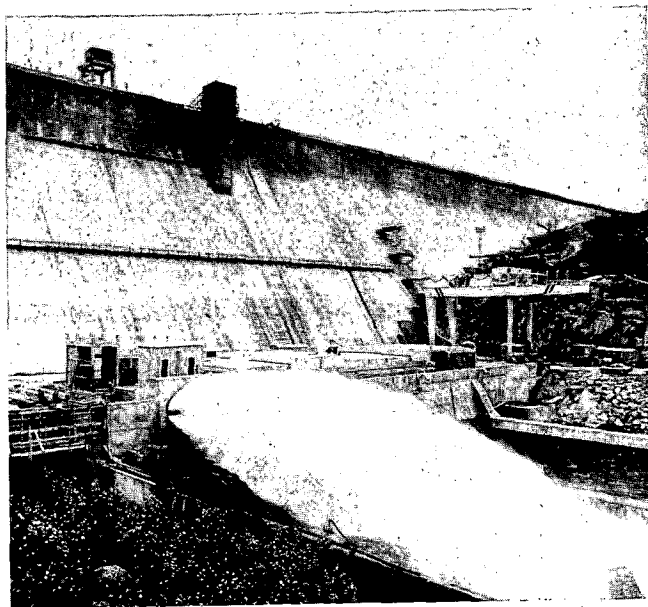
De gravedad, planta recta, con talud aguas arriba vertical, compuesta por bloques independientes de 15,00 m. con juntas dobles de PVC, aguas arriba, entre nódulos y habiéndose dispuesto transversalmente recintos con juntas sencillas y elementos necesarios entre bloques preparados para su inyección caso de necesidad.

Sus características se condensan en el cuadro 3.

CUADRO 3

Altura máxima desde cimientos	67,00 m
Altura máxima desde cauce	56,00 m
Longitud de coronación	540,00 m
Anchura de coronación	7,00 m
Talud aguas abajo	7,00 : 1
Nivel máximo normal	833,00 m
Cota de coronación	836,00 m

SALTO DE VALPARAISO-RIO TERA (PROVINCIA DE ZAMORA)



Presa aguas abajo. Pórtico de Central. Desagüe de fondo.

Una junta longitudinal a 17,00 m del parámetro de aguas arriba secciona el perfil transversal de los once bloques centrales de presa con el fin de evitar agrietamientos por retracción. En la misma se dispusieron artesas para enca-

je de las dos partes y se hicieron los recintos correspondientes para su posterior inyección con presiones de 6 a 2 kg/cm², y de esta forma asegurar en cada bloque un comportamiento monolítico al no estar inyectadas las juntas transversales, aunque sí dispuestos los elementos necesarios por si en su día hiciera falta su inyección.

Los materiales utilizados son hormigones en masa para el cuerpo de presa y armados para hormigón estructural de aliviadero, tomas y desagüe de fondo.

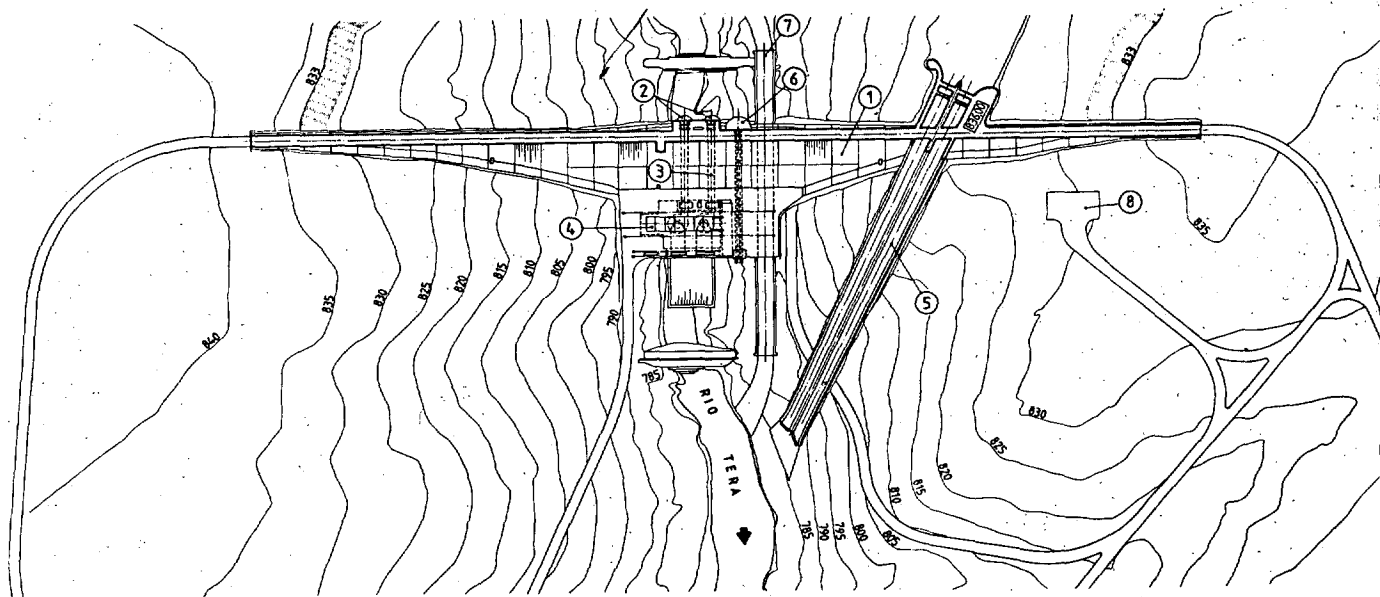
El cierre formado por la presa crea un embalse de las siguientes características:

- Volumen total 162,4 Hm³
- Volumen útil 102,0 Hm³
- Volumen muerto 59,6 Hm³

1.1. HORMIGONES

Todos los cementos utilizados en los hormigones llevan una proporción de cenizas del 27 por ciento y 28 por ciento.

Características de las dosificaciones de los

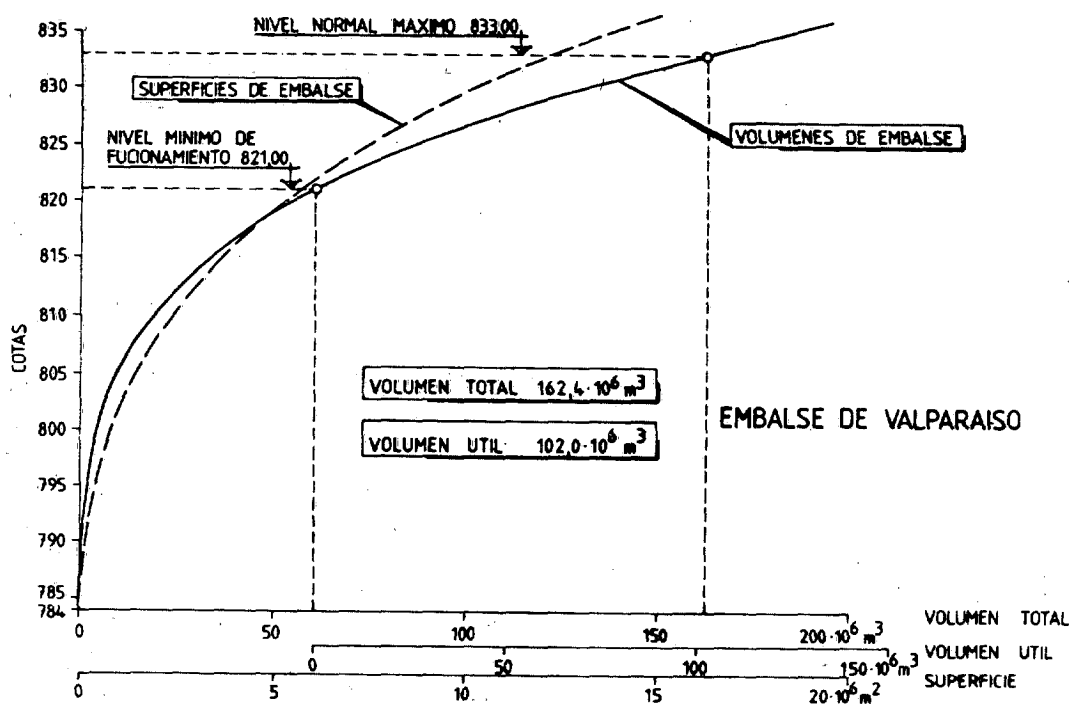


- LEYENDA -
- 1 PRESA DE GRAVEDAD
 - 2 ESTRUCTURA DE TOMAS
 - 3 TUBERIAS FORZADAS
 - 4 CENTRAL
 - 5 ALIVIADERO DE SUPERFICIE
 - 6 DESAGÜES DE FONDO
 - 7 DESVIACION
 - 8 CASETA DEL GRUPO DIESEL

PLANTA GENERAL

0 25 50 75

SALTO DE VALPARAISO-RIO TERA (PROVINCIA DE ZAMORA)



hormigones en masa:

— Resistencia característica 125 kp/cm².

- Dosificación 125/100
- Tamaño máximo de árido 100 mm
- Asiento 0 a 2 cm
- Cemento 160-180-200 kg/m³
- Relación agua/cemento 0,59-0,53-0,45

— Resistencia característica 150 kp/cm²

- Dosificación H-150/100
- Tamaño máximo de árido 100 mm
- Asiento 0 a 2 cm
- Cemento 250 kg/m³
- Agua/cemento .. 0,42

— Resistencia característica 175 kp/cm²

- Dosificación H-175/50
- Tamaño máximo de árido 50 mm
- Asiento 2 a 4 cm
- Cemento 300 kg/m³
- Agua/cemento .. 0,42

— Resistencia característica 150 kp/cm²

- Dosificación H-150/50
- Tamaño máximo de árido 50 mm
- Asiento 2 a 4 cm
- Cemento 250 kg/m³
- Agua/cemento .. 0,44

— Resistencia característica 200 kp/cm²

- Dosificación H-200/30
- Tamaño máximo de árido 30 mm
- Asiento 2 a 4 cm
- Cemento 300 kg/m³
- Agua/cemento .. 0,40

— Granulometrías empleadas (%).

Se realizaron ensayos previos a la ejecución de hormigones y sus componentes de acuerdo con lo previsto en la Instrucción EH-82, para cumplir con las exigencias de resistencia característica del proyecto. Durante la construcción se completarán sobre muestras con ensayos en hormigón fresco y endurecido, comprobando las resistencias a 7, 28, 90 y 365 días en probetas cilíndricas de 15 × 30 cm, y a los 28 y

SALTO DE VALPARAISO-RIO TERA (PROVINCIA DE ZAMORA)

Dosificación Tamaño mm	125/100 160 kg/m ³	180 kg/m ³	200 kg/m ³	150/100		150/50	175/50	200/30
Arena fina 0/1,2	19	17	16	16	16	20	20	25
Arena gruesa 1,2/5	9	8	9	9	9	13	13	20
Gravilla fina 5/12,5	11	12	10	8	10	13	13	17
Gravilla gruesa 12,5/30	22	22	21	18	21	34	34	38
Grava fina 30/50	16	18	22	25	20	20	20	—
Grava gruesa 50/100	23	23	24	24	24	—	—	—

90 días sobre probetas cúbicas de 30 × 30 × 30 cm, junto con otros parámetros característicos (peso específico, módulo de elasticidad, permeabilidad, retracción, etc.).

1.2. Tratamiento de la cimentación

Se ha realizado una consolidación de la unión presa terreno a través de diferentes secciones a lo largo de las galerías de presa con disposición de 5 a 6 taladros en abanico penetrando en la roca a una profundidad mínima de 5,00 metros. La absorción fue entre 5 y 10 kg de lechada por metro cúbico de roca y una media de 17,5 kg por metro lineal de perforación.

La impermeabilización de aguas arriba se ha realizado a través de una pantalla por medio de taladros cuya disposición se hizo mediante un detenido estudio de la geología estructural de

forma que se cortara el mayor número posible de discontinuidades del macizo rocoso, con una ligera inclinación hacia aguas arriba.

La separación entre ejes de taladros para la pantalla de impermeabilización fue de 8,00 metros y profundidades de 5,00 metros superior a las de consolidación, salvo las centrales cuya penetración en roca fue de 20,00 metros (entre bloques 11 al 25), y bajando a 35,00 m cada 5 taladros. Caso de que la permeabilidad fuera superior a un Lugeon se bajaba 5,00 metros más hasta que no se superase dicha unidad.

La admisión media fue de 19,3 kg por metro lineal.

1.3. Desagües de fondo

Sus características se reflejan en el cuadro 4 y figura (alzado y planta).



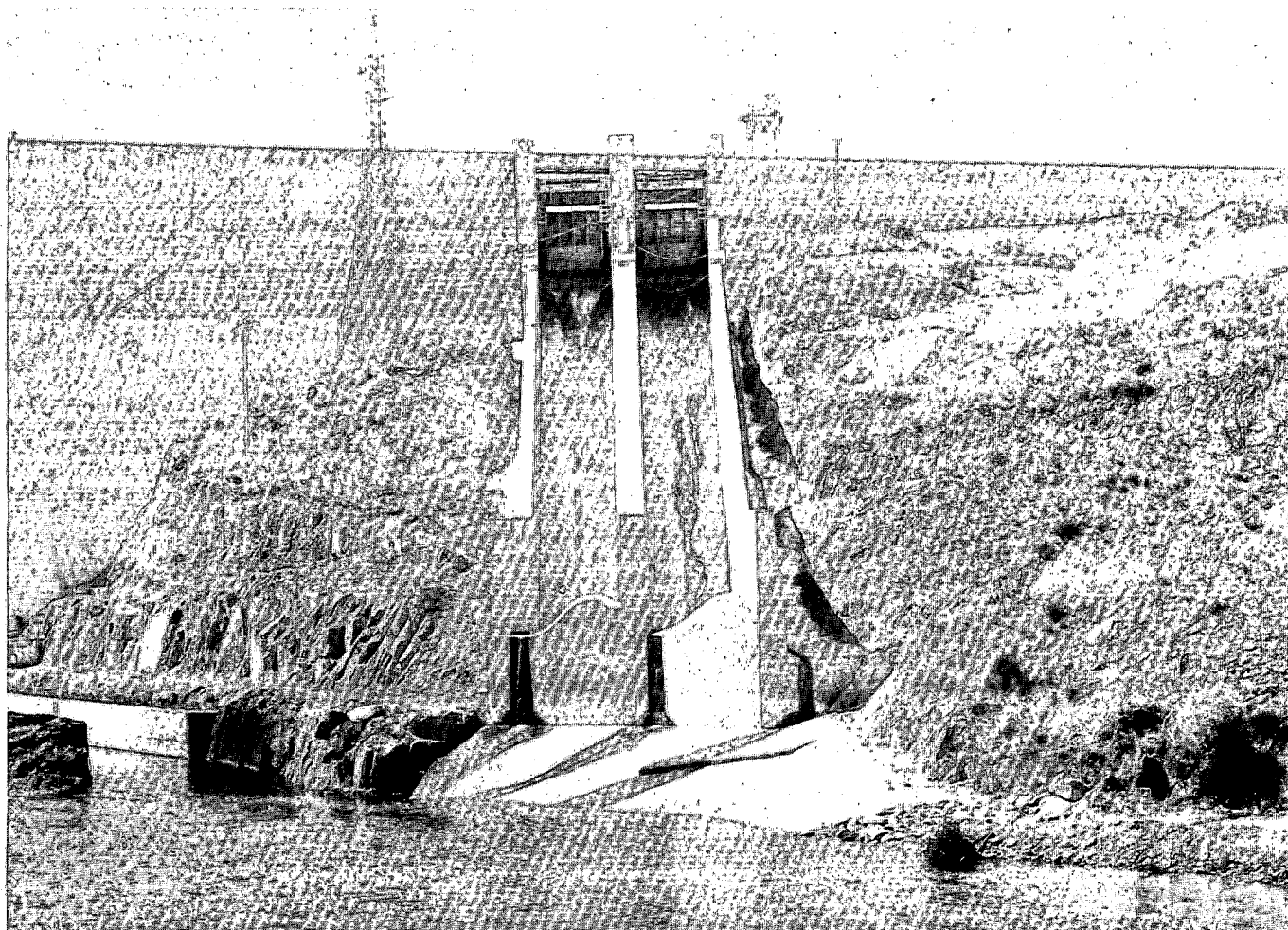
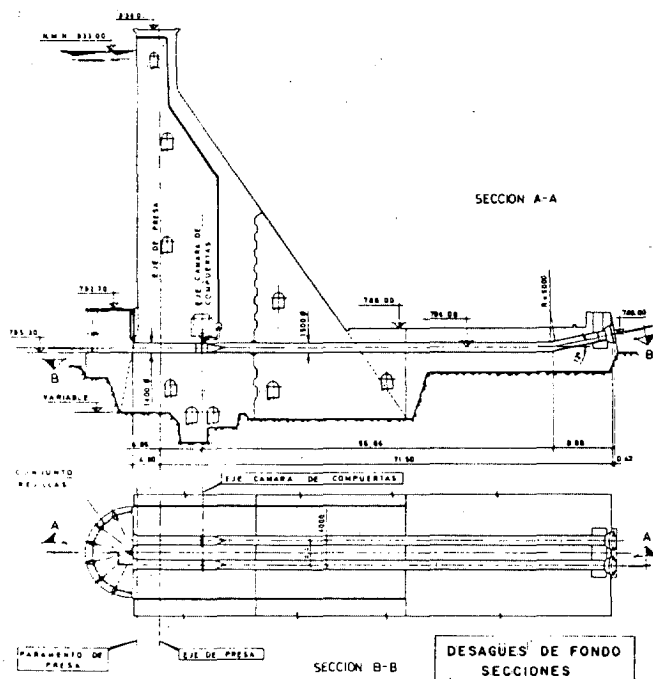
Central y Presa. Vista desde margen izquierda aguas abajo.



Presa. Vista desde aguas arriba.

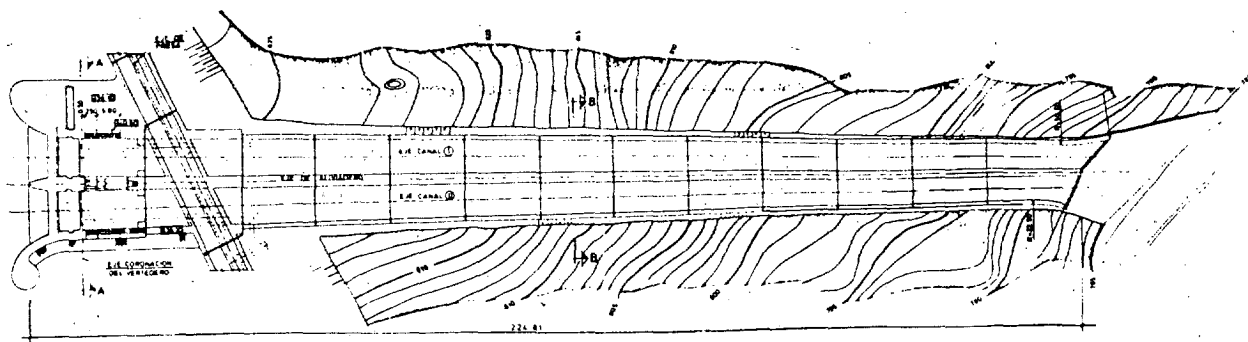
CUADRO 4

Carga de agua a máximo nivel normal (n.m.n.)	47,00 m
Capacidad de desagüe (n.m.n.)	70,00 m ³ /seg
N.º de desagües	2
Longitud de tubería	75,81 m
Diámetro de tubería	1,50 m
Compuerta deslizante	1,40 m×1,40 m
Válvula de chorro hueco	
— Diámetro	1,50 m
Superficie de rejillas - 7 paneles de 2,425 m × 7,4 m	125,6 m ²

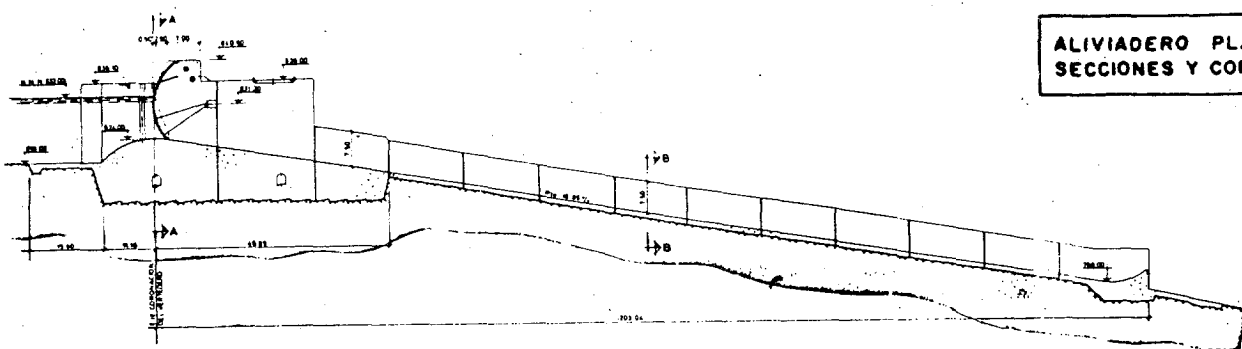


Aliviadero. Vista desde aguas abajo.

SALTO DE VALPARAISO-RIO TERA (PROVINCIA DE ZAMORA)

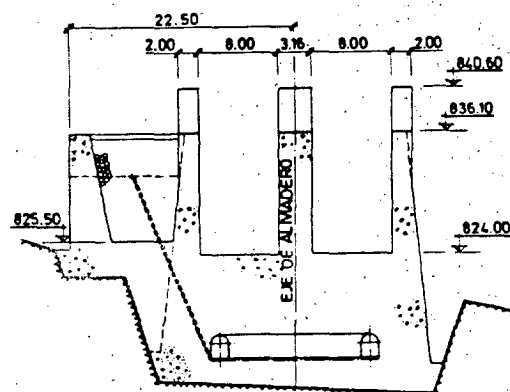
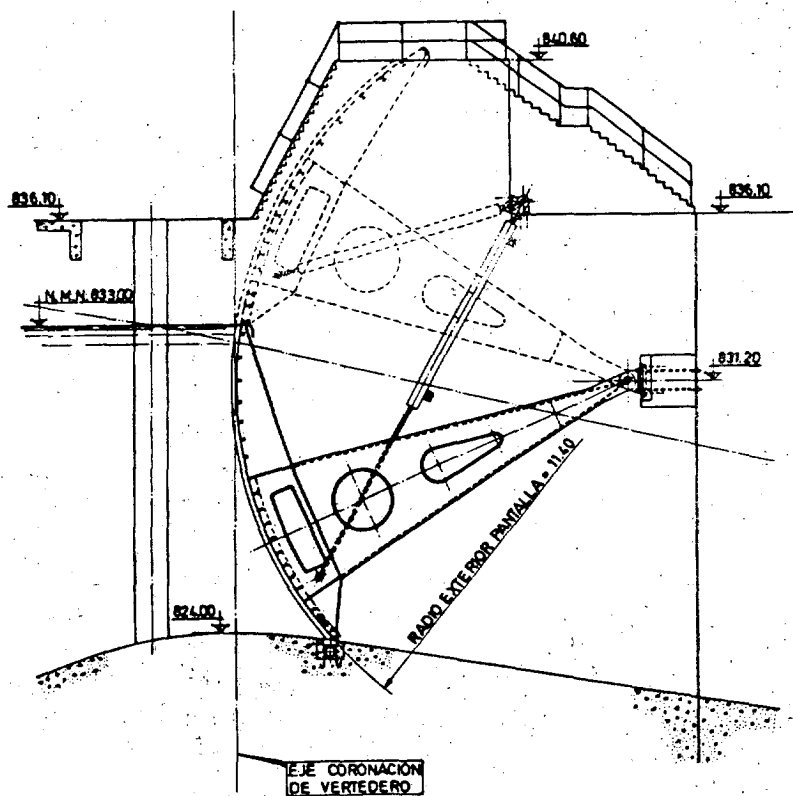


PLANTA

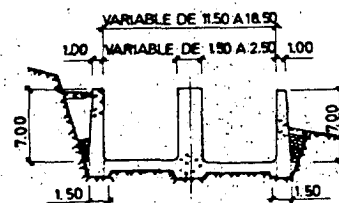


SECCION LONGITUDINAL
(POR EL CARRO II)

ALIVIADERO PLANTA
SECCIONES Y COMPUERTA



SECTION A-A



SECTION B-B

1.4. Aliviadero de superficie

Al darse preferencia a la ubicación de la Central en el cauce del río, debido al requerimiento de la maquinaria instalada, hubo que desplazar el aliviadero inicialmente previsto junto a la Central, después que así lo aconsejaron los ensayos realizados en el Laboratorio de Hidráulica, eligiéndose la solución adoptada de aliviadero lateral como la forma más idónea técnico-económica entre las analizadas.

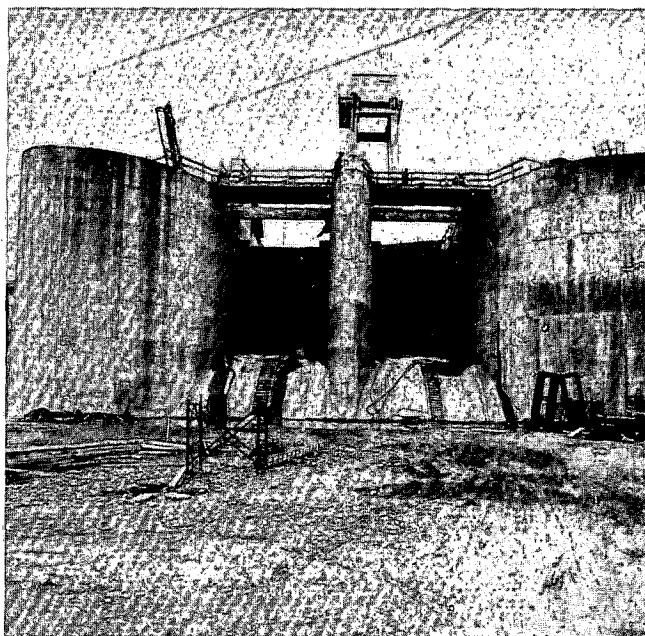
La alineación recta del aliviadero, obliga a cortar diagonalmente a la presa, con lo que se tuvo que acomodar la disposición de bloques, y dimensionar una galería de drenaje para evitar la subpresión contorneando la pantalla de impermeabilización. Se dispuso de artesas en las juntas que posteriormente fueron inyectadas incluídas las colindantes con los bloques de presa.

Las características son:

CUADRO 5

N.º de vanos	2
Ataguías en 3 paquetes de 8,00 x 3,00 m	
Pórtico grúa para manejo de ataguías de 20 toneladas.	
Compuertas Taintor rígidas de 8,00 m x 9,00 m, accionadas por servomotores.	
Servomotores tarados a una capacidad de 45 ton/unidad	
Cota de umbral	824,00 m
Caudal evacuado a máximo nivel normal	864,00 m ³ /seg
Máxima sobreelevación prevista	1,50 m
Caudal punta correspondiente a la avenida de 500 años	1.097 m ³ /seg
Caudal aliviadero:	
2 canales independientes	
Longitud	224,81 m
Sección	Variable
Trampolín de salida con volteo de lámina.	

Los valores de las avenidas quedan reducidos al establecerse una estrategia de desagüe conjunta, con resguardos en los embalses de



Aliviadero. Vista general de la embocadura.

Cernadilla y Valparaíso durante las épocas de ocurrencia probables (diciembre a febrero) y política de desagües, según la restitución del hidrograma entrante e información hidrológica.

Los criterios seguidos han sido de establecer curvas de garantía para optimizar las funciones de regadío y producción hidroeléctrica, siendo la laminación de avenidas compaginada con los destinos principales al añadir sobre la propia laminación en su máximo nivel normal que establece la Instrucción de Grandes Presas, los resguardos escalonados con la mínima pérdida de potencia.

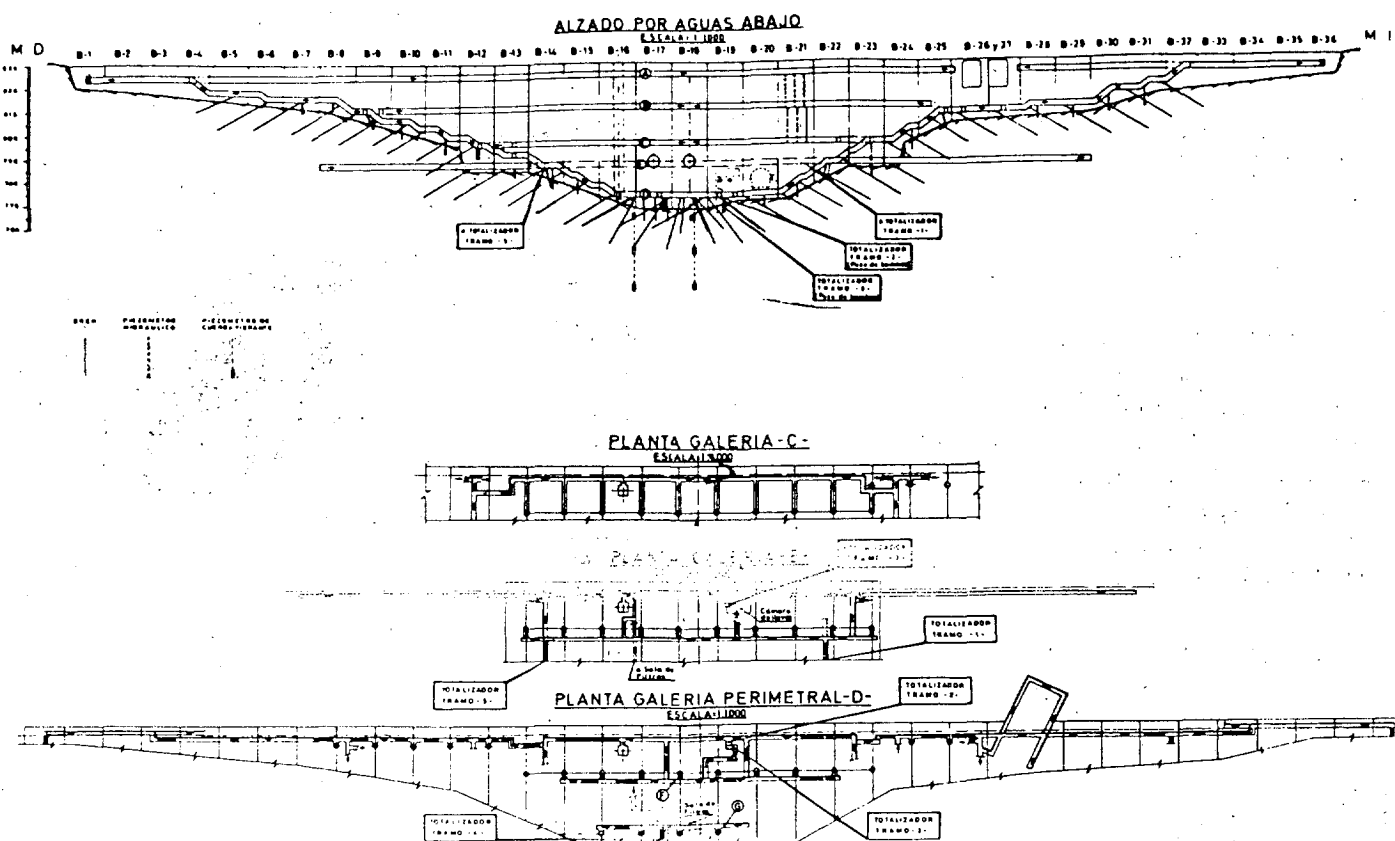
El estudio realizado y conclusiones serán objetos de un artículo aparte.

1.5. Sistema de auscultación

Para el seguimiento del comportamiento de la estructura y alojamiento de los elementos de medición interna, así como para facilitar el tratamiento de la cimentación y posibles reparaciones durante la vida de la instalación, se ha dispuesto de un sistema de galerías y pozos.

La galería perimetral, que recorre la presa próxima al paramento de aguas arriba y cimentación, ha servido para ejecutar la pantalla de inyección y consolidación, situar la pantalla de drenaje para inspección del comportamiento de

AUSCULTACION DE LA PRESA. SISTEMA DE GALERIAS. DRENAJE Y PIEZOMETROS



la junta roca-hormigón y aliviar la subpresión. En ella se han instalado parte de los piezómetros.

Otro sistema de galerías permite, a sus diferentes niveles, observar el comportamiento de la presa mediante análisis visual y realizar las mediciones de la mayor de los elementos instalados que se resumen en el cuadro 6.

1.6. Ascensor de presa

Para acceso al interior, independientemente de las entradas por las galerías, se ha instalado un ascensor situado en el Bloque 16 y que permite la comunicación con Central desde coronación, y cuyas características reseñan en el cuadro 7.

2. CIRCUITO HIDRAULICO

Consta de dos tomas y circuitos del cuerpo de presa, siendo las características fundamentales de cada unidad: las reseñadas en el cuadro 8.

Canal de desagüe

Un corto canal de desagüe de 35 m, en rampa, desde su empalme con el tubo de aspiración hasta la restitución del caudal al cauce del río, a la cota de umbral 781,50 m, tiene una submergencia de 6,50 m con relación al plano diametral de la cámara espiral (775,00 m) necesaria para evitar cavitaciones. La anchura es de 35,00 m, estando coronado lateralmente por cajeros de altura variable hasta la cota horizontal 783,00 m.

Por ser una instalación reversible (turbinado-bombeo), va equipada con estructura de rejillas de 12,00 m × 10,38 m por vano.

Dos ataguías de 9,00 m × 5,30 m con cierre hacia aguas arriba (según el sentido de circulación de agua en el turbinado); equipados con válvulas, permiten la revisión de grupos y llenado parcial de la tubería hasta la cota de aguas abajo. Estas ataguías son manejadas por el pescante del pórtico-grúa de Central.

CUADRO 6

Movimientos horizontales

- 2 Péndulos directos de 38,00 m
- 1 Péndulo directo de 52,00 m
- 3 Péndulos inversos de 35,00 m
- 12 Bases de coordinómetros
- 1 Coordinómetro (Coordiscope).

Giros transversales

- 1 Clinómetro

Movimientos verticales

- 105 Clavos de cabeza esférica. Nivelación.

Movimientos de juntas

- 71 Ternas de base para elongámetro -base 50 cm
- 1 Elongámetro.
- 14 Medidores de juntas, eléctricos tipo Carlson de 25 mm de rango.
- Puente Wheastone portátil.

Subpresión

- 35 Manómetros de glicerina de 0-6 kg/cm²
- 18 Piezómetros
- 1 Unidad de lectura.

Deformaciones del hormigón

- 16 Grupos de 5 extensómetros y 2 correctores.

Movimientos de la cimentación

- Extensómetros de varillas.
 - 8 Cabezas de extensómetro de 3 anclajes.
 - 1 Comparador digital
 - 600 m de varilla.

Temperatura

- 89 Termómetros de resistencia-medidas internas.
- 5 Termómetros de resistencia externa.
- 1 Medidor portátil de termómetros.

Durante la construcción se han tomado medidas en 50 termómetros de los 89 instalados para análisis de su evolución con el tiempo desde su puesta en obra del hormigón.

Exterior

Estación meteorológica.

CUADRO 7

Carga útil	450 kg
Velocidad nominal	1,5 m/seg
Recorrido	46,52 m
N.º de paradas	5

Maniobra: selectiva en subida y bajada controlada por Micro-Procesador.

Control de velocidad: mediante variación de tensión por tiristores.

Accionamiento: mediante motor de corriente alterna de 9,2 kW y reductora de tornillo sin fin.

CUADRO 8

- Estructura de rejillas. En cajón de 4 vanos con una superficie de 97,45 m² en cuatro paneles de 2,037 m x 11,96 m.

- Ataguía de 7,04 m x 4,00 m.

Accionamiento de la ataguía mediante pórtico-grúa de 16 ton.

- Compuerta de vagón de 4,727 m x 4,00 m.

Accionamiento de la compuerta mediante servomotor de 5.500 mm de recorrido y 110 ton de esfuerzo al despegue.

Tiempo de apertura: 20 minutos.

Tiempo de cierre: 2 minutos.

- Transición metálica de sección rectangular de 4,727 m x 4,00 m a circular de 4,00 m de diámetro.

- Tubería forzada de 4,00 m de diámetro, acero A-410b, espesor 16 mm, longitud 51,3 m.

- Transición troncocónica de 4,00 m a 3,40 m de diámetro en la entrada de la cámara espiral.

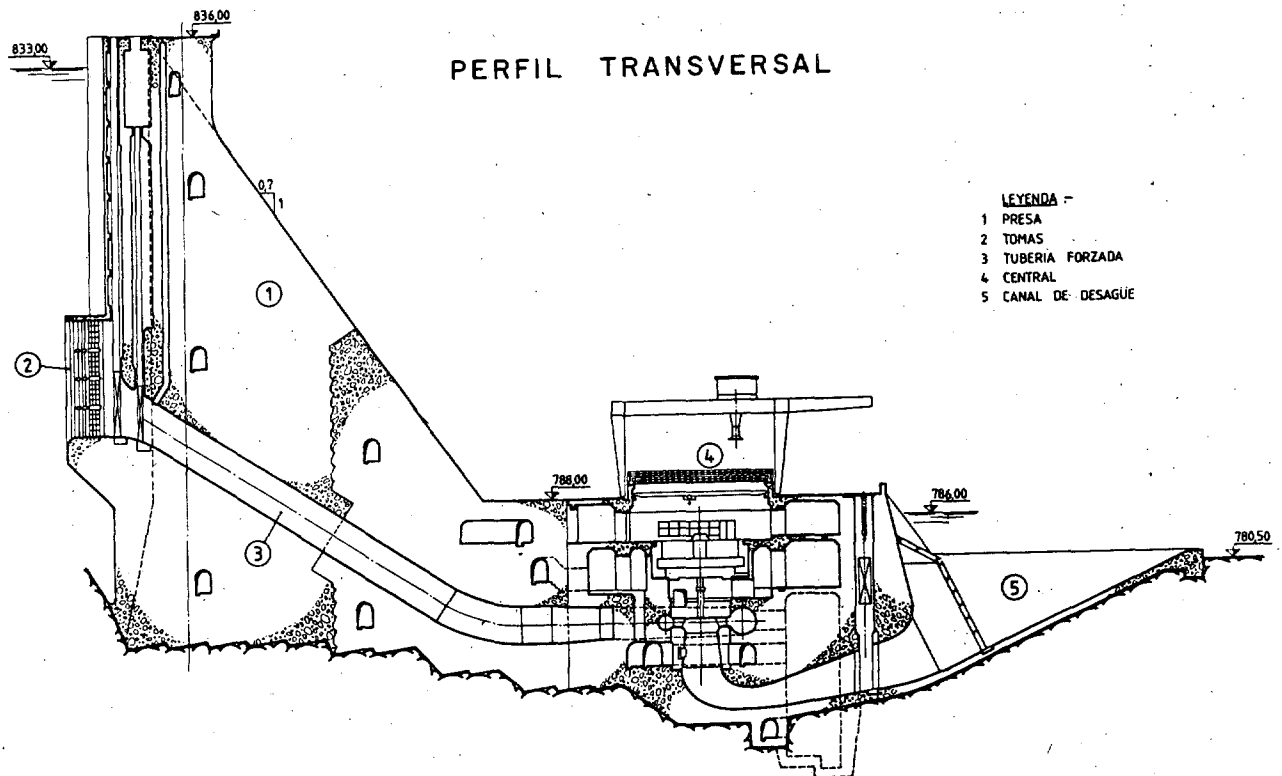
bomba/generador-motor reversibles de 33.750 kW/unidad.

La cubierta de 15 m x 45 m se ha realizado a base de 4 tapas telescópicas dos a dos, siendo motorizadas dos de ellas, para evitar la parte superior del edificio en beneficio de la economía.

El medio de elevación y transporte usado para el montaje y posterior explotación es un pórtico-grúa de 110/15 ton, 16 m de luz y 9,00 m de altura.

3. CENTRAL

La estructura de la Central situada a pie de presa, separada por una junta longitudinal inyectada, aloja dos grupos compactos turbina-



Las ataguías del desagüe se manejan a través de un pescante del mismo pórtico-grúa, mediante un voladizo de 8,9 m y 25 ton de carga, siendo el recorrido del gancho de 31,00 m.

Un puente-grúa auxiliar recorre longitudinal-

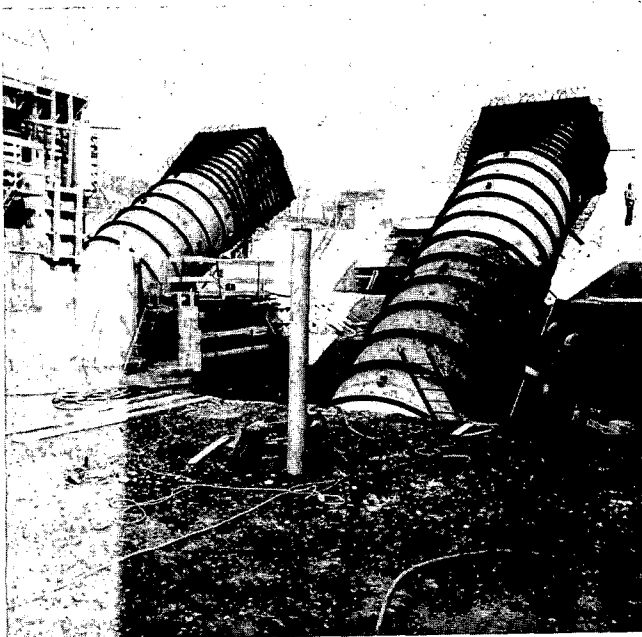
mente la Central en su interior siendo sus características:

- Luz 14,00 m
- Capacidad de carga 5 ton
- Altura del gancho sobre el suelo 4,00 m

Las novedades más importantes introducidas en el diseño del equipo electromecánico dentro de los aprovechamientos de IBERDUERO, S. A. consisten en la incorporación de una válvula cilíndrica en el cuerpo de la turbina y el arranque directo de las bombas con equipo de desanegado del rodete.

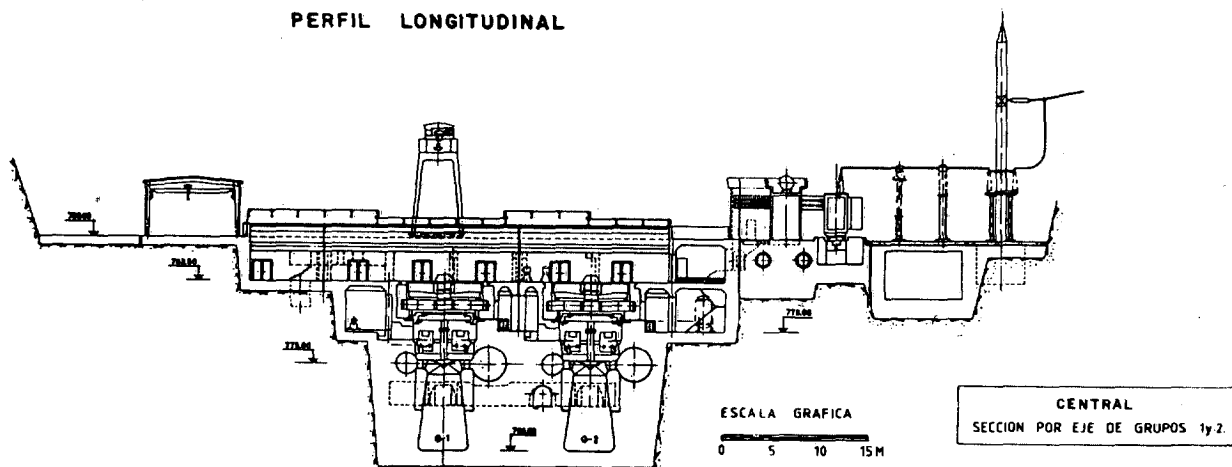
Para el arranque del grupo como bomba se ha adoptado la disposición de arranque directo asíncrono. La secuencia de la operación se realiza conectando el motor directamente a la red, con el rotor en cortocircuito sobre la resistencia de arranque. Alcanzada una velocidad próxima a la de sincronismo, se desconecta la resistencia de arranque y se conecta la excitación pasando a funcionar como motor síncrono.

En los cuadros adjuntos se dan las características del equipo principal electromecánico.



Presas. Tuberías forzadas.

PERFIL LONGITUDINAL



3.1. Turbinas-Bombas (2)

CUADRO 9

Turbina

- Tipo: Francis reversible de eje vertical.
- Potencia instalada 34.105 kW
- Caudal máximo 79,85 m³/seg
- Salto bruto máximo 51,50 m
- Velocidad nominal 187,5 r.p.m.
- Velocidad de embalamiento . 320 r.p.m.
- Sobrevelocidad -plena carga . 262 r.p.m.
- PD² 243/173 ton m²
- Peso del rodete 20 ton

El rodete en acero fundido inoxidable con una comparación de 13 por ciento Cr y 4 por ciento Ni, tiene cinco álabes.

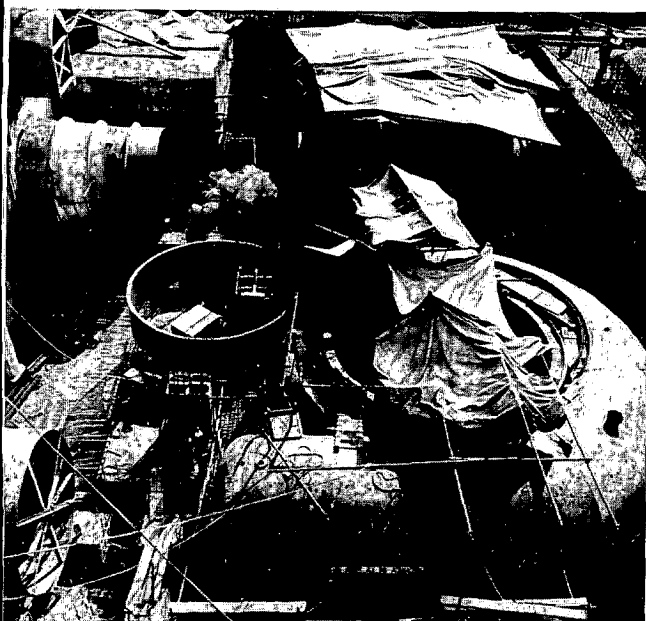
Los 22 álabes directrices son estampados, habiéndose utilizado como material X5 Cr Ni 13,4.

Bomba

- Altura de impulsión 49,37 m
- Caudal 55,7 m³/seg
- Potencia absorbida 29.742 kW
- Tiempo de desanegado .. 1,5 min
- Duración del anegado 2 min

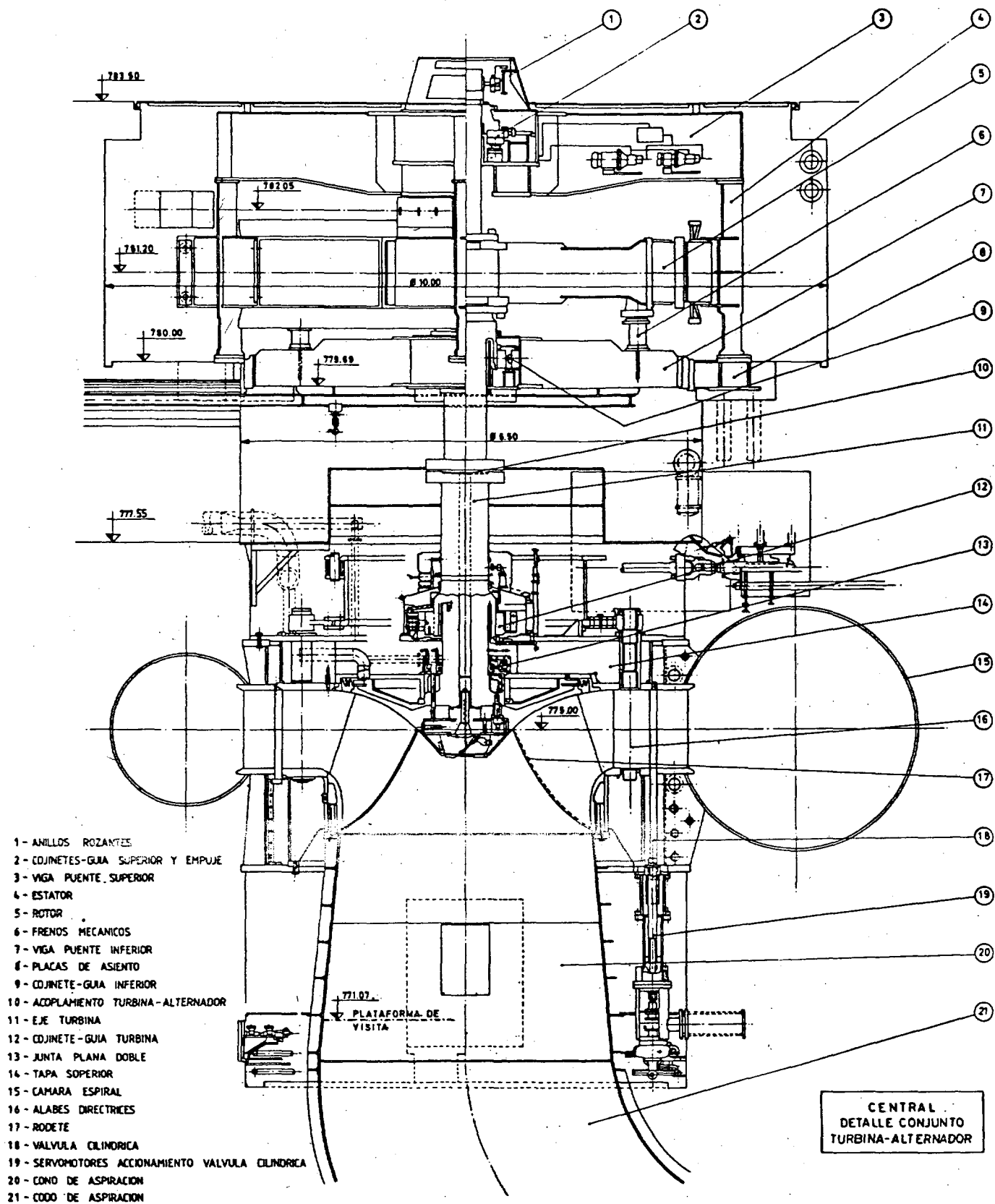
Válvulas cilíndricas (2)

- Altura de válvula 1.060 mm
- Diámetro exterior 5.256 mm
- Sistema operación Oleohidráulico
- 4 Motores hidráulicos de tornillo, cilíndrica 0,98 dm³/vuelta, 106 vueltas 1.060 mm.
- 4 Cadenas de sincronismo, duplex formando bucle.
- Tiempo de apertura 92 seg
- Tiempo de cierre 60 seg
- Accionamiento: Unidad de aceite a presión.
- 2 Motobombas principales ... 55 kW
- 1 Motobomba auxiliar 7,5 KW
- Tensión 3×380 V/50 Hz
- Tanque de aceite con válvulas distribuidoras 3.000 l
- 1 Acumulador nitrógeno-aceite.
- 1 Batería de 40 botellas de nitrógeno.
- Cuadro de válvulas distribuidoras.



Cámara espiral. Vista de los dos grupos.

SALTO DE VALPARAISO-RIO TERA (PROVINCIA DE ZAMORA)



Equipo de desanegado

- 2 Compresores de aire de cuatro etapas.
Capacidad 211 m³/h
Presión de aspiración 1 bar
Presión de descarga 45 bar
Potencia consumida en el eje 33 kW
- 2 Motores eléctricos de accionamiento, trifásicos 3 × 380 V, 50 Hz y 45 kW.
- 1 Depósito de reserva de aire comprimido de 500 l, presión de servicio 45 bar.
- Acumuladores para los dos grupos con reserva para tres desanegados sucesivos y capacidad de 5 m³/c.u.

Sistema de regulación

a) Aire comprimido.

- 2 Compresores de aire de tres etapas refrigerados por aire.
 - Caudal 33,5 m³/seg
 - Presión 55 bar
 - Potencia en el eje 8 kW
 - Potencia del motor 11 kW
- Depósito de 500 litros a 50 bar.

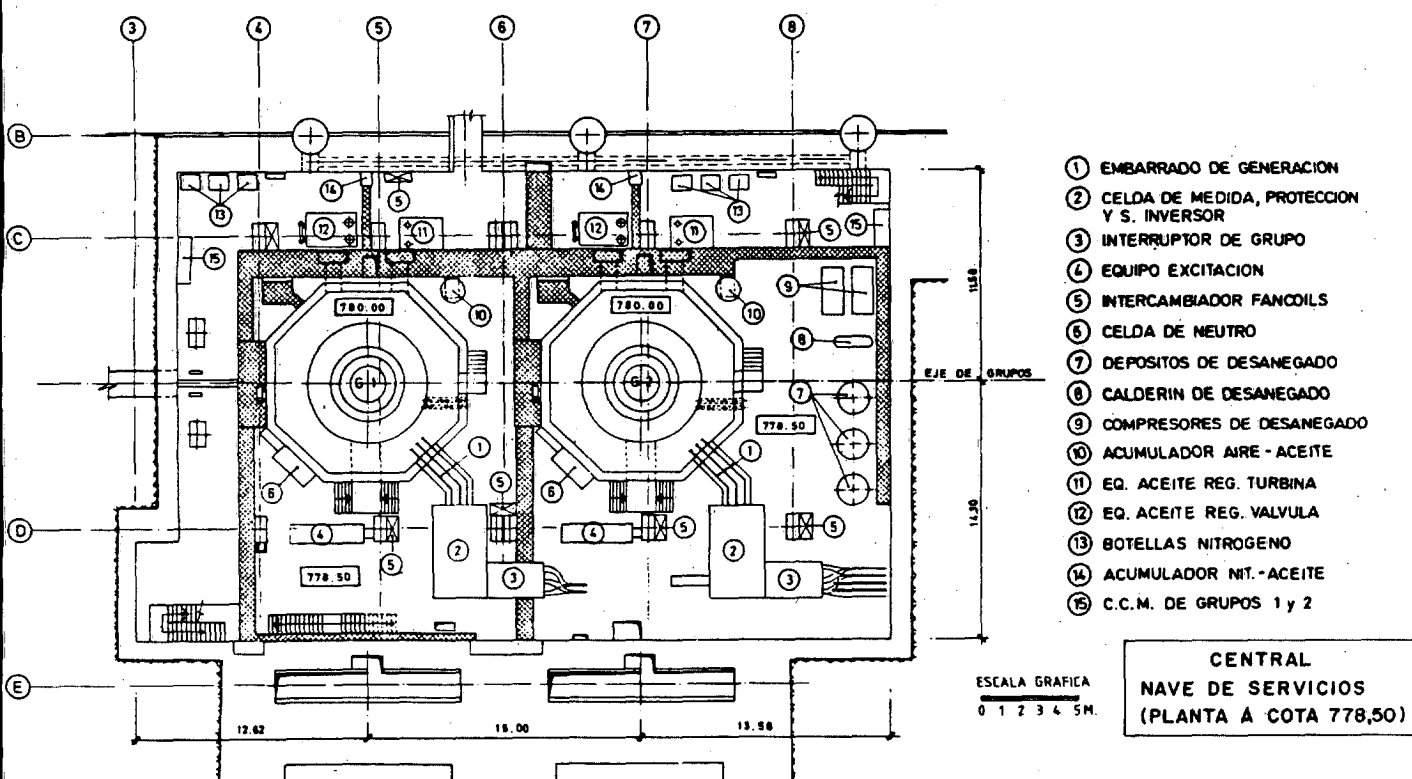
b) Unidad de aceite.

- 1 cuba de capacidad 2.500 l
- 2 Bombas de tornillo.
 - Caudal 146 l/min
 - Presión 50 bar
 - Potencia en el eje 14,8 kW
 - Potencia del motor 18,5 kW
- 1 Acumulador aire-aceite de 3.000 l a 50 bar.
- 2 Servomotores de accionamiento a presión nominal 50 bar.

Regulador electrónico MIPREG-500

Los diferentes elementos que componen el sistema por microprocesador están enlazados por un «bus» que permite el intercambio de información entre ellos. Mediante una secuencia, que se repite muy rápidamente, interroga los elementos de entrada, ejecuta los cálculos en función de los parámetros contenidos en la memoria y transmite los valores encontrados a los elementos de salida.

El esquema de principio es de regulación de velocidad P + I + D y de potencia P + I con integrador hidromecánico.



Transductor de velocidad

Existen dos grupos de dos captadores magnéticos fijos, dispuestos simétricamente alrededor del árbol de la máquina, con una separación de forma que el tiempo de paso de un electroimán entre dos captadores corresponda al período de rotación de la máquina.

Transductor de potencia

Vatimétrico. Mide potencia activa del alternador.

El valor máximo corriente de salida 5 mA, correspondiente al 105-110 por ciento de la potencia normal de la máquina.

Desviación. Diferencia entre el valor de consigna y del transductor.

3.2. Generadores-Motores (2)

Alternador síncrono trifásico de eje vertical con polos salientes, autoventilado con refrigeración incorporada aire-agua.

El estátor se fija a la cimentación mediante ballestas elásticas con la finalidad de reducir esfuerzos.

La alimentación de las bobinas polares se realiza mediante un sistema estático de excitación, a través de escobillas y anillos rozantes.

El devanado del estátor dispone de seis terminales accesibles, tres de salida a línea y tres al punto neutro (estrella).

Un juego de frenos, combinado para frenado y levantamiento, permiten detener la máquina y levantar el rotor. (Cuadro 10).

Cojinete combinado de empuje y guía

Consiste en un mangón montado sobre el árbol, fijado en su parte inferior al anillo espejo compuesto de doce segmentos de deslizamiento que son de guía y ocho segmentos para el empuje.

Los segmentos deslizantes del cojinete se ajustan independientemente con un tornillo de regulación previsto para este fin.

Los segmentos deslizantes guía están ajustados radialmente mediante chavetas y situados de forma que los esfuerzos radiales se transmitan a los brazos de la viga sin desviación.

CUADRO 10

— Potencia aparente nominal (para AT = 60° C)	34 MVA	
— Potencia aparente nominal (para AT = 80° C)	39,1 MVA	
— Potencia activa nominal	30,6 MW	
— Potencia reactiva nominal ...	14,82 MVAR	
— Factor de potencia	$\cos\varphi = 0,9$	
— Tensión nominal	15.000+10 % V	
— Corriente nominal	1.308,7 A	
— Frecuencia	50 Hz	
— Número de polos	32	
— Velocidad nominal	187,5 r.p.m.	
— Velocidad de embalamiento ..	320 r.p.m.	
— Factor de inercia (PD ²)	2.200 Tm ²	
Reactancias	Saturada	No saturada
Síncrona longitudinal X_d ..	93 %	102 %
Síncrona transversal X_q ..	63 %	67 %
Transitoria longitudinal X'_d ..	24 %	26 %
Subtransitoria longitud. X''_d ..	16 %	19 %
Monopolar X_0	8 %	10 %
Inversa X_2	19 %	24 %
— Relación de cortocircuito	1,08	
— Valores de cortocircuito:		
• Máximo asimétrico	20,6 kA	
• Entre tres fases	2,5 kA	
• Entre dos fases	3,6 kA	
— Peso total del generador-motor	220 ton	
— Peso del rotor	95 ton	
— Peso del estátor	60 ton	
— Diámetro del rotor	6.070 mm	
— POTENCIA MAXIMA DEL GRUPO TURBINA-ALTERNADOR	33.750 kW	

3.3. Transformadores

CUADRO 11

— Número	1
— Tipo	Trifásico
— Refrigeración	ONAN/ONAF
• ONAN	52,5 MVA
• ONAF	75 MVA
— Potencia nominal	75 MVA
— Relación de transformación AT/BT 230 kV + 2×2,5+10 % / / 15 - 15 kV	
— Conexión	YNd11
— Tensión c.c. 230/15 kV	12 %
— Nivel de aislamiento (BIL), arrolamiento A.T.	1.050 kV
— Peso total en orden de servicio	123,5 ton
— Peso para el transporte pieza principal	75,5 ton

3.4.- Cables de potencia

La unión de las celdas de máquina con los transformadores de potencia, se hace mediante cables de las siguientes características:

CUADRO 12

— Conductor	Cobre
— Aislamiento	Seco
— Tensión de régimen	15 kV
— Frecuencia	50 Hz
— Sección efectiva	2 x 630 mm ²
— Nivel de aislamiento	96 kV

3.5. Operación - Cuadros de control

La central está diseñada para operar sin personal, de modo totalmente automático, mediante las órdenes transmitidas desde el Despacho Central de Maniobras (DCM).

En los cuadros instalados en la sala de control de la Central se dispone, en adición al equipo de automatización, de los dispositivos necesarios para el arranque manual en generación y bombeo asíncrono y para la supervisión del funcionamiento de la instalación por medio de equipos modernos de registro, señalización y de alarmas.

El equipo de automatización instalado para cada grupo, basado en la tecnología digital programable, desarrolla las funciones de automatización de las secuencias de arranque y parada y el registro cronológico de alarmas.

Los programas de arranque y parada incorporados son los siguientes:

- Generador excitado a velocidad y tensión nominales.
- Generador acoplado a la red.
- Generador a plena carga.
- Bomba mediante arranque asíncrono directo.
- Parada generador.
- Parada bomba.

Se dispone de una pantalla (VDU) para seguir, de forma detallada, el desarrollo de la secuencia de arranque activada.

Asimismo, el registro cronológico de alarmas es proporcionado por medio de una impresora rápida que en texto amplio y claro imprime cronológicamente los incidentes detectados dentro de una ventana superior a los 20 m.

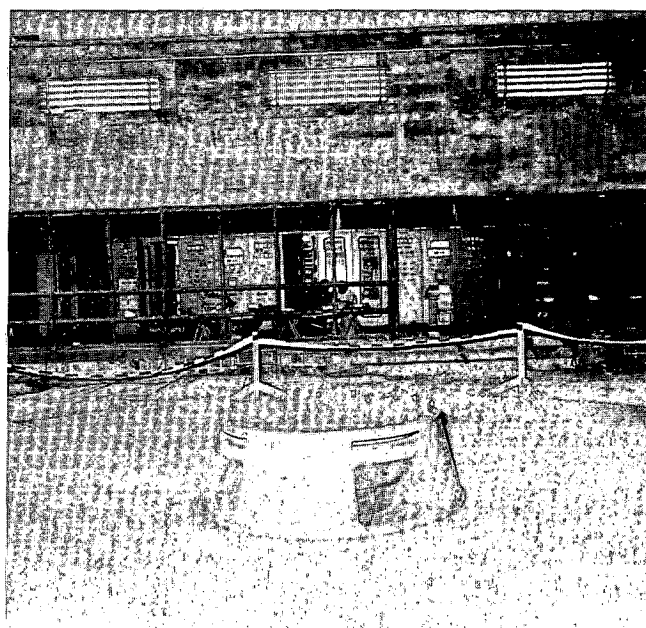
Con el selector de modo de servicio del Automatismo en «automático» la selección y activación de los programas de arranque y parada puede ser realizada:

- a) Con el selector de control de grupo en «local», desde el propio Panel de Automatismo.
- b) Con el selector de control de grupo en «remoto», desde el DCM.

Una vez acoplado el generador a la red, la regulación de las potencias activa y reactiva puede ser realizada:

- a) Con el selector de control de grupo en «local», desde el Panel de Regulación de Potencia.
- b) Con el selector de control de grupo en «remoto», desde el DCM, mediante las consignas elaboradas, en el caso de la potencia activa, por el sistema de Control Automático de Generación.

Las órdenes transmitidas desde el DCM son proporcionadas por el Terminal Programable de Comunicaciones (PTU) localizado en la insta-



Central. Nave de alternadores. Vista del grupo II, al fondo el cuadro.

lación, que recoge, asimismo, las señales, alarmas y medidas más importantes para su transmisión al DCM.

En servicio de bombeo, el regulador controla la posición del distribuidor por medio del gobierno del limitador de apertura, utilizando una función programable de optimización del rendimiento que elabora continuamente el valor de la consigna de apertura de acuerdo con el salto bruto.

3.5.1. Estructura del Sistema de Control

Corresponde a una estructura funcional jerarquizada y descentralizada, siendo los niveles operativos los siguientes:

1. Nivel de mando del grupo.

Asignado al Automatismo de arranque y parada.

2. Nivel de mando de subsistemas.

Corresponde al control funcional, independiente, de cada uno de los subsistemas eléctricos y mecánicos relativos a la maquinaria electromecánica principal y servicios auxiliares.

3. Nivel de mando individual.

Disponible localmente en las proximidades de los equipos correspondientes.

3.5.2. Estructura del Sistema de Protección

El Sistema de Protección ha sido diseñado para realizar una detección rápida, segura y selectiva de los defectos o condiciones límite de funcionamiento de la maquinaria electromecánica y de los incidentes operativos de la Central, así como para desarrollar las acciones protectoras necesarias para llevar a la instalación a una situación estable y segura.

Para ello, se han incorporado dos Subsistemas de Disparo:

a) Subsistema de Disparo por defecto mecánico.

b) Subsistema de Disparo por defecto eléctrico.

Cada uno de estos subsistemas dispone de dos canales independiente para las funciones de iniciación y activación. Estos dos niveles de redundancia se han obtenido, duplicando los dispositivos de detección o bien aplicando cri-

terios funcionales, de forma que si un defecto puede ser detectado por dos parámetros diferentes, los detectores correspondientes son asignados a canales redundantes.

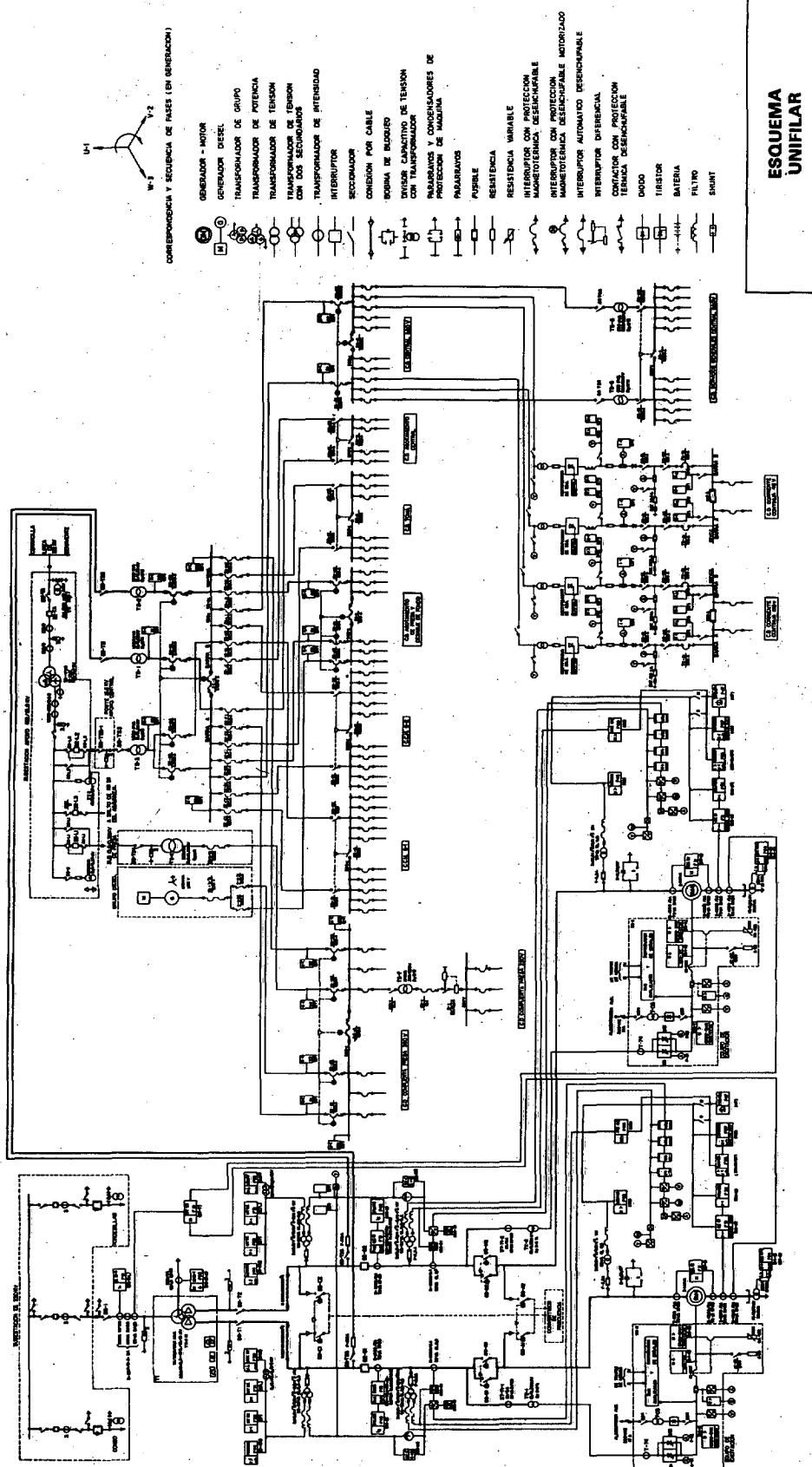
La alimentación eléctrica de los dos canales de cada subsistema se realiza desde dos fuentes de 125 V c.c.

Los defectos mecánicos son detectados por transductores de presión, nivel, temperatura, velocidad, etc., instalados en los sistemas mecánicos de la maquinaria electromecánica y sus subsistemas auxiliares correspondientes.

Para la detección de los defectos eléctricos se ha instalado un sistema de protecciones estáticas (electrónicas), equipado con matrices de disparo y de bloqueos que facilitan y simplifican los circuitos operativos correspondientes.

En concreto, las protecciones eléctricas instaladas son:

- Protección diferencial del generador.
- Protección diferencial del bloque generador-transformador.
- Protección de faltas a tierra estátor del 100 por ciento.
- Protección de máxima tensión.
- Protección de máxima tensión - mínima intensidad.
- Protección de pérdida de excitación y sincronismo.
- Protección de cargas asimétricas.
- Protección de retorno de energía.
- Protecciones del equipo de la excitación.
- Protección multifunción del motor.
- Protección de mínima tensión.
- Protección de mínima frecuencia.
- Protección de mínima potencia.
- Protección de faltas a tierra en barras de generación.
- Protección de sobreintensidad del neutro del transformador.
- Protección de sobreintensidad de línea.
- Protección diferencial de hilos piloto de línea.



3.6. Servicios auxiliares - Sistemas eléctricos

Representados en el esquema unifilar, comprende dos sistemas de corriente alterna a tensiones de 380 V y 220 V y dos de corriente continua de 125 V y 48 V respectivamente.

El sistema de media tensión de 380 V se utiliza para fuerza principalmente y el de 220 V para alumbrado.

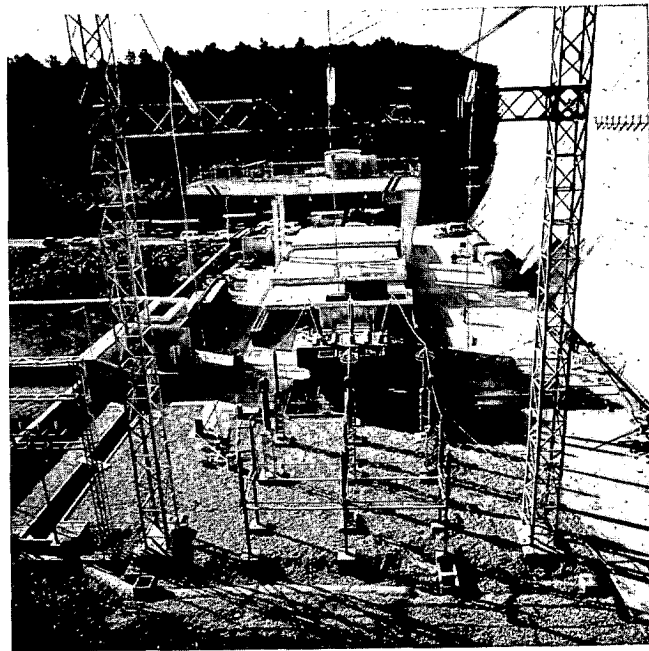
En corriente continua se usan para control y protecciones, utilizándose además el de 125 V para alumbrado de emergencia.

Para suministro de la energía necesaria, en corriente alterna, se dispone de tres fuentes:

a) Subestación de apoyo de 132/13,8 kV de la línea de 132 kV de Cernadilla a Benavente, mediante una transformación primaria de 132 kV a 13,8 kV por transformador de 18 MVA, y una semejante reducción de tensión mediante transformador de 1600 KVA, de 13,8 kV a 0,4 kV.

b) De la salida de cada grupo (tensión de generación 15 kV) mediante dos transformadores de 1.600 kVA, relación 15/0,4 kV.

c) Grupo Diesel (alimentación de emergencia) de arranque automático con motor de 200 CV

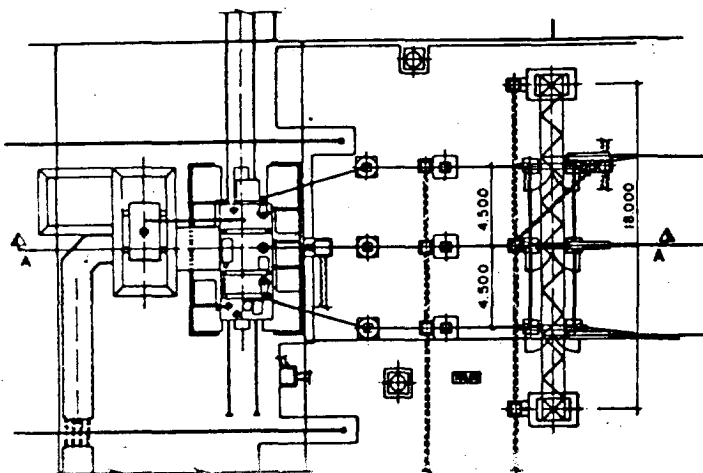


Parque de 220 kV.

que arrastra un generador de 170 kVA, a 380 V. Suministra energía a las compuertas de presa, centro de distribución del agotamiento de presa y desagües de fondo.

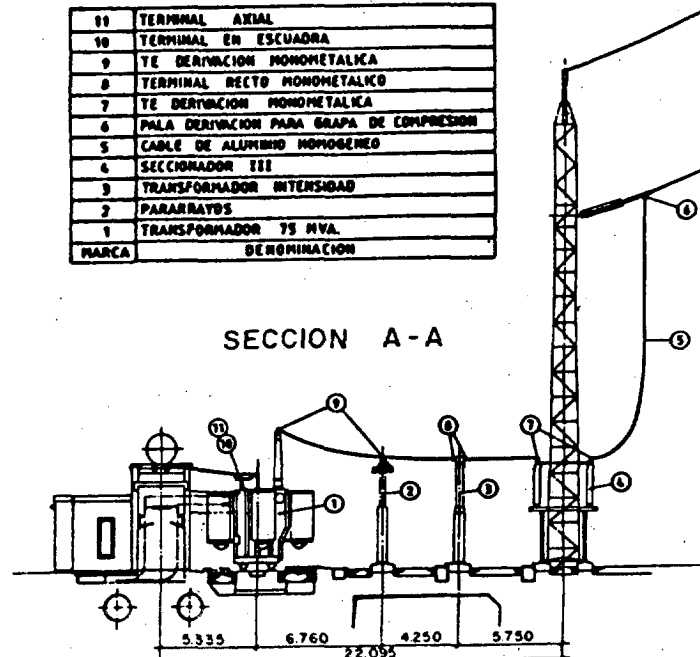
El centro de distribución de barras primarias recoge las tres alimentaciones de media tensión

PLANTA



11	TERMINAL AXIAL
10	TERMINAL EN ESCUADRA
9	TE DERIVACION MONOMETALICA
8	TERMINAL RECTO MONOMETALICO
7	TE DERIVACION MONOMETALICA
6	PALA DERIVACION PARA GRAPA DE COMPRESION
5	CABLE DE ALUMINIO HOMOGENEO
4	SECCIONADOR III
3	TRANSFORMADOR INTENSIDAD
2	PARARRAYOS
1	TRANSFORMADOR 75 MVA.
PARCA	DERIVACION

SECCION A-A



SALIDA DE LINEAS

a) y b) y las distribuye a los centros locales de distribución y a los de control de motores, siendo cada una de las alimentaciones capaz de alimentar a todos los servicios auxiliares de la Central y Presa.

Se suministra energía a la toma de aguas, aliviadero de presa, servicios generales de Central, agotamiento de Central, agotamiento de Presa y desagüe de fondo, centro de control de motores de los grupos I y II y centro de distribución de central 380 V.

Para el sistema de corriente continua se dispone de dos equipos rectificadores-baterías y el centro de distribución principal.

Los rectificadores son puentes de semiconductores con control automático. Cada rectificador es capaz de asegurar el consumo máximo de la instalación o de cargar a fondo una batería.

Cada batería está conectada en tampón con un rectificador, siendo capaces de mantener operativos los servicios de emergencia durante cinco horas.

El centro de distribución principal es del tipo de barra partida enlazada. Cada semi-barra se alimenta de un equipo rectificador-batería y desde éste se distribuye a los centros locales.

3.7. Salida de líneas - Parque de alta tensión

En la explanada a pie de presa y en la zona derecha del foso de Central, vista desde aguas abajo, va situado el aparellaje de salida con los siguientes elementos:

Caseta de seccionadores de los grupos a las barras de unión a los terminales en baja del transformador principal de potencia, único para ambas máquinas con doble devanado en baja.

1 Transformador de 75 MVA, 230/15/15 kV.

3 Pararrayos tipo MWL-184-245 kV.

3 Transformadores de intensidad tipo CTF-245E, 600-300/5-5-5 A.

1 Seccionador de 245 kV, 1.250 A con 1 P.A.T.

La salida se hace a través de una estructura metálica porticada de apoyo de la línea, inter-

conectando ésta con la Subestación de 220 kV, donde va situada la posición del interruptor de grupos y las posiciones de línea de Conso y Tordesillas a 220 kV.

4. CONSIDERACIONES VARIAS

4.1. Administrativas

El salto de Valdeparaíso forma parte de una concesión integral otorgada a IBERDUERO, S. A. del tramo de río Tera entre Puebla de Sanabria y Vega de Tera por O.M. del 17-03-58, modificada por OO.MM del 10-11-71, 10-04-75, rehabilitada el 25-11-81 y aprobadas las variaciones introducidas en el desarrollo del Proyecto el 6 de julio de 1988 por parte del M.O.P.U. y el 28 de julio de 1988 por el M.I.E.

Como consecuencia de diversas vicisitudes se fue demorando la construcción del segundo Salto, lo que originó modificaciones del Proyecto para adaptarse a las necesidades del mercado eléctrico nacional y de riesgos, dentro de una optimización del tramo susceptible de aprovechamiento hidroeléctrico.

Por otra parte las experiencias adquiridas en otras instalaciones en donde, por la imposibilidad de embalsar, se tuvo que soportar una fuerte carga económica dio lugar a que IBERDUERO, S. A. se hiciese un planteamiento de condicionar la contratación principal a tener previamente una garantía de adquisición de terrenos, acuerdos de traslados y restitución de servidumbres. En el caso del Salto de Valparaíso tuvo las dificultades añadidas de los condicionantes de los plazos de ejecución por concesión y la tremenda parcelación del embalse y zona de obras con 7.000 parcelas, y un conjunto de aproximadamente 11.000 expedientes.

4.2. Impacto ambiental

La obligatoriedad de presentar un estudio de impacto ambiental como prescribe el Real Decreto 1302/86 del 28 de junio, desarrollado a partir de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 85/377/CEE de 1985, es efectiva desde el 1 de julio de 1988.

El artículo 90 de la Ley de Aguas de agosto

29/1985, con entrada en vigor a partir de 1 de enero de 1986 establece la necesidad de presentar una evaluación de los efectos ambientales en las tramitaciones concesionales que afecten al dominio público hidráulico.

Aunque siempre se han tenido en cuenta la incidencia de las instalaciones hidráulicas en el entorno en sus aspectos físicos, biológico y socio-económico, una sensibilidad mayor por estos temas llevó a IBERDUERO, S. A. a realizar estudios más profundos, con antelación a la salida de las Leyes y Decretos, haciendo más incidencia en aquellas instalaciones hidroeléctricas en las que el embalse fuera uno de sus elementos importantes.

El Salto de Valparaíso es uno de los ejemplos en los que se ha realizado, desde su decisión definitiva de construcción en 1982, estudios de impacto ambiental en base a la metodología definida por el Comité Nacional de Grandes Presas, con la matriz causa-efecto de Leopold.

En relación con los estudios desarrollados se han tomado una serie de medidas respecto al entorno, previos comentarios y conformidad de los Organismos competentes, con el objetivo de la menor alteración del medio y contaminación. Así podemos citar, entre otras, las medidas siguientes, contempladas en el Plan Cautelar:

a) Paisaje.

— Explotación de graveras. Dentro de las zonas analizadas se eligieron aquellas situadas aguas arriba de la presa, en zona de embalse. Los caminos de acceso se situaron en su mayor parte dentro de la zona que posteriormente sería cubierta por las aguas.

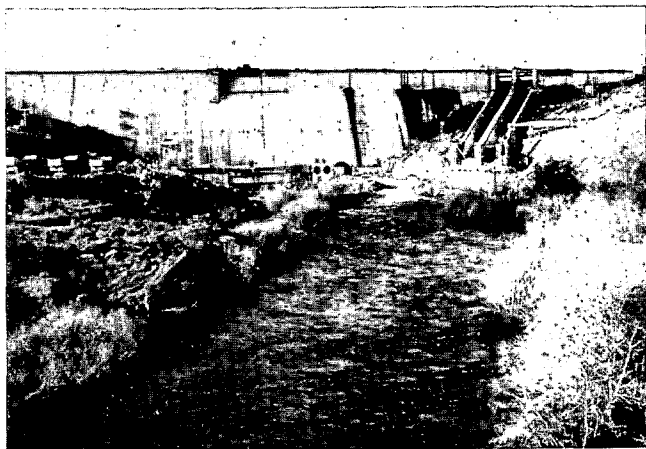
— Escombreras. Se han dado taludes acordes con la morfología del entorno, recogiendo tierra vegetal para la cubrición en su estado final y siembra.

b) Contaminación.

Desforestación parcial del vaso

La finalidad perseguida fue evitar en lo más posible la pérdida de calidad de las aguas, fundamentalmente la de fondo que será extraída por los desagües profundos para los caudales ecológicos.

A pesar de la retirada de los productos de



Presa. Vista general desde aguas abajo.

desforestación y vegetación, no ha impedido que todo el material suelto se acumulara en las proximidades del parámetro de presa dando problemas en aliviadero, deasagües de fondo y tomas por los troncos y ramas sumergidos.

Tratamiento de vertidos durante la construcción

Se establecieron serie de balsas escalonadas en un barranco de la margen izquierda, en un proceso de coagulación, floculación, sedimentación de los elementos transportados por el agua procedente del lavado de áridos de forma que su restitución al río se hacía en buenas condiciones, sin que sufriera apenas alteración aguas abajo de la ubicación de las obras.

Se estableció una red de saneamiento con depuración de aguas residuales.

Contaminación del aire

Se dispusieron filtros para el tratamiento del aire empleado en el transporte del cemento.

Las cintas transportadoras de áridos fueron cubiertas.

Se procedió al regado periódico de pistas de circulación de vehículos.

En relación con el medio biológico se hizo una diagnosis de la vegetación, paisaje y fauna, conservándose en principio los caudales ecológicos que se vienen soltando por el embalse de aguas arriba (Cernadilla).

En el medio socio-económico se estudiaron las variables socio-económicas, urbanismo y vivienda.

4.3. Programa de ejecución

Aunque oficialmente el comienzo de las obras tuvo lugar el 17 de marzo de 1982, dificultades de expropiación de la zona de obras afectada por la desviación motivó un retraso de dos años, independientemente de que por razones de la complejidad de la adquisición de los terrenos se estableció el criterio de no hacer fuertes inversiones antes de no tener suficientes garantías de poder embalsar.

Así la decisión del comienzo definitivo de las obras tuvo lugar en mayo de 1985, lo que llevó a muchas actividades a estar en los caminos críticos y subcríticos. Las fechas clave vienen determinadas por:

- Contratación de las obras Julio de 1985
- Equipo principal:
 - Turbina Mayo de 1985
 - Alternador Abril de 1986
 - Cuadros de control . Mayo de 1986
 - Transformador Junio de 1987

La turbina fue contratada en octubre de 1983 de forma que se desarrollará la ingeniería y quedará la fabricación a la espera de recibir la orden de IBERDUERO, S. A., para no dificultar la continuidad del Proyecto y dar una respuesta rápida y adecuada a las exigencias de un programa estricto de construcción.

La puesta en servicio tuvo lugar para uno de los grupos el 9 de agosto de 1988 y para el segundo el 6 de septiembre de 1988.

Recordatorio

Quisiera en estas últimas líneas destacar la labor de las personas de IBERDUERO, S. A., que han participado en la Ingeniería y Construcción de este salto, más aún cuando su esfuerzo y rendimiento ha superado al que se ha hecho en otras instalaciones que, por ser más importantes, han contado con más medios y reconocimiento general.

Por Ingeniería Civil a D. Ramón de Celis y D. Enrique Undiano con el personal a sus órdenes.

Por el Laboratorio de Hidráulica a D. José Luis Blanco y personal colaborador.

Por la Ingeniería Electromecánica y Mecánica a D. Javier Ojanguren, D. Félix Arregui, D. Antonio Alvarez, D. Juan Martín Aguirre y D.

Víctor Molinuevo con el resto de personal a sus órdenes. Por el grupo de Control e Instrumentación D. Josu Torre, D. Javier Ibarrondo y personal auxiliar.

En el grupo de Estudios la labor realizada por D. Antón Navarro.

Por parte de Construcción la Dirección de obra de D. Gonzalo Pinedo, auxiliado por D. Vicente Cócera en control de hormigones y D. Domingo Fernández, y personal a sus órdenes.

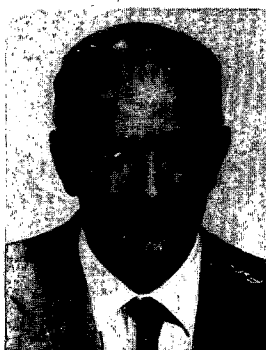
En la labor de Montaje, D. Carlos Anuncibay, D. Aurelio Vila y D. Martín González, y resto de personal colaborador.

Los servicios de Control de Calidad, que han permitido el control e información en cada momento de la calidad y situación de los equipos.

Al personal de Gestión a nivel de Dirección y Departamentos que han suministrado información a los responsables del Proyecto y Construcción de la situación en cada momento de los programas, presupuestos y créditos.

Junto al personal mencionado de IBERDUERO, S. A., no olvidamos a las Empresas Constructoras, Fabricantes de Bienes de Equipo, Organismos Oficiales, Pequeña y Mediana Empresa, a todo el personal ajeno a IBERDUERO, S. A. que ha participado con interés y eficacia en la ejecución de un Aprovechamiento más en la historia hidroeléctrica nacional, superando muchos problemas y haciendo grandes esfuerzos que no siempre son debidamente reconocidos.

J. Fernando Martín de la Sierra



Doctor Ingeniero de Caminos, promoción 1962. Ingresó en IBERDUERO, S. A., en el año 1962, haciéndose cargo en 1963 de la construcción del Salto de Laspuña en Huesca. En el año 1966 pasa a Ingeniería de Aprovechamientos Hidroeléctricos, desarrollando diversos proyectos. En el año 1977 se le nombra Jefe del Departamento de Ingenierías Centrales, puesto que ocupa

en la actualidad. Profesor de la Escuela de Ingenieros Industriales de Bilbao, especialidad de Centrales Hidráulicas, durante los cursos 1977-78 al 1980-81.