

La presa de Béznar

Por ANTONIO NEVOT PEREZ

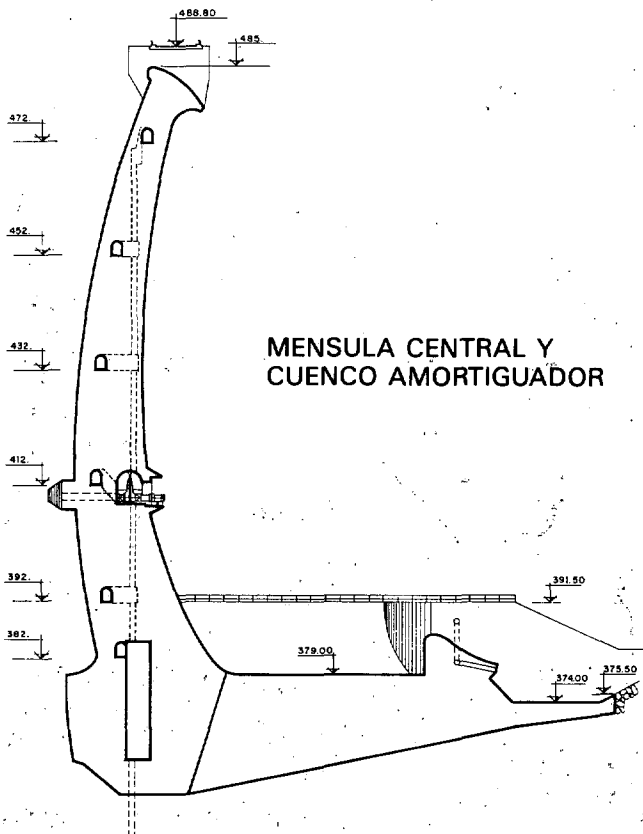
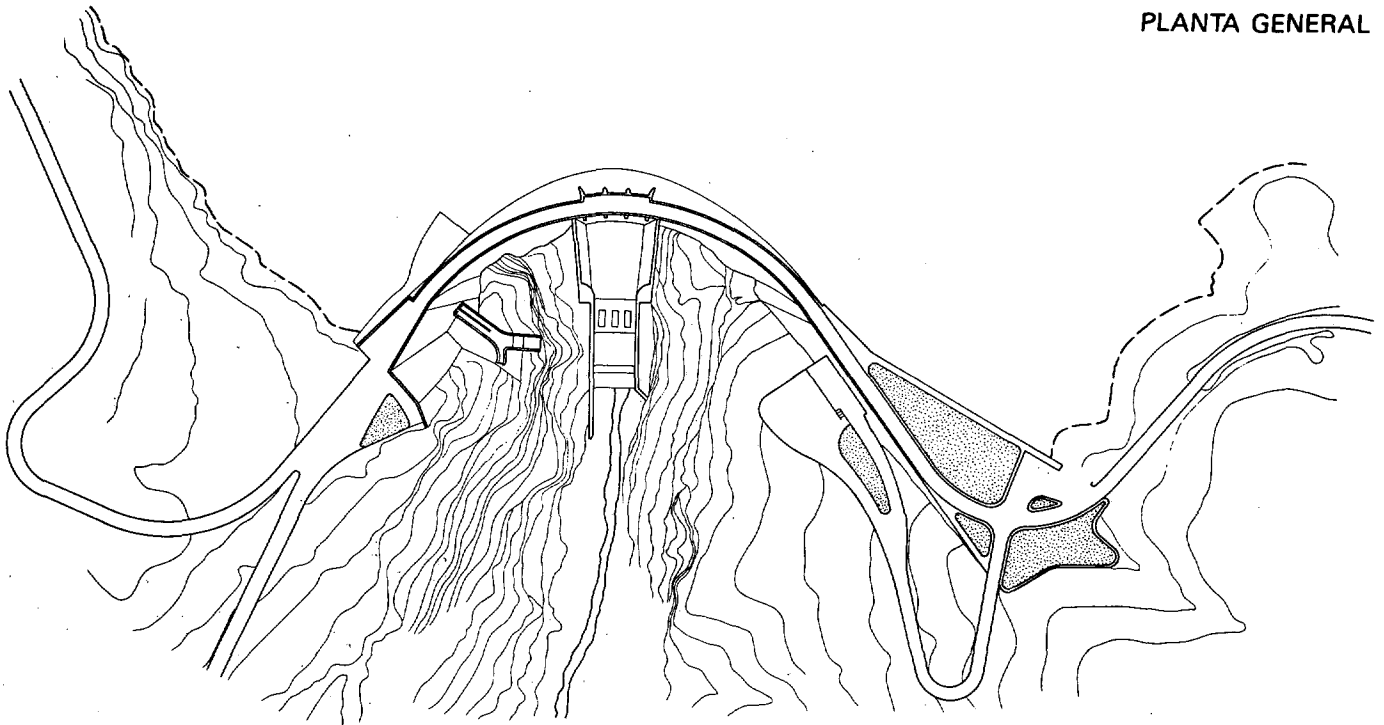
I.C.C.P., C.H. del Sur.

Está situada sobre el río Izbor, afluente principal del Guadalfeo, donde termina el Valle de Lecrín, en los términos municipales de las Mancomunidades de El Pinar y Lecrín, provincia de Granada.

Se ha construido para mejorar los Antiguos y Nuevos riegos de productos subtropicales y frutos extratemperanos de la zona de Motril-Salobreña, para abastecer a los núcleos de la Costa del Sol granadi-



PLANO DE SITUACION



na y para defensa contra avenidas.

Garantiza asimismo los caudales de concesión a la central hidroeléctrica de Izbor y es la única obra de regulación de la cuenca Sur en la provincia.

Este aprovechamiento, combinado con el embalse de Rules, de inmediata ejecución, constituyen las piezas básicas para cumplir los objetivos del antiguo Plan de Aprovechamiento Integral del Río Guadalfeo siguiendo las directrices actuales del Plan Hidrológico Nacional.

Las obras de la presa se contrataron en diciembre de 1977 y las labores fundamentales de corrección en la cimentación concluyeron en diciembre de 1986.

CARACTERISTICAS

Cuenca vertiente

Superficie	352 km ²
Precipitación anual media	680 mm.
Aportación anual media	56,5 hm ³
Caudal medio del río	1,76 m ³ /seg.
Avenida T=500	535 m ³ /seg.

LA PRESA DE BEZNAR

Embalse

Cota M.E.N.	485,00
Cota M.E.E.	487,49
Capacidad a cota de M.E.N....	53,60 hm ³
Superficie a cota de M.E.N....	170,26 ha.
Longitud	4,4 km.

Presa

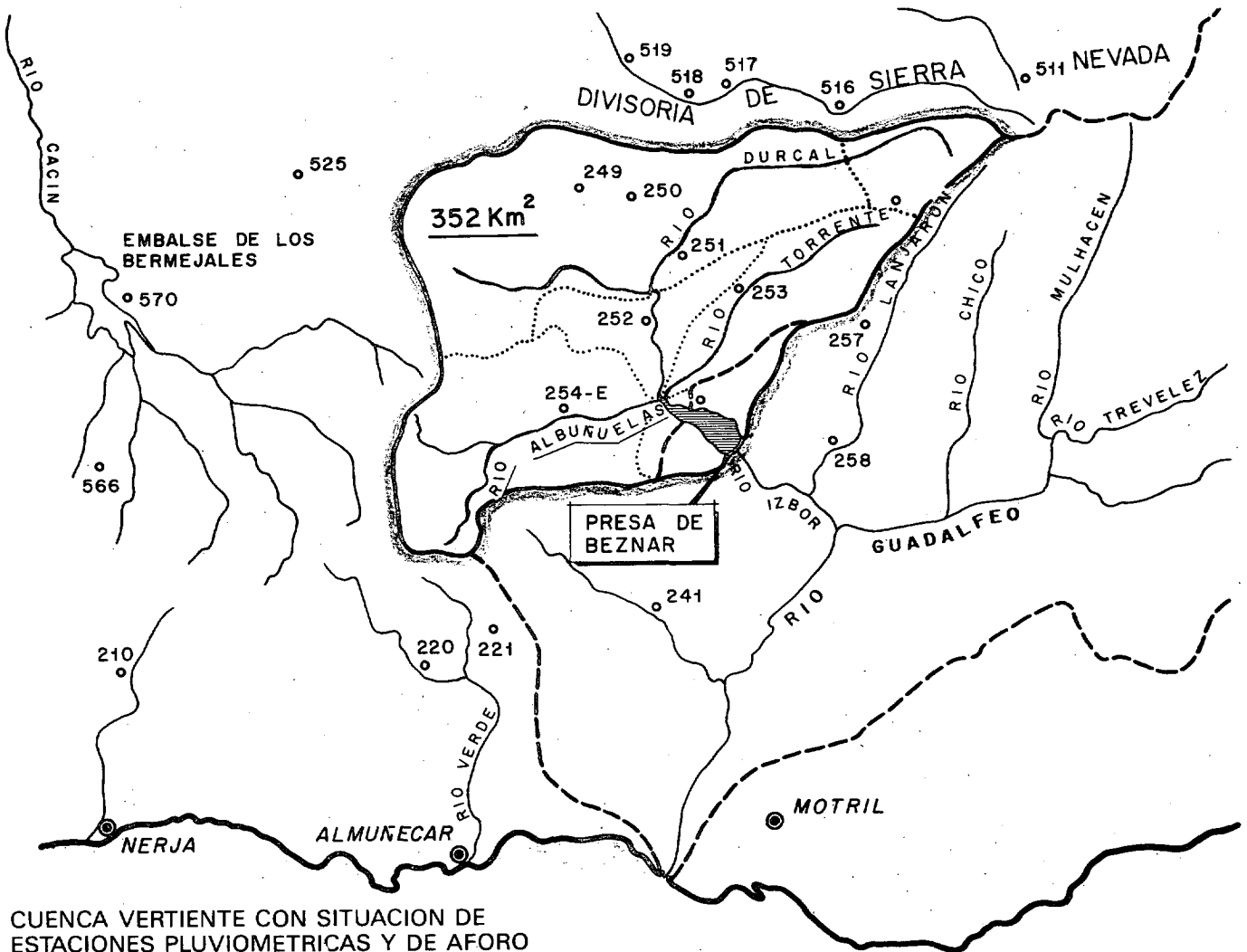
Tipo Bóveda de doble curvatura. (Cúpula)	
Altura sobre cimiento del bloque central	134 m.
Altura desde el cauce del río...	110 m.
Longitud bóveda en coronación.	213 m.
Longitud en coronación con estribos	408 m.
Relación cuerda/altura	1,6

Angulo central bóveda	40°
Angulo total bóveda entre estribos.	108°
Radio medio arcos cota 485 ...	113 m.
Radio medio arcos cota 430 ...	82 m.
Radio medio arcos cota 380 ...	65 m.
Espesor ménsula central en coronación	6 m.
Espesor ménsula central en la base	19 m.
Radio de curvatura medio en ménsula central	160 m.
Estribos	De gravedad (El izquierdo en Y)

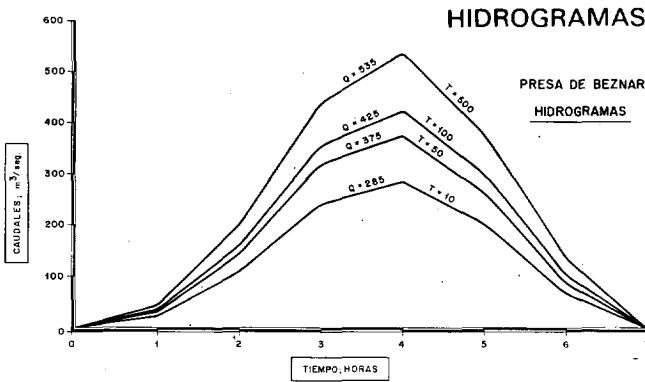
LOS ESTUDIOS PRELIMINARES

Hidrología

Las aportaciones se han estudiado con datos, desde 1912, de la estación de aforos E-43 (Melegís) si-



LA PRESA DE BEZNAR

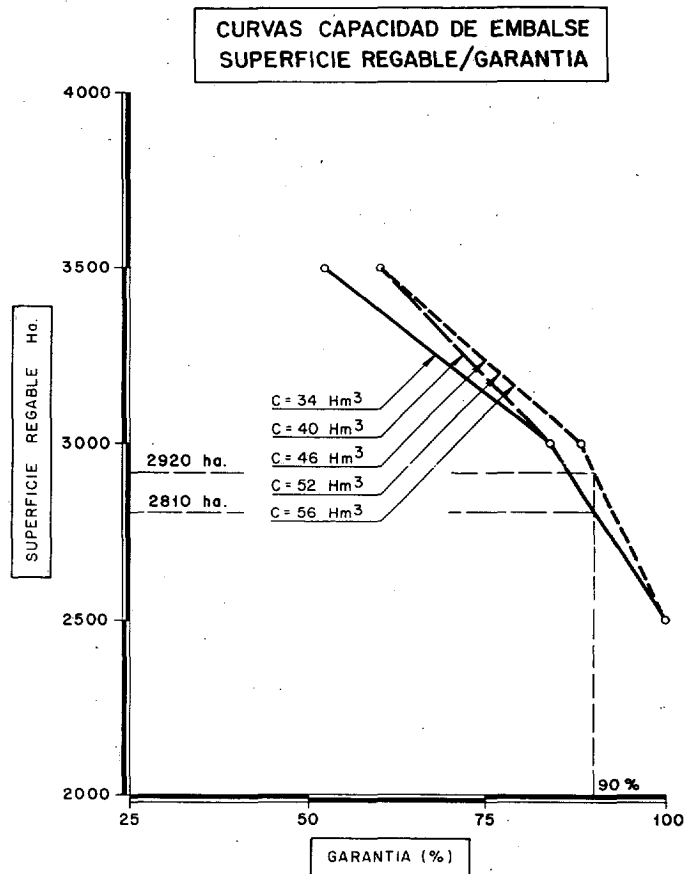
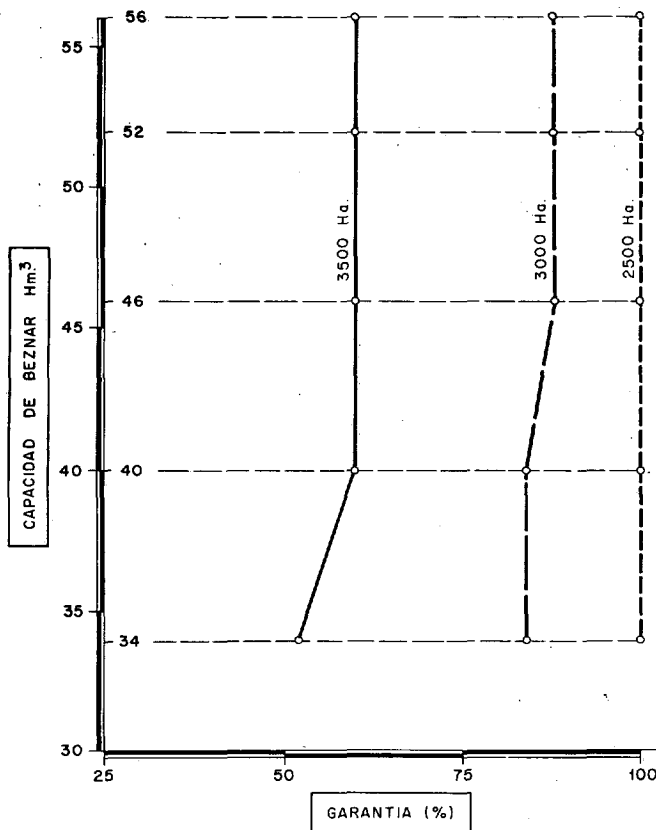


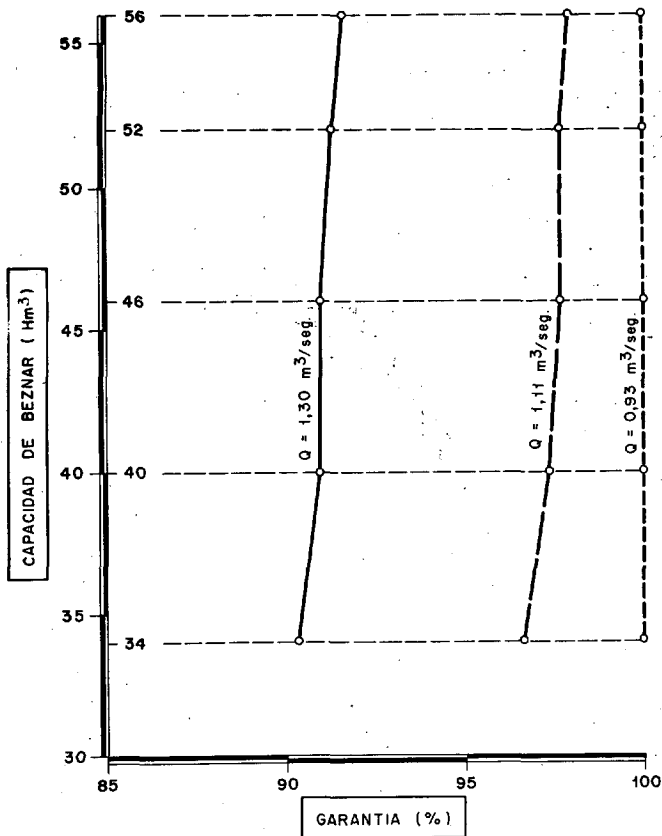
tuada aguas-arriba del embalse, contrastados con las cifras de las precipitaciones anuales repartidas por toda la cuenca y recubrimientos de cuencas cercanas afines.

Deducidas las aportaciones, demandas unitarias y valores medios de la evaporación en la zona, se estudió la regulación con demanda uniforme, demanda variable y mes a mes, haciendo intervenir la evaporación según el nivel de embalse para distintas hipótesis de capacidad y de superficie regable.

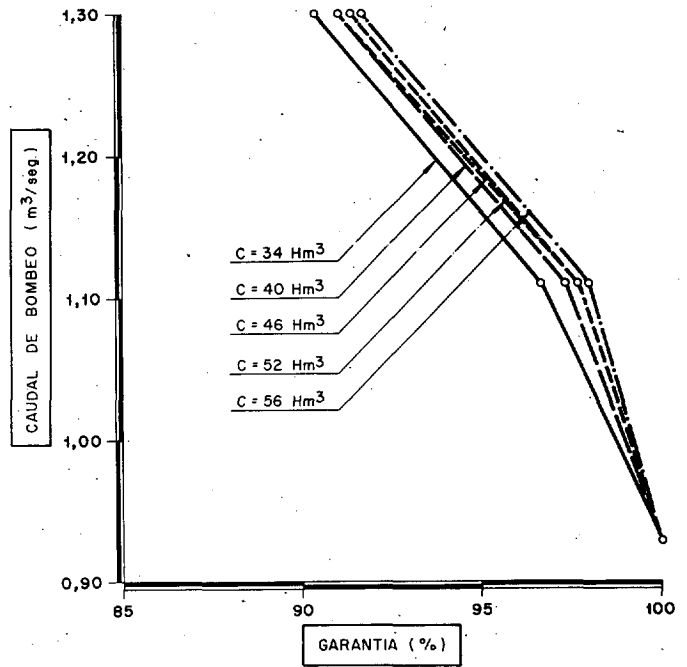
Para estimar las máximas crecidas, con las precipitaciones máximas de 24 horas y el método hidrométrico, se han deducido los hidrogramas correspondientes a los diferentes períodos de recurrencia y se contrastaron los resultados mediante métodos empírico-hidrométricos y las correlaciones empíricas que mejor se adaptan a las características fisiográficas y climáticas de las cuencas del Sur de España. También se tuvo en cuenta el método estadístico aplicado a los datos de la estación E-43.

Los resultados obtenidos han sido de: 680 mm. de precipitación anual media; 0,28 de coeficiente de escorrentía; 56,5 hm³ de aportación media anual al embalse —una vez deducidos 10,2 hm³ de consumos aguas-arriba del mismo; caudales punta de avenida de: Q₁₀=285 m³/seg., Q₅₀=375 m³/seg., Q₁₀₀=425 m³/seg., Q₅₀₀=535 m³/seg.; y para capacidades de embalse de 56 hm³ —con 2 hm³ de embalse muerto— se pueden atender 3.500 has. de regadío con una garantía del 90 % y las necesidades de la central hidroeléctrica de Izbor mejoradas.





CURVAS CAPACIDAD DE EMBALSE CAUDAL DE BOMBEO / GARANTIA



Geología del terreno de cimentación

La cerrada y el vaso de Béznar están sobre las últimas estribaciones Miocenas del borde de la depresión de Granada. Contienen sedimentos de areniscas molásicas o maciños y limolitas impermeables, sobre los que se depositaron conglomerados groseros Pliocuaternarios de la Blockformation y una tabla de tobas y travertinos en cascada más modernos, todos ellos muy permeables.

Inmediatamente por bajo de la cerrada afloran los mantos de corrimiento del Paleozoico Alpujárride, con calizo-dolomías y mármoles, esquistos y filitas permotriásicas.

La presa cimenta sobre cinco tipos de materiales diferentes dispuestos según se indica en el corte geológico de la cerrada.

A destacar en él: las discontinuidades del macizo superior M.I., hasta el Nivel "Ratín", que se revelan como fracturas subverticales sensiblemente paralelas y normales al río con diferentes grados de apertura (desde las centimétricas al metro de espe-

sor) y rellenos de material arcillo-arenoso con piedras encostradas.

En Béznar, los caracteres geomorfológicos de la cerrada y la geología de detalle han sido decisivos y condicionantes del encaje final de la estructura adoptada. Pudiera ser un buen ejemplo de cerrada topográfica no coincidente con la geológica competente.

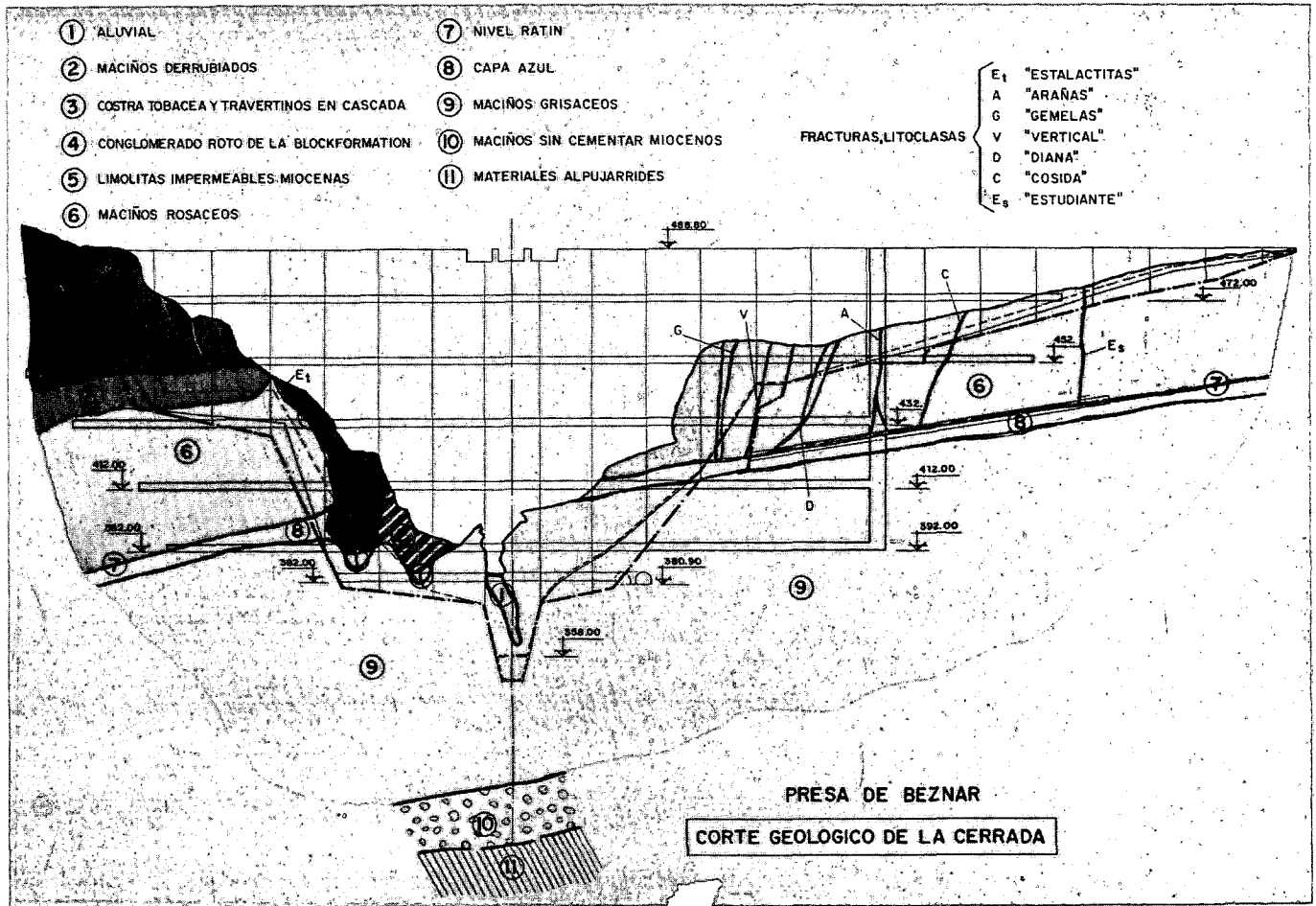
Según este simple esquema, la problemática de la cimentación que ha sido preciso resolver durante la construcción de la presa ha seguido las líneas generles que apuntamos a continuación:

LOS TRATAMIENTOS EN CIMENTACION

Problemática del cimientto

Las mayores dificultades de esta obra se presentaron al cimentar e impermeabilizar diversos materiales y accidentes naturales, de tal forma que las importantes labores de corrección, refuerzos y tra-

LA PRESA DE BEZNAR



tamientos de terreno realizados han supuesto un coste significativo (40%) del presupuesto global de las obras.

Estos tratamientos han contribuido a mejorar notablemente la garantía de seguridad en los estribos de la presa.

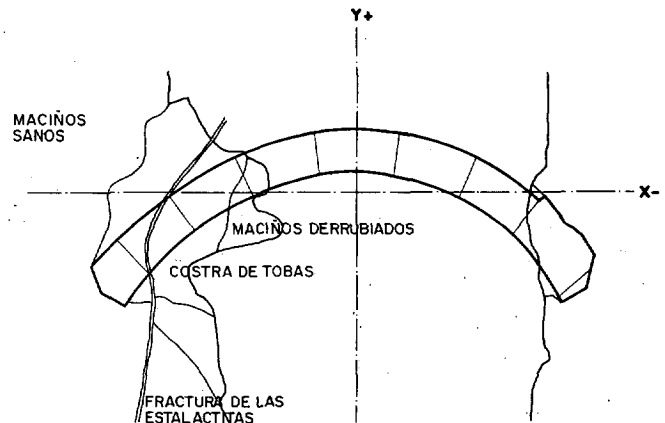
A) MARGEN DERECHA

1. Permeabilidad de la ladera derecha

Los 40 metros superiores de esta ladera, hasta el cierre natural en planta con las limolitas impermeables del vaso, son muy permeables a través de la "masa" de los materiales —tobáceos y conglomeráticos— y de los conductos preferenciales de las abundantes dislocaciones y roturas de origen postorogénico distribuidas erráticamente por el terreno.

2. Deformabilidad del apoyo frontal del estribo

La base de este estribo descansa sobre un macizo rocoso de areniscas competentes, sin embargo su



ARCO A LA COTA 425. SOLUCION FINAL

cara frontal cabecea sobre materiales más deformables que los de la base, por lo que convenía reforzar el cimientado de este apoyo frontal para un mejor reparto de las cargas y equilibrio del conjunto.

3. Apoyo de la bóveda

El cimientado de los riñones de la bóveda inicialmente proyectada, hasta la base del estribo, estaba atravesando por una importante litoclasa abierta con forma de V denominada "Fractura de las Estalactitas".

Este accidente corta al macizo superior de maciños rosáceos (cuya base es el nivel "Ratín") y para evitar la incidencia de la fractura sobre la estructura hubo que rediseñar la presa.

En la cerrada, esta fractura está tapizada por interesantes estructuras de detalle que la enmascaraban, además de ligarse a dos cauces fósiles que evocan la paleo-historia de este río.

B) MARGEN IZQUIERDA

4. Discontinuidad arcillosa (nivel "Ratín")

Este nivel sedimentario muy delgado, subhorizontal, plano, de espesor decimétrico en el cantil y de centimétrico a nulo hacia el interior de la ladera, separa a dos macizos de maciños —rosáceos y grisáceos— a efectos geomecánicos. Está situado a unos 40 metros de profundidad de la superficie libre del terreno. Buza un 20 % (11,3°), hundiéndose de la ladera izquierda hacia la derecha, con horizontales de plano sensiblemente paralelas al eje XX de la presa.

Está confirmado que se trata de un delgadísimo estrato ligado a un cambio en las condiciones de depósito del ambiente sedimentario porque, por encima y bajo él, existen estratificaciones sedimentarias diferentes en detalle, con estratificaciones cruzadas diversas según regímenes hidrodinámicos de depósito distintos.

En extensión, esta discontinuidad tiene límites conocidos hasta el cercano Barranco de Tablate donde, bajo la Venta de Las Angustias, ha originado importantes deslizamientos de ladera antiguos.

Una de las mayores singularidades de este nivel es la de constituir el límite inferior de la fracturación del macizo superior de maciños rosáceos, pues se ha podido comprobar que las litoclasas abiertas más notables terminan aquí.

Esta discontinuidad constituye la superficie de mayor debilidad frente al deslizamiento de todo el emplazamiento. Sobre él se realizaron ensayos geomecánicos "in situ" para caracterizarlo adecuadamente y condicionó la tipología de las obras de refuerzo en esta ladera.

5. Litoclasas del macizo superior

La zona superior de la ladera izquierda está muy diaclasada por sistemas de fracturas subverticales con direcciones sensiblemente paralelas y normales al río. Las más significativas están abiertas y/o rellenas con material arcilloso y piedras, tienen morfologías en U y sus superficies de despegue son el "Plano Ratín". En sus paredes se aprecian evidentes signos de disolución.

Estos accidentes debilitan el macizo rebajando su módulo de deformabilidad global y, aquellos que penetran en el embalse, tienen asociado un problema de permeabilidad a través de la propia fractura.

El esquema geomecánico de este macizo es el de un conjunto de dados o grandes bloques rocosos limitados lateralmente por el litoclasado, inferiormente por la superficie del nivel "Ratín", y superiormente por la superficie libre del terreno.

Sobre esta configuración descansa el estribo.

Obras de corrección en el cimientado

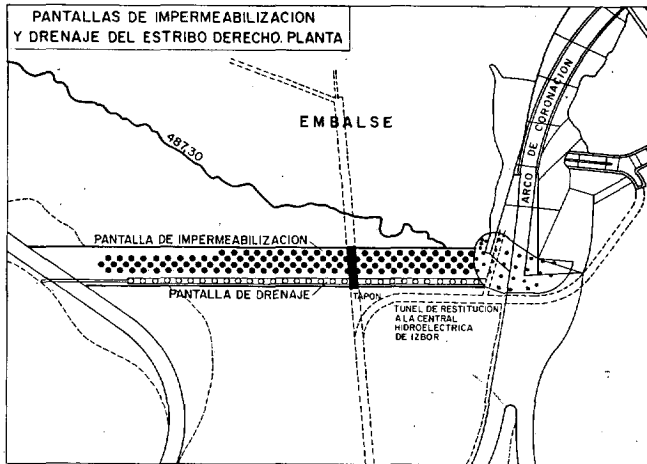
A) MARGEN DERECHA

1. Pantallas de impermeabilización y de drenaje

Para resolver el problema de permeabilidad en las tobas y conglomerados rotos de la Blockformation se realizó una pantalla de taladros verticales inyectados con cemento y cenizas (eventualmente se adicionaba arena).

Este tratamiento, extendido a 200 metros de longitud para cerrar en la impermeabilidad del vaso,

LA PRESA DE BEZGAR



se hizo perforando cuatro filas de taladros al tresbolillo con escuadrías de 5×5 metros, en planta.

Se inyectaron los taladros con la técnica del tubomanguito. Las admisiones medias fueron muy altas (1.666 Kg/ml de taladro), lo cual da idea del alto grado de dislocación del terreno.

Las filas exteriores se inyectaron a baja presión y controlando fugas indeseables, aunque inevitables. Sirvieron de ataguías al tratamiento posterior de las filas centrales realizado con presión (hasta 0,70 × altura).

En el pie de esta cortina de impermeabilización se ha dispuesto una galería inclinada de control (dis-

curre por el contacto permeable-impermeable) y para recogida del drenaje de la pantalla de drenes perforados en la solera (control de los limos) y clave de la galería. Estos últimos drenes tienen salida a la superficie libre del terreno.

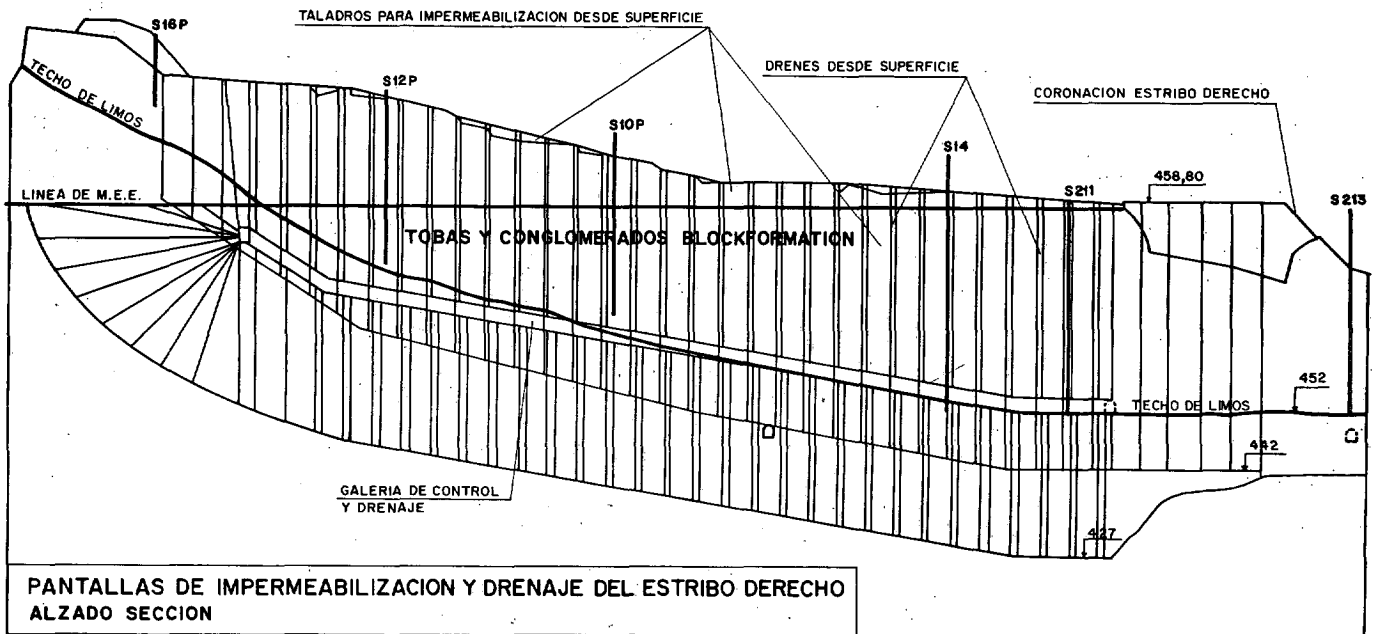
2. Bulbo de consolidación en el estribo

Como remate de la pantalla de impermeabilización anterior, en la zona de unión con la presa, se ha realizado un bulbo de consolidación para el terreno de apoyo frontal del estribo inyectando, con idénticas técnicas, mezclas más ricas en productos cementicios.

3. Rediseño de la estructura

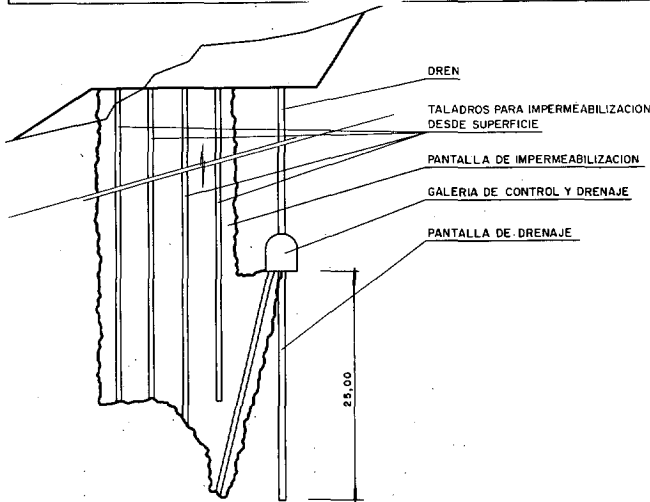
La fractura de las "Estalactitas", que aguas-arriba y aguas-abajo de la estructura se descubre para constituir el acantilado, atravesaba la base del estribo y gran parte de la bóveda en el proyecto inicial. Para salvar la incidencia de esta litoclasea hubo que girar la estructura hacia aguas-arriba y profundizarla en la ladera. El giro se hizo manteniendo la excavación realizada en la margen contraria.

Este accidente es el responsable de la disimetría final de la bóveda, a cotas bajas.



LA PRESA DE BEZNAR

PANTALLAS DE IMPERMEABILIZACION Y DRENAJE DEL ESTRIBO DERECHO
SECCION TIPO



B) MARGEN IZQUIERDA

4.a) Llaves de enclavamiento ("Bolts")

Estos dispositivos son una galería de cinco metros de diámetro excavadas al hilo del "Plano Ratín", bisecándolo, y macizadas posteriormente con hormigón.

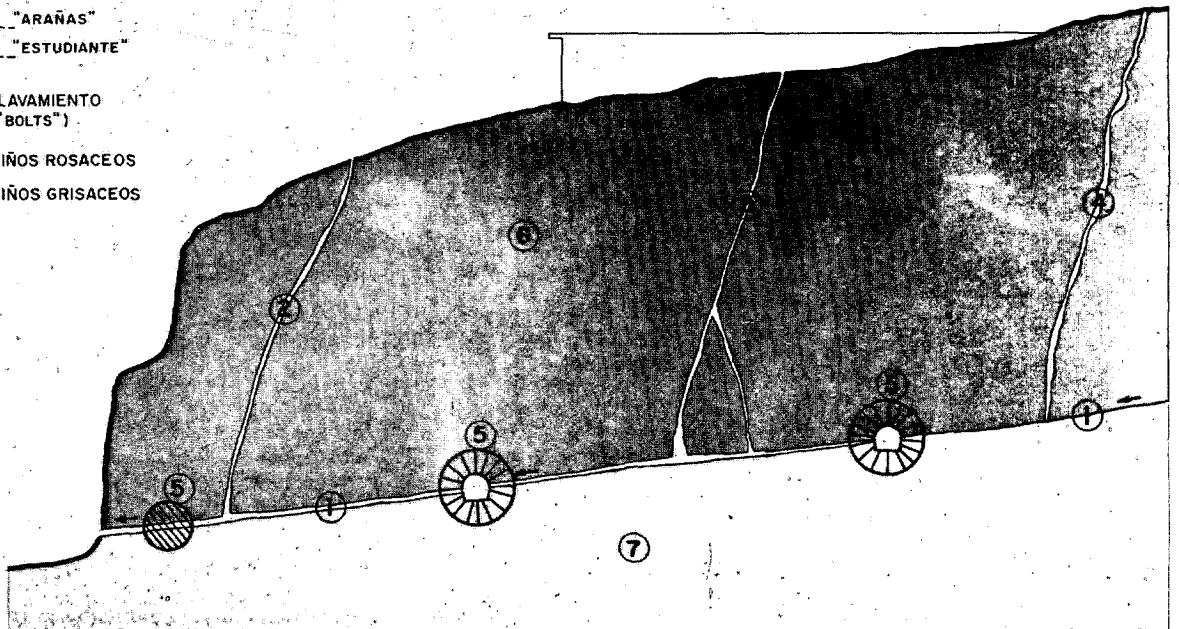
Tienen la misión de efectuar un machihembra entre los dos macizos que separa la discontinuidad "Ratín", enchavetándose el conjunto.

Estas "llaves" o "cerrojos" se han trazado con una disposición de emparrillado subhorizontal: la mitad de aguas-arriba, dentro del embalse, macizas; y la otra mitad de aguas-abajo, fuera de la proyección del embalse, visitables en galería para poder comprobar "in situ" su comportamiento en detalle.

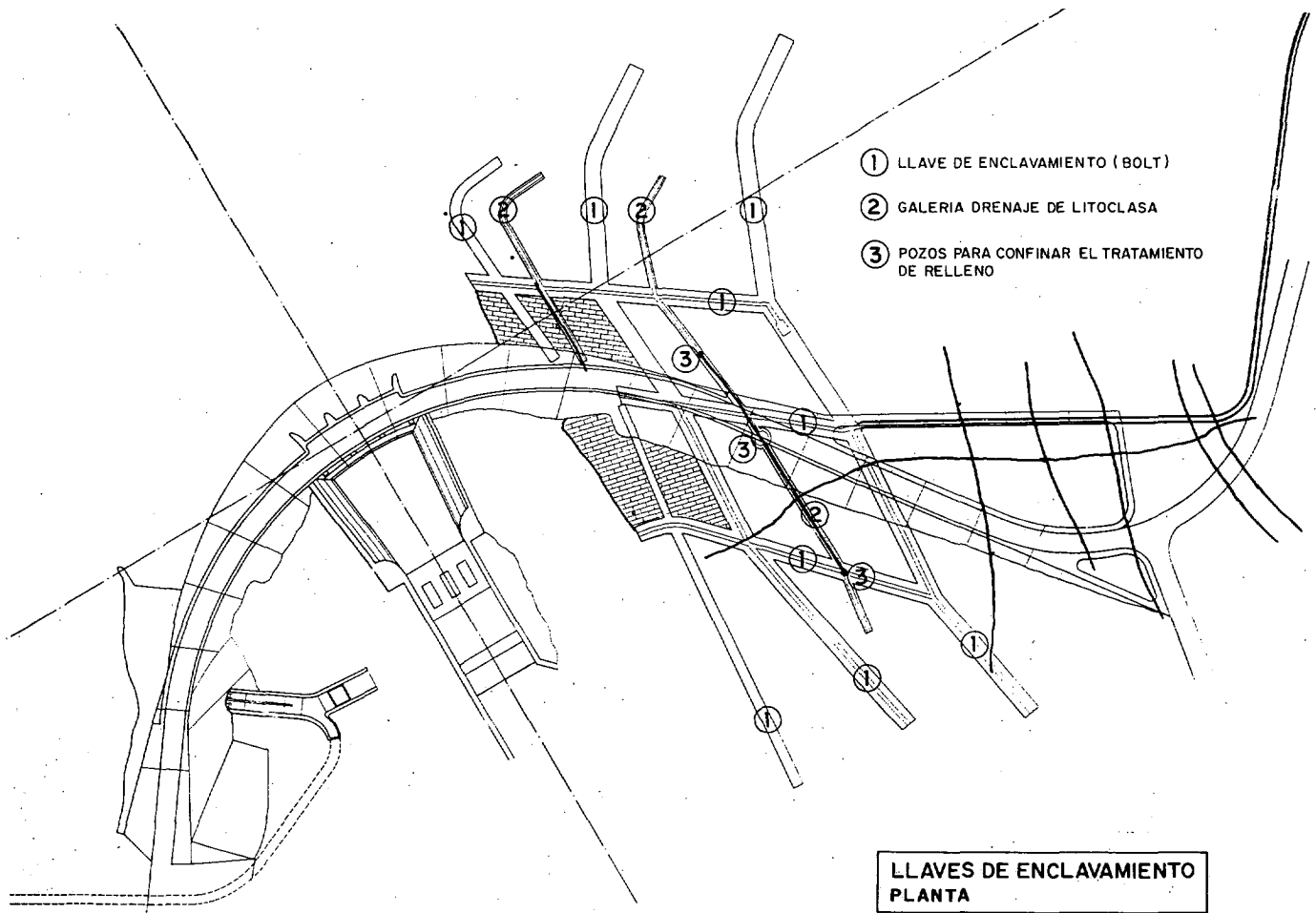
Se realizaron estos esfuerzos singulares frente al deslizamiento con la presa recién terminada de construir, sin inyectar totalmente sus juntas, sin agua en el embalse para no sobrecargar indeseablemente al terreno y, en suma, para facilitar la ejecución en plazo acelerado, dada la urgencia y delicadeza del procedimiento.

La construcción de estas obras de refuerzo, en íntima coordinación y programación con el resto de tratamientos del estribo izquierdo, ha sido una interesante y fecunda operación de ingeniería del terreno.

- ① NIVEL RATIN
- LITOCLASAS {
 - ② "DIANA"
 - ③ "ARAÑAS"
 - ④ "ESTUDIANTE"
- ⑤ LLAVES DE ENCLAVAMIENTO (DEPOSITOS TIPO "BOLTS")
- ⑥ MACIZO DE MACIÑOS ROSACEOS
- ⑦ MACIZO DE MACIÑOS GRISACEOS



APOYO DEL ESTRIBO IZQUIERDO



4.b) Sustitución de arcilla por mortero en el nivel "Ratín"

Aprovechando las galerías excavadas para realizar las "llaves" anteriores, en cinco recintos de la discontinuidad "Ratín" contorneados por tales galerías y el acantilado (zonas más directamente influidas por el bulbo de presiones de la presa), se efectuó una eliminación total de la arcilla por batches y su rápida sustitución por mortero inyectado con equipo convencional desde las mismas galerías.

La eliminación de la arcilla del delgado estrato "Ratín" se hizo lavando con agua y dispersante, a muy alta presión (400 a 600 atmósferas), manejando la bomba de inyección que se usa en la técnica del Jet-Grouting (Primer uso de este equipo en España. Año 1984).

Con lo realizado se ha incrementado notablemente el ángulo de rozamiento en la discontinui-

dad y se ha mejorado ostensiblemente su seguridad frente al deslizamiento calzando el área de la superficie tratada (unos 3.500 m²), aparte de la superficie ocupada por las propias "llaves".

5.a) Litoclasas singulares del macizo superior M. L.

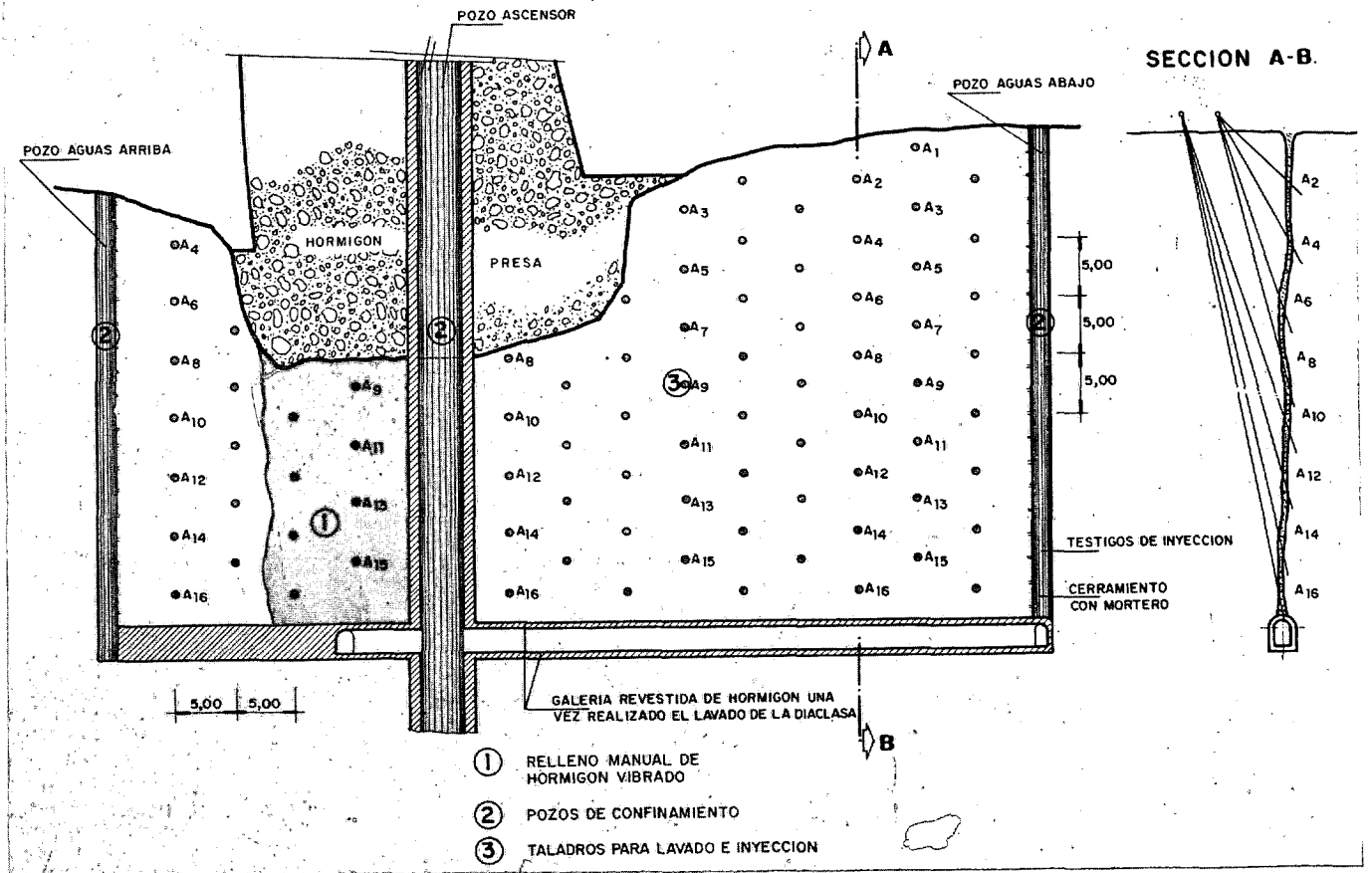
A las fracturas singulares de este macizo se les ha dado nombres variados: "Arañas", "Diana", "Estudiante", "Jota", "Cosida", "Vertical", etc... La importancia de ellas deriva de sus posiciones con respecto a la estructura y al embalse, aparte de sus caracteres geomecánicos propios.

Con objeto de reducir sus efectos negativos sobre la deformabilidad y permeabilidad del macizo, se trataron las litoclasas específicamente según sus características individuales.

Así, a la más abierta ("Arañas") se le hizo una

LA PRESA DE BEZNAR

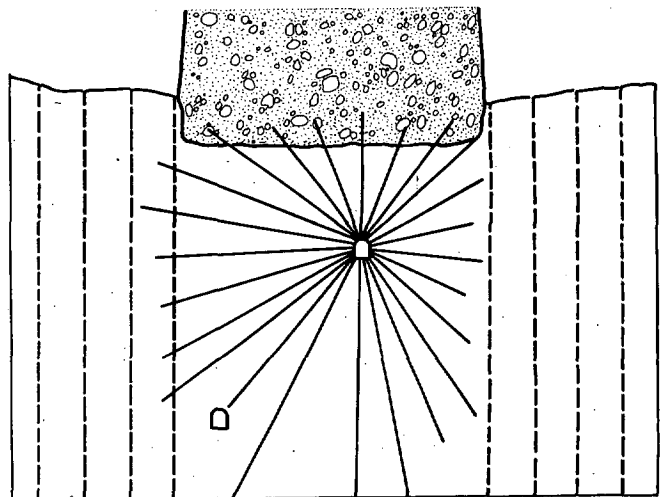
PRESA DE BEZNAR TRATAMIENTO EN LITOCLASA DE "LAS ARAÑAS"



limpieza totalmente manual, en un tramo de 13 m. de longitud y 40 m. de altura, y un relleno posterior con hormigón vibrado. Se confinó esta operación con dos pozos: uno vertical (el del ascensor), otro subvertical que ha quedado dentro del embalse, y una galería inferior que discurre por la discontinuidad "Ratín".

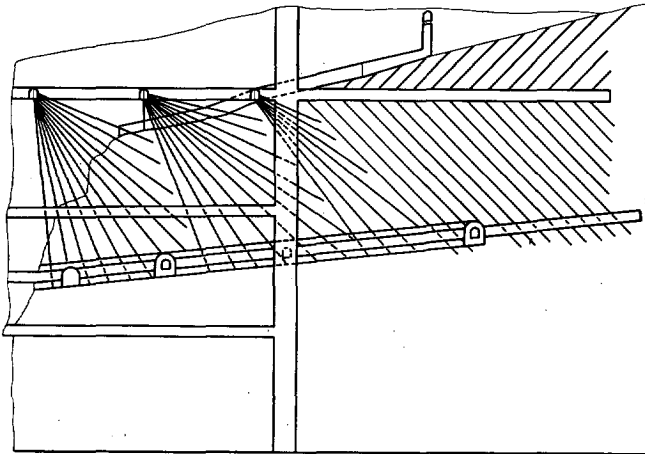
El resto del tratamiento se orientó a lavar enérgicamente a las litoclasas con taladros inclinados formando grupos, para posteriormente rellenarlas con inyecciones dirigidas de abajo hacia arriba. En las "Arañas" se confinó este tipo de tratamiento con otro pozo vertical por aguas abajo del embalse. En la fractura del "Estudiante" se limitó el tratamiento entre otros dos pozos, desde donde se controlaba la operación de relleno, y una galería inferior muy útil para reconocer la traza de este accidente y para recoger los detritus del lavado.

INYECCIONES DE CONSOLIDACION EN ESTRIBO IZQUIERDO SECCION TRANSVERSAL



LA PRESA DE BEZNAR

INYECCIONES DE CONSOLIDACION EN ESTRIBO IZQUIERDO
SECCION LONGITUDINAL



5.b) Consolidación del macizo superior M.I.

En una latitud equivalente a dos anchos de cimiento del estribo izquierdo se ha dado un tratamiento generalizado de inyecciones de consolida-

ción, previo lavado, con taladros inclinados, según la bisectriz de las direcciones principales de fracturación, con una escuadría de 5×5 metros.

Se ha realizado desde las galerías de la presa y desde el exterior.

La admisión media de este tratamiento ha sido de 85 Kgs. de lechada por metro lineal de taladro.

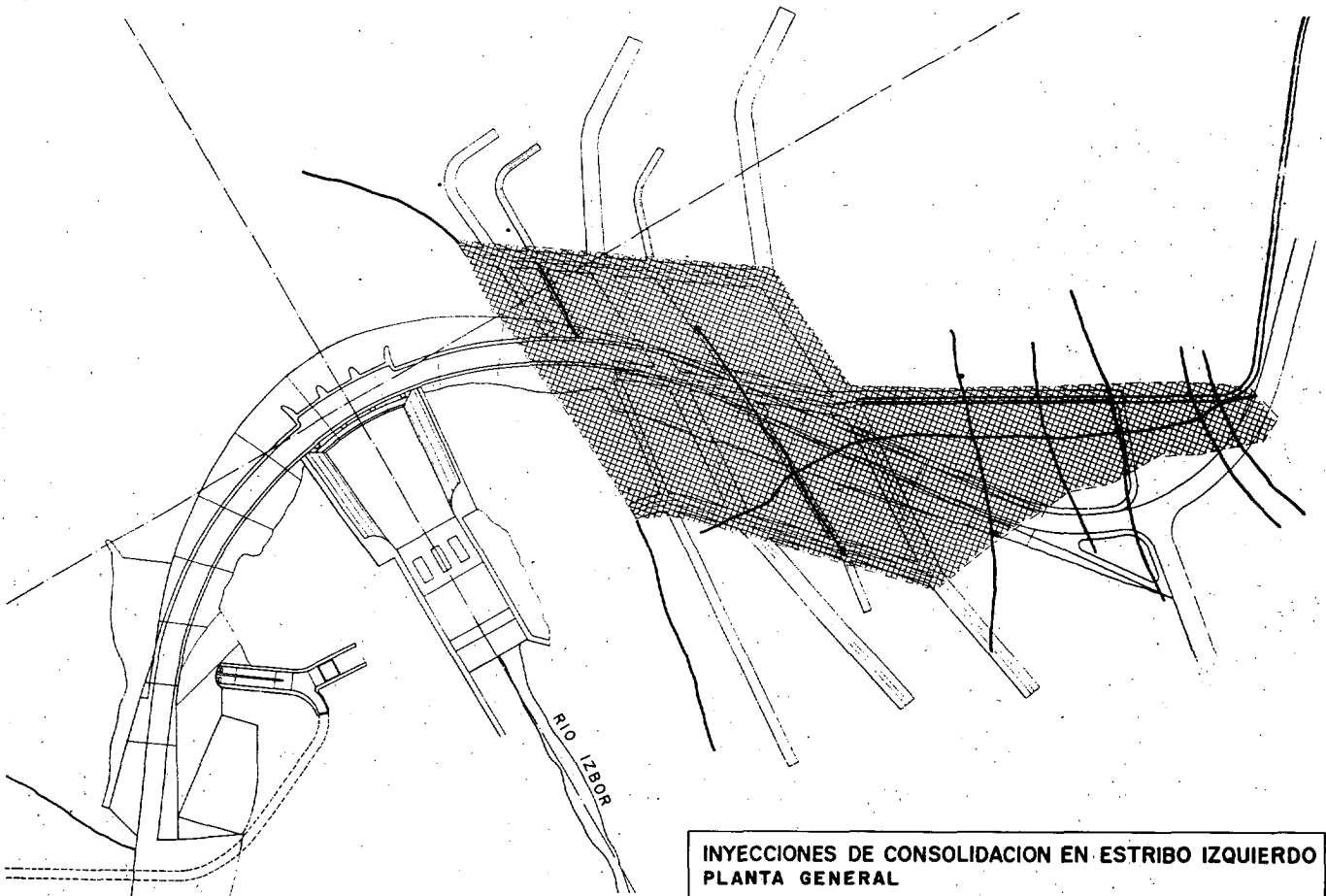
TRATAMIENTOS GENERALES

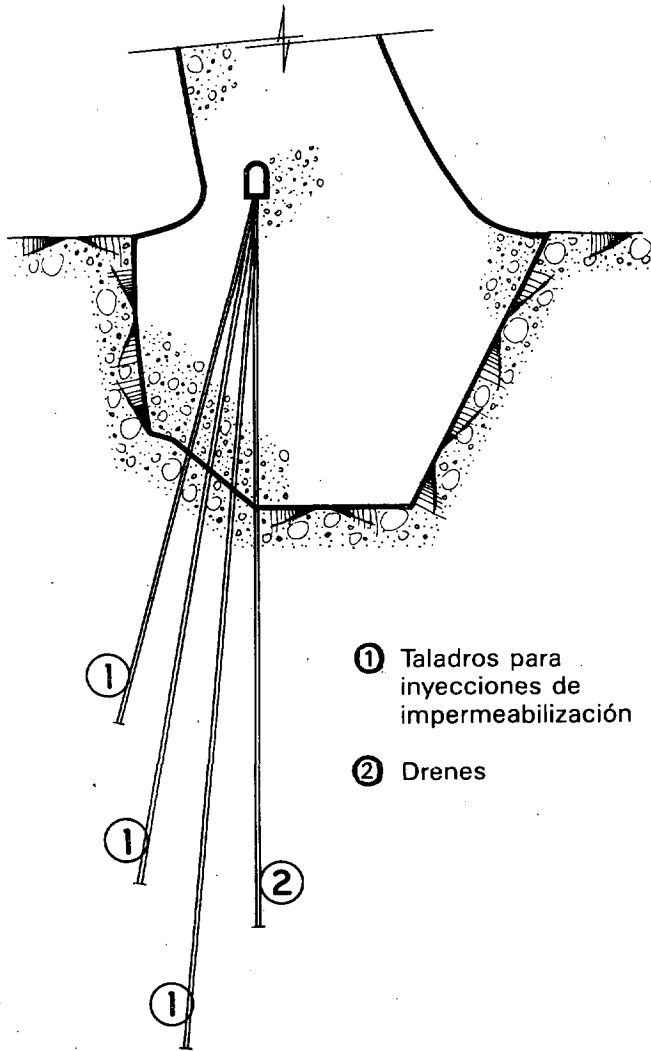
a) Impermeabilización

Después de realizar los tratamientos específicos señalados, a la presa se le ha dotado de una pantalla clásica de impermeabilización con inyecciones de cemento.

b) Drenaje

Tras la pantalla anterior se ha situado otra de dre-





PANTALLA DE IMPERMEABILIZACION Y DRENAJE GENERAL DE LA PRESA. SECCION TIPO

nes (en el terreno y en el hormigón) recogidos por las galerías de reconocimiento y reconducidos al túnel de desvío para totalizar aquí todo el caudal de drenaje.

LAS ESTRUCTURAS PRINCIPALES

La presa

Béznar es una bóveda gruesa de doble curvatura con 134 metros de alzado desde la base del bloque central y 110 metros de altura desde el cauce del río propiamente dicho.

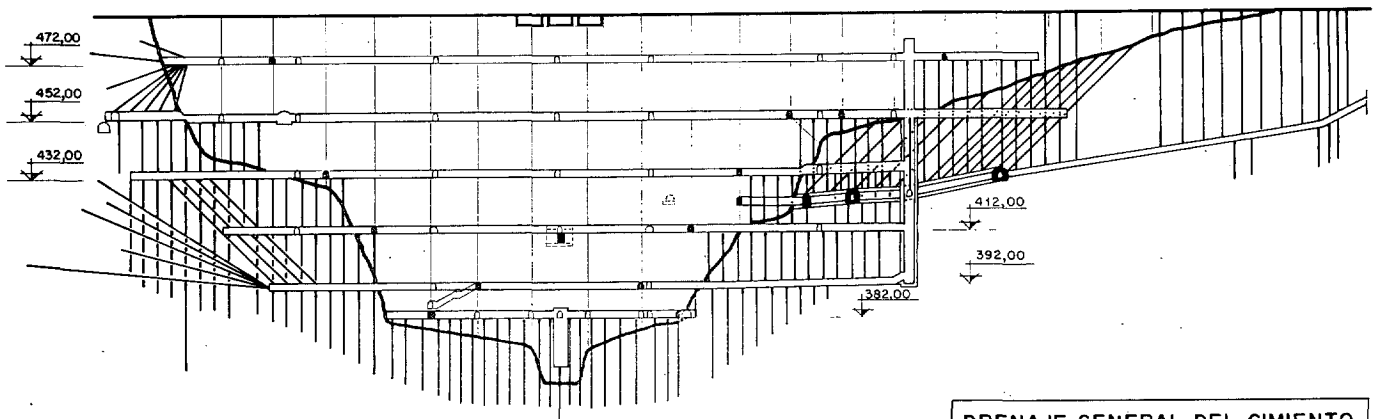
La presa estriba por gravedad sobre ambas laderas. El estribo izquierdo se ha aligerado con forma de Y.

La coronación (cota 488,80) tiene una longitud total de 408 metros. Los 213 metros cuadrados son bóveda y los restantes son estribos apoyados sobre un terreno con una problemática especial, ya referida, que ha dificultado considerablemente la construcción de la presa y retrasó el primer llenado en tres años.

La bóveda se ha diseñado, en planta, con arcos circulares de tres centros y, en alzado, con ménsulas curvadas.

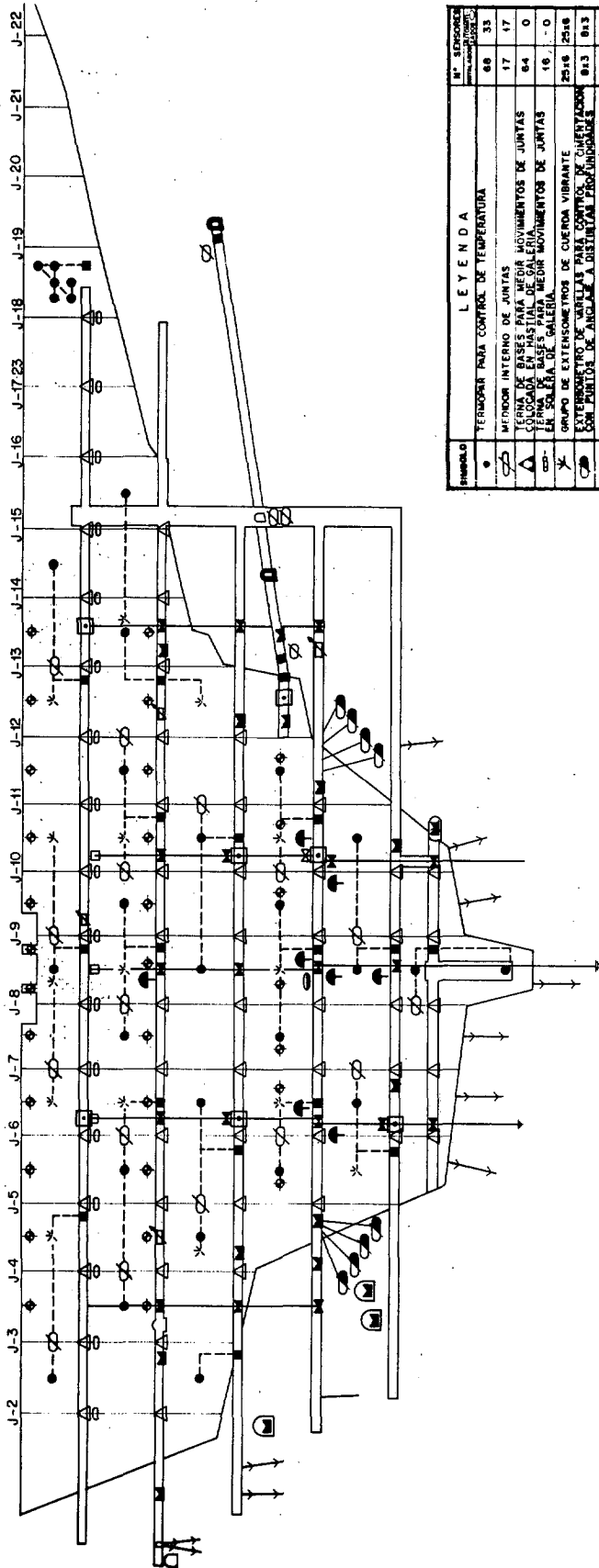
La estructura dispone de 6 niveles horizontales de galerías de reconocimiento y un nivel especial inclinado entramado por la discontinuidad "Ratín".

De la galería a cota 452, por la margen derecha, parte la galería de control y drenaje de esta ladera.

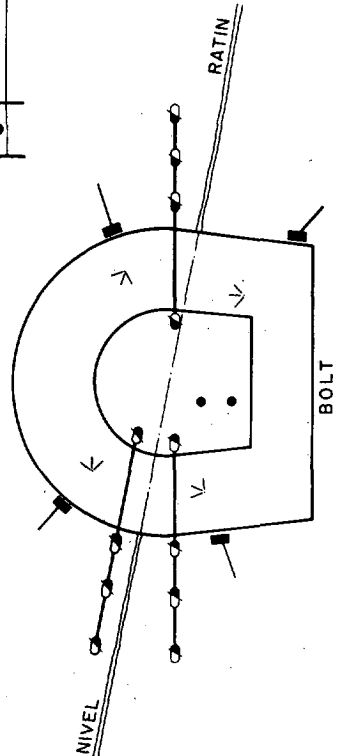
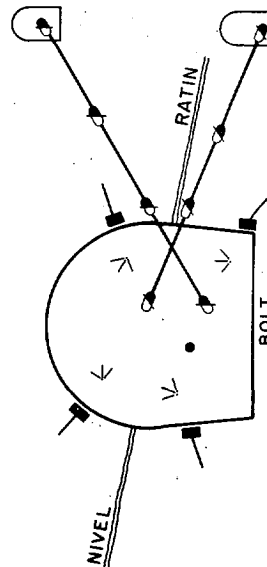


DRENAJE GENERAL DEL CIMIENTO

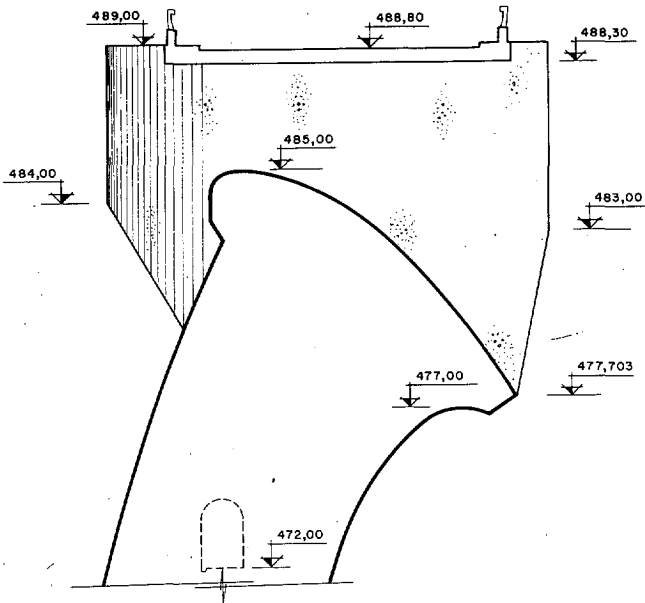
APARATOS DE AUSCULTACION



LEYENDA		Nº. SIMBOLOS	
SIMBOLO	DESCRIPCION	USUAL	EXTRAORDINARIO
•	TERMOSER PARA CONTROL DE TEMPERATURA	68	33
○	INFORMER INTERNO DE JUNTAS	17	17
△	LEONA DE BASES PARA MEDIR MOVIMIENTOS DE JUNTAS	64	0
▽	LEONA DE BASES PARA MEDIR MOVIMIENTOS DE JUNTAS EN SOLERA DE GALERIA	16	0
⊗	GRUPO DE EXTENSOMETROS DE CUERDA VIBRANTE	2516	2516
⊙	EXTENSOMETRO DE VARILLAS PARA CONTROL DE CIMENTACIONES CON PORTULOS DE ANCLAJE A DISTANCIAS PROPORCIONALES	813	813
⊖	PENDULO DIRECTO	5	3
⊕	PENDULO INVERTIDO	3	3
⊞	PLANCHETA PARA LECTURA DE PENDULOS	22	0
⊠	ACELEROGRAFO PARA CONTROL SISMICO	4	0
⊡	SISMOGRAFO PARA CONTROL SISMICO	1	0
⊢	CENTRAL DE LECTURA NO AUTOMATIZADA	17	0
⊣	CENTRAL DE LECTURA AUTOMATIZADA	0	8
⊤	AFORADOR DE FILTRACIONES	15	8
⊥	MEDIDOR POTENCIOMETRICO DE PENDULOS	812	812
⊦	PIEZOMETRO DE CUERDA VIBRANTE	11	11
⊧	LIMNIMETRO	1	1
⊨	DIANA PARA TRIANGULACION GEODESICA	30	0
⊩	ESTACION METEOROLOGICA	1	0



PERFIL DEL ALIVIADERO SOBRE CORONACION



La galería de reconocimiento a cota 432, por la margen izquierda, conecta con el emparrillado de "llaves" enlazando éste con la galería de control del nivel "Ratón" que se extiende hasta la cota 445, tras un recorrido de 250 m.l.

La comunicación vertical entre galerías se establece a través de un pozo de 90 metros de altura con ascensor-montacargas y escalera de caracol. Sirve, asimismo, para distribuir la electrificación general de todo el conjunto.

La presa tiene 21 juntas verticales planas que originan 22 bloques de 18 metros de longitud.

Se accede a la presa por la CN 323 Bailén-Motril, junto al histórico paraje del Barranco de Tablate, puerta de Las Alpujarras. A 7 kms. se encuentra el balneario de Lanjarón por el Este y al Oeste comienza la comarca de los tres Guájares.

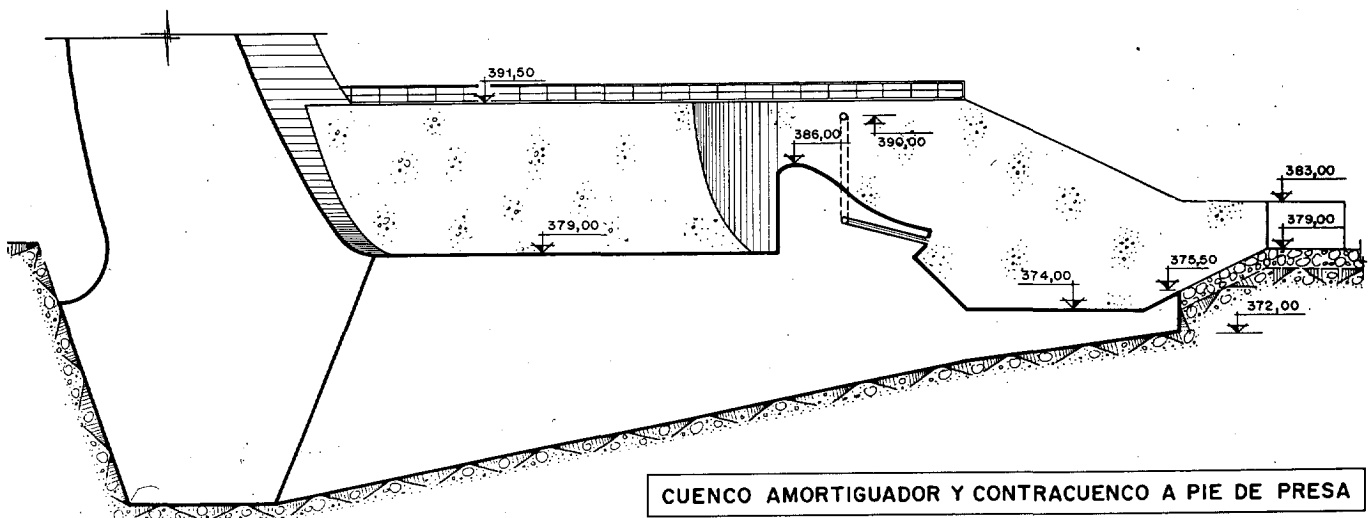
De coronación a cauce se han abierto caminos por ambas laderas hasta el pie de presa. Este se conecta con el túnel de desvío (25 m² de sección) y las propias galerías.

La presa y obras de refuerzo en la cimentación disponen de un abundante dispositivo de auscultación y control que puede leerse convencionalmente y, en parte, de forma automatizada a través de un sistema de adquisición de datos controlado por ordenador.

La estructura inicial y sus modificaciones finales se ensayaron en Bérghamo (Italia) con modelos reducidos geomecánicos.

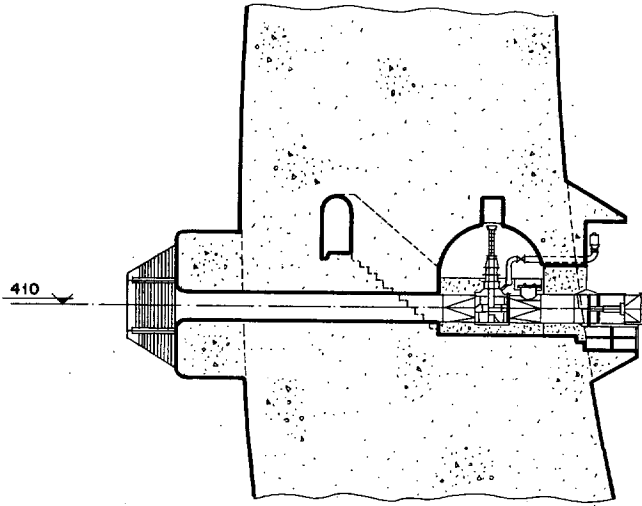
El aliviadero y cuenco amortiguador

El aliviadero es de labio fijo, vertiendo libremente sobre coronación a un sistema formado por cuenco-azud—contracuenco, situado a pie de presa. Tiene tres vanos de 8,50 m. de longitud separados por pilas de ancho variable perfiladas hidrodinámicamente. Permite la evacuación de 321 m³/seg. con una lámina vertiente de 3,30 m. El cuenco, de 40 m. de longitud, recibe la caída de una lámina de agua desde 106 m. de altura. Tiene diseño de artesa y forma un colchón amortiguador de 1.000 m³ de capacidad con 7 m. de calado. Se encauza la salida rápida del agua en un azud-vertedero que dispone



CUENCO AMORTIGUADOR Y CONTRACUENCO A PIE DE PRESA

DESAGÜE DE FONDO



de tres dientes aireados, y se frena la incorporación al río en el contracuenca.

Este sistema fue ensayado en modelo hidráulico reducido (a E: 1/50) en las instalaciones de la presa.

El desagüe de fondo

Lo constituyen dos conductos circulares (cota 410) de 1 m. de diámetro con rejilla preparada para ataguar en el paramento, válvulas de seguridad

de compuerta tipo Bureau y de regulación Howell Bunger, con chorro cónico de 60° de abertura total.

La valvulería está alojada en una cámara desde donde se comandan los órganos de desagüe — manual y eléctricamente— con mecanismos servo-oleo-hidráulicos.

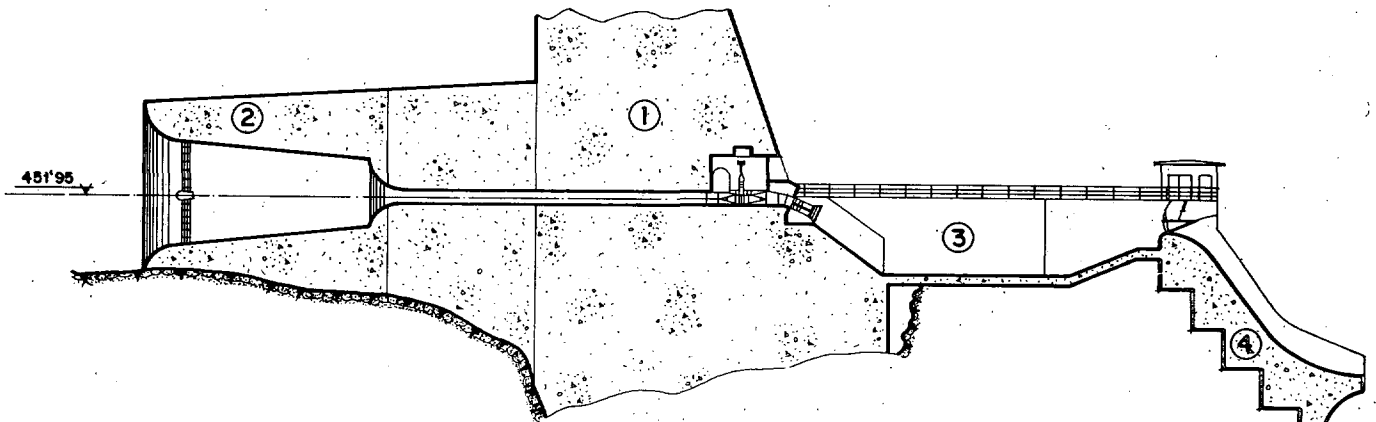
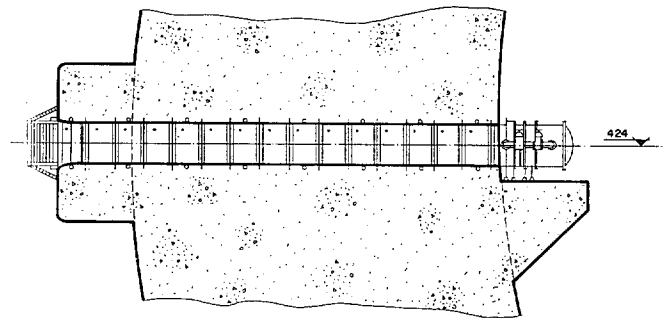
Este desagüe es capaz de descargar 44 m³/seg. a cota de MEN.

La toma y desagüe intermedio

El desagüe de medio fondo (cota 452) es un conducto circular de 1,20 m. de diámetro que se bifurca en dos de 0,80 m. a través de una pieza pantalón.

Las tuberías tienen válvulas de seguridad de com-

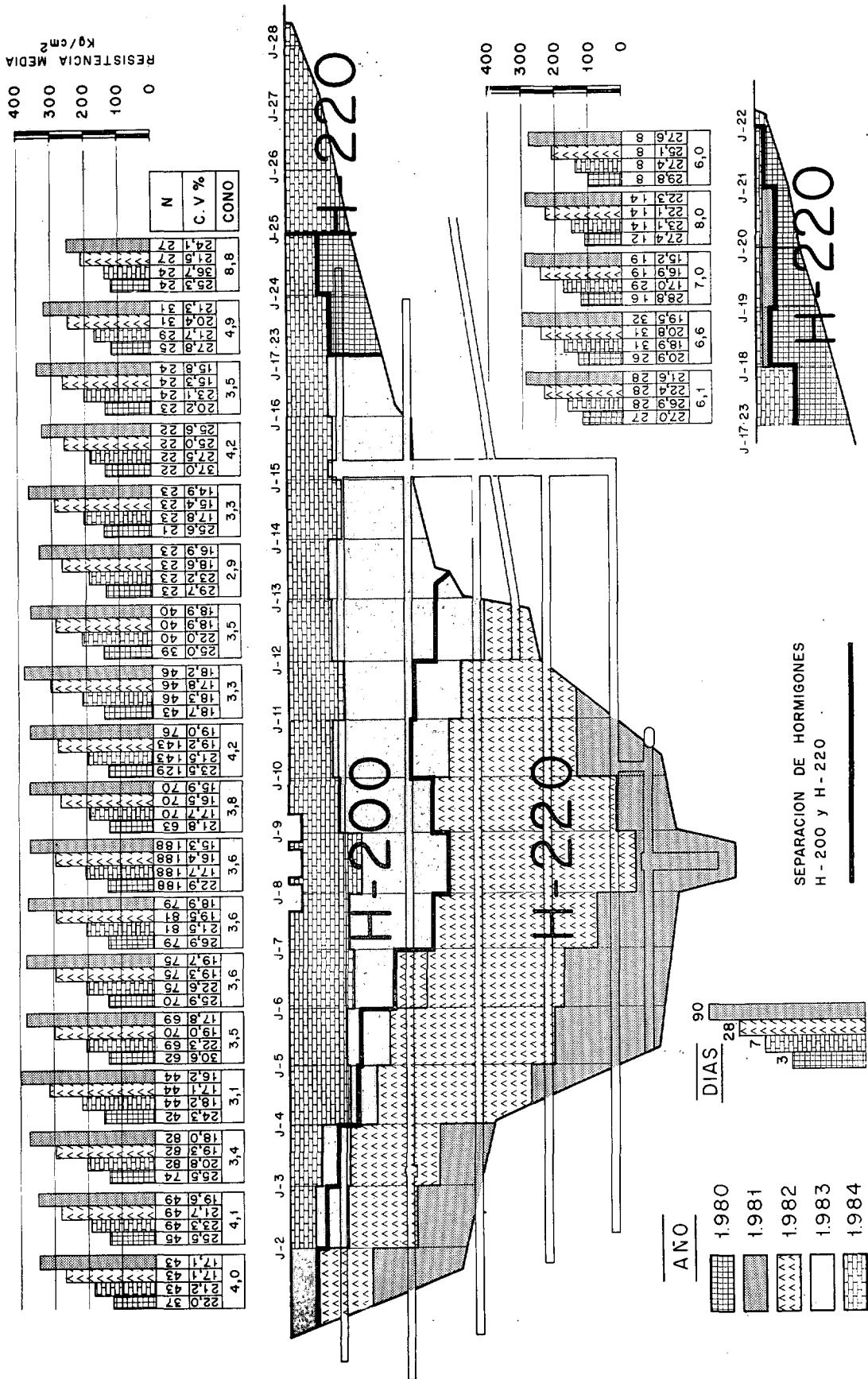
TOMA PARA CENTRAL HIDROELECTRICA



- ① ESTRIBO DERECHO
- ② EMBOCADURA
- ③ CUENCO AMORTIGUADOR TIPO BUREAU
- ④ TRAMPOLIN DE LANZAMIENTO AL RIO

TOMA Y DESAGÜE INTERMEDIO

LA PRESA DE BEZNAR



puerta tipo Bureau y de regulación del tipo Hollow-Jet.

El chorro hueco cilíndrico rompe carga en un cuenco amortiguador tipo Bureau con compuerta de nivel constante. El cuenco tiene unas dimensiones en planta de 25×5 metros y salidas curvadas.

Al final de este dispositivo existe un corto trampolín que lanza el caudal de desagüe (hasta 16 m³/seg.) al contracuenca del pie de presa.

Del cuenco sale también un canal en túnel para reponer los caudales de concesión a la antigua central hidroeléctrica de Izbor (11.400 kw. de potencia instalada).

La toma para central hidroeléctrica

A la cota 424 se ha colocado un conducto circular de 1,40 metros de diámetro para un posible aprovechamiento hidroeléctrico en el pie de presa, si se compatibiliza este uso con los principales de abastecimiento y regadío. Termina el conducto en una válvula de mariposa y brida ciega.

LA CONSTRUCCION

Para construir la presa se han excavado 380.000 m³ de materiales utilizando explosivos con técnicas de precorte y recorte en roca.

Se han puesto en obra, aparte de rellenos no estructurales, 407.000 m³ de hormigón fabricados en central automática, con cinco tamaños de árido aglomerados por un cemento PUZ II 350 que adicionaba un 30% de cenizas volantes molidas y homogeneizadas en fábrica.

Se han usado dos arenas y tres fracciones de árido grueso calizo-dolomíticos y marmóreos densos (2,65 Tn/m³) de machaqueo. El tamaño máximo del árido ha sido de 100 mm. y la relación A/C, en peso, de 0,55.

El transporte del hormigón se realizó con andarivel, el extendido mecanizado con bulldozer y se consolidaba el hormigón vibrando manualmente una consistencia seco-plástica en tongadas de dos metros de altura dispuestas en tres subcapas. La primera de ellas se recibía con mortero rico de retoma de tres áridos y la unión entre tongadas se distanciaba más de 72 horas.

El hormigón se refrigeró en dos fases: primero con agua natural de río, y posteriormente con agua enfriada a 4°C para poder inyectar las juntas de dilatación de la presa a 11°C de temperatura en el hormigón endurecido.

Esta inyección se realizó en épocas de primavera usando el sistema de ranuras inyectoras, colectoras y de control, desde los pisos de las galerías de reconocimiento.

La resistencia característica exigida a hormigón, a 90 días de edad, sobre probetas de 15×30, ha sido de 220 kg/cm² y la alcanzada ha resultado ser de unos 270 kg/cm² para una dosificación de 220 kg/m³ de producto cementicio, y de 250 kg/cm² con 200 kg/cm². La dispersión media se ha situado alrededor del 16%.

El rendimiento del hormigonado en la presa no fue óptimo debido en gran parte, al condicionado impuesto para la cimentación. El rendimiento medio mensual fue de 9.500 m³ y el máximo de 18.000 m³.

Se hormigonó la mayor parte de la presa a dos, e incluso tres turnos de trabajo diario según épocas. Para excavar la "llaves" de enclavamiento (1.000 m.l.) se usaron tres tipos de rozadoras y se hormigonó con una bomba colocada en el frente de puesta en obra utilizando un encofrado especial deslizante en los dispositivos visitables.

A la bomba le servían el hormigón camiones-hormigonera que circulaban por los accesos a los túneles construidos para este fin y por ellos mismos.