

LA PRESA DE LA LOTETA

LA LOTETA DAM

RAIMUNDO JOSÉ LAFUENTE DIOS. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
 Director de Obra de la presa de La Loteta. rlafuente@chebro.es

RESUMEN: El embalse de «La Loteta», se configura como una pieza esencial del Pacto del Agua, en la regulación del Canal Imperial de Aragón y en el abastecimiento de agua de calidad a la ciudad de Zaragoza y su entorno. La Presa de La Loteta, está emplazada en el arroyo del Carrizal, en la margen derecha del río Ebro y a unos 44 km al oeste de Zaragoza. La obra consiste en una presa de materiales sueltos, heterogénea, de 34 m de altura sobre cimientos y una conducción constituida por dos tuberías de 1,80 m de diámetro y casi 3 km de longitud desde el Canal Imperial de Aragón con su correspondiente bombeo. La impermeabilización de la sección tipo de presa se confía a un núcleo y un tapiz aguas arriba impermeables de arcilla, y a una pantalla de bentonita-cemento-cenizas, que enlaza con el tapiz. Cuenta esta sección con sendos espaldones de zahorras a ambos lados del núcleo disponiéndose entre el núcleo y el espaldón de aguas debajo de un filtro y un dren y, entre el núcleo y el espaldón de aguas arriba de un material de transición. Una capa de escollera protege el paramento de aguas arriba del oleaje y una capa de tierra vegetal hidrosebrada salvaguarda el de aguas debajo de la lluvia y mimetiza la presa con su entorno.

PALABRAS CLAVE: CUENCA ENDORRÉICA, YESOS, KARSTIFICACIÓN, SUBSIDENCIA, TAPIZ HIDROFRESA, MARGARITIFERA AURICULARIA

ABSTRACT: The "La Loteta" reservoir forms an essential part of the Water Agreement for the regulation of the Aragon Imperial Canal and the quality water supply to the city of Saragossa and its environs. The La Loteta Dam is set on the Carrizal stream on the right bank of the river Ebro and some 44 km to the west of Saragossa. The work consists of a 34 m high loose rock and earth embankment dam and two 1.80 m diameter pipelines running almost 3 km from the Aragon Imperial Canal together with their corresponding pumping systems. The waterproofing of the cross-section of the dam is formed by an impermeable clay core and outer layer upstream and a bentonite-cement-ash core wall which connects with the cover section. This section has embankment berms both sides of the core with drainage being set downstream between the core and the berm and filter material set between the same upstream. A rubble layer protects the upstream face and a layer of hydrosown vegetable soil protects the downstream face from rain and serves to mould the dam into its surroundings.

KEYWORDS: ENDORHEIC BASIN, CHALKS, KARSTIFICATION, SUBSIDENCE, HYDROMILL, MARGARITIFERA AURICULARIA

INTRODUCCIÓN

Las obras de construcción del embalse de La Loteta y de la conducción desde La Loteta hasta el Canal Imperial de Aragón están siendo ejecutadas por las empresas ALDESA CONSTRUCCIONES S.A., FOMENTO DE CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS S.A. y F.C.C. CONSTRUCCIÓN S.A. en U.T.E. bajo la denominación de LA LOTETA U.T.E., con un presupuesto de ejecución por contrata de 39.593.359,37 €.

Los trabajos se empezaron el 14 de noviembre de 1998 y su fecha prevista de finalización es el 31 de diciembre de 2004.

El contrato de Asistencia Técnica para el Control y Vigilancia de las obras se adjudicó a la empresa INITEC e INTECSA en U.T.E.

OBJETO DE LA PRESA Y SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS OBRAS

Actualmente, la construcción del embalse de La Loteta tiene un doble objetivo: mientras que originariamente era exclusivamente un instrumento que facilitara la explotación del Canal Imperial de Aragón (CYA), posteriormente,

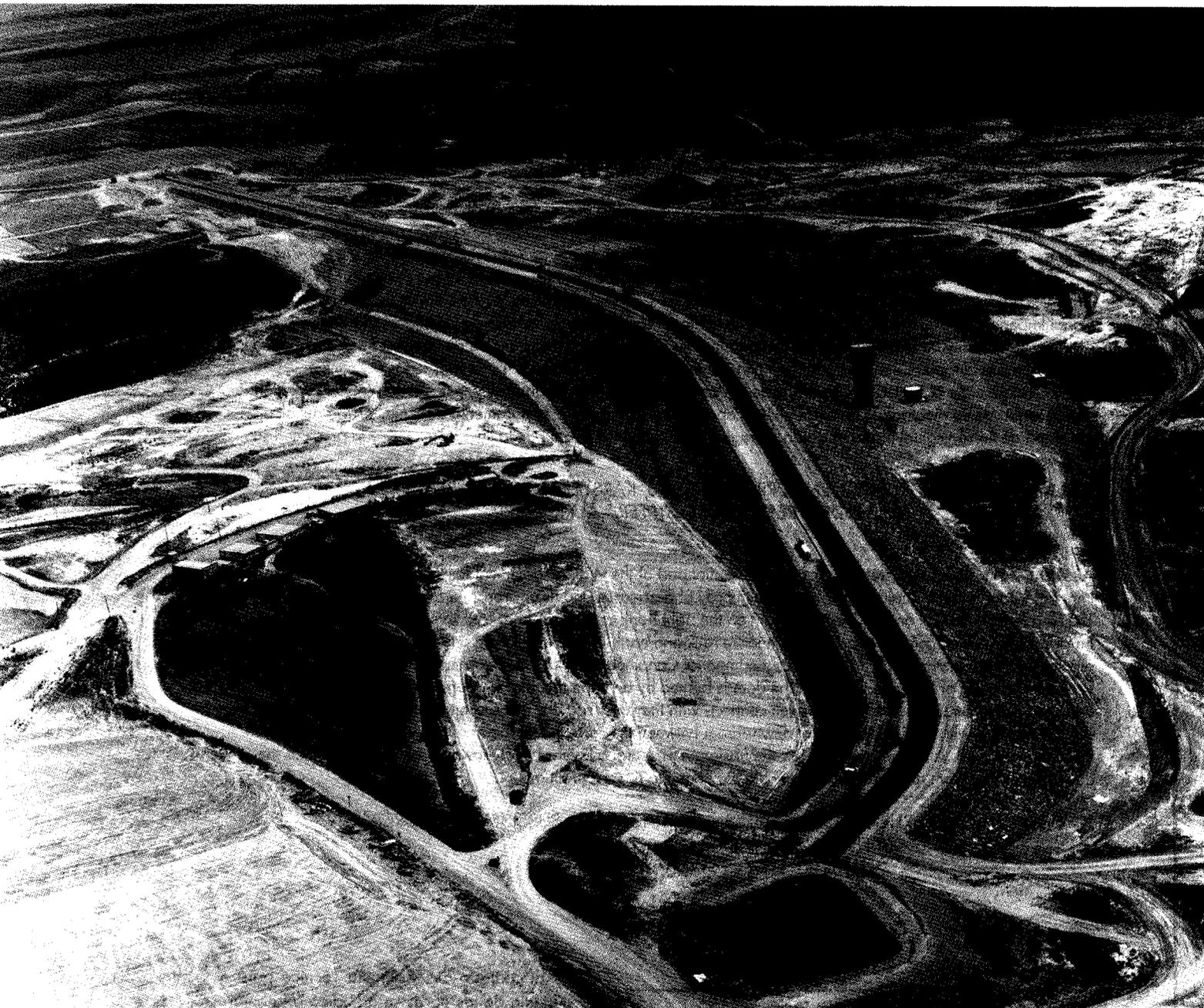


Fig. 1. Vista aérea de la presa en construcción.

y con el actual desarrollo del Plan de Abastecimiento de Agua de Calidad a Zaragoza capital y su entorno, La Loteta se ha convertido en un gran depósito regulador de dicho sistema donde se almacenará, en un futuro próximo, el agua proveniente del embalse de Yesa recrecido o del CYA.

El acceso a la presa está a una distancia de unos 44 kilómetros de Zaragoza, dirección hacia Logroño, desde la carretera N-232 de Vinaroz a Santander. Para el cruce sobre la Autopista A-68, Bilbao Zaragoza, se aprovecha el paso elevado existente en el PK-255 próximo al Área de Servicio de Gallur.

La presa se encuentra en los términos municipales de Gallur y Boquiñeni y el embalse afecta, además, a los de Luceni, Pedrola y Magallón.

ASPECTOS MAS RELEVANTES DE LA PRESA Y EL EMBALSE DE LA LOTETA

La cuenca hidrológica del embalse es de origen endorreico y de reducidas dimensiones, tan sólo 25 km² de superficie, lo que da lugar a unas aportaciones anuales

muy reducidas, 2,84 hm³, y a una pequeña avenida de proyecto (la de 1000 años de período de retorno) de 181,40 m³/s. Con tan poca superficie aportante no discurre un río permanente por el cauce sino sólo el intermitente arroyo del Carrizal.

El embalse de La Loteta se encuentra en una cubeta de fondo plano con laderas con poco desnivel y pendientes muy suaves. Su ubicación geográfica y topográfica es idónea puesto que, con una presa de tan solo 29 m de altura sobre el cauce, se consigue un embalse de 104,85 hm³. Sus 1086,70 ha de superficie (más del 40% de la cuenca) permiten almacenar la avenida de proyecto con tan solo 40 cm de elevación de la lámina de agua y sin la necesidad de un aliviadero convencional. Se trata de una presa de tierras atípica puesto que uno de los factores que menos ha influido en su diseño ha sido el aliviadero. El embalse se llenará con agua procedente de otras cuencas, mediante un bombeo desde el CYA o con los caudales procedentes de la acequia de Sora y del futuro embalse recrecido de Yesa.

Un relieve tan suave supone una cerrada muy abierta y obliga a una presa de gran longitud que se cimenta sobre una alternancia de niveles de margas con abundan-

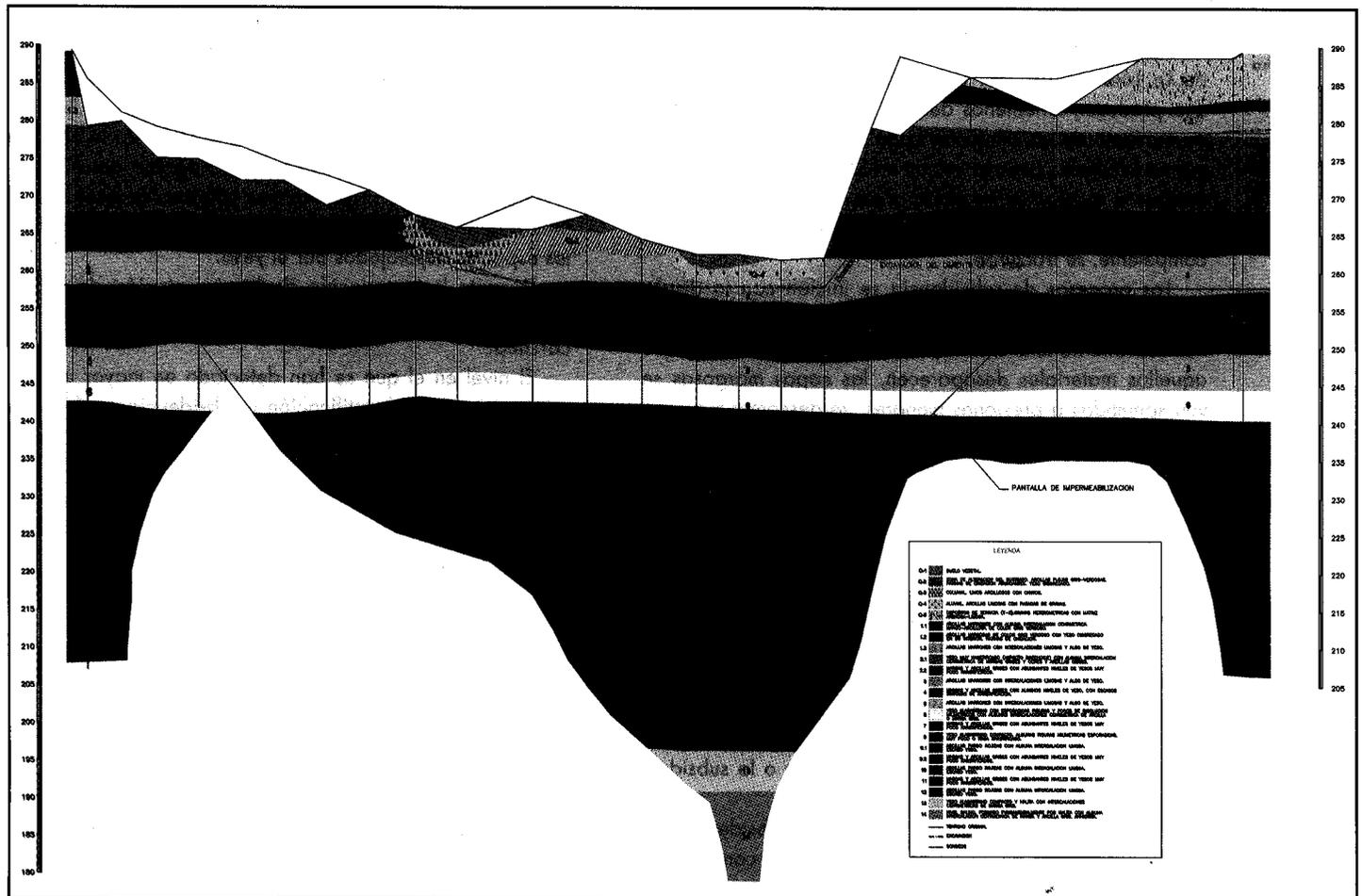
tes yesos y niveles de argilitas. Esto ha aconsejado construir un amplio tapiz que enlaza con una pantalla de impermeabilización para conseguir disminuir el gradiente hidráulico y la permeabilidad.

ENTORNO GEOLÓGICO

El área del embalse se encuentra enclavada geológicamente dentro del relleno terciario del sector central de la Depresión del Ebro. Corresponde a un episodio evaporítico continental de edad miocena (concretamente Aragoniense) dentro de la Formación Zaragoza, en el Miembro de Yesos de Mediana. Litológicamente, la cimentación de la presa está compuesta básicamente por dos series subhorizontales alternantes de margas grises con abundantes niveles de yesos y argilitas marrones y pardo-rojizas con escasa presencia de yeso. Por debajo de esta serie aparecen niveles salinos de halitas y glauberitas.

Durante la excavación de la cimentación se han detectado procesos de disolución y karstificación de yesos, habiéndose observado procesos de subsidencia.

Fig. 2. Corte geológico de la cerrada coincidente con la pantalla.



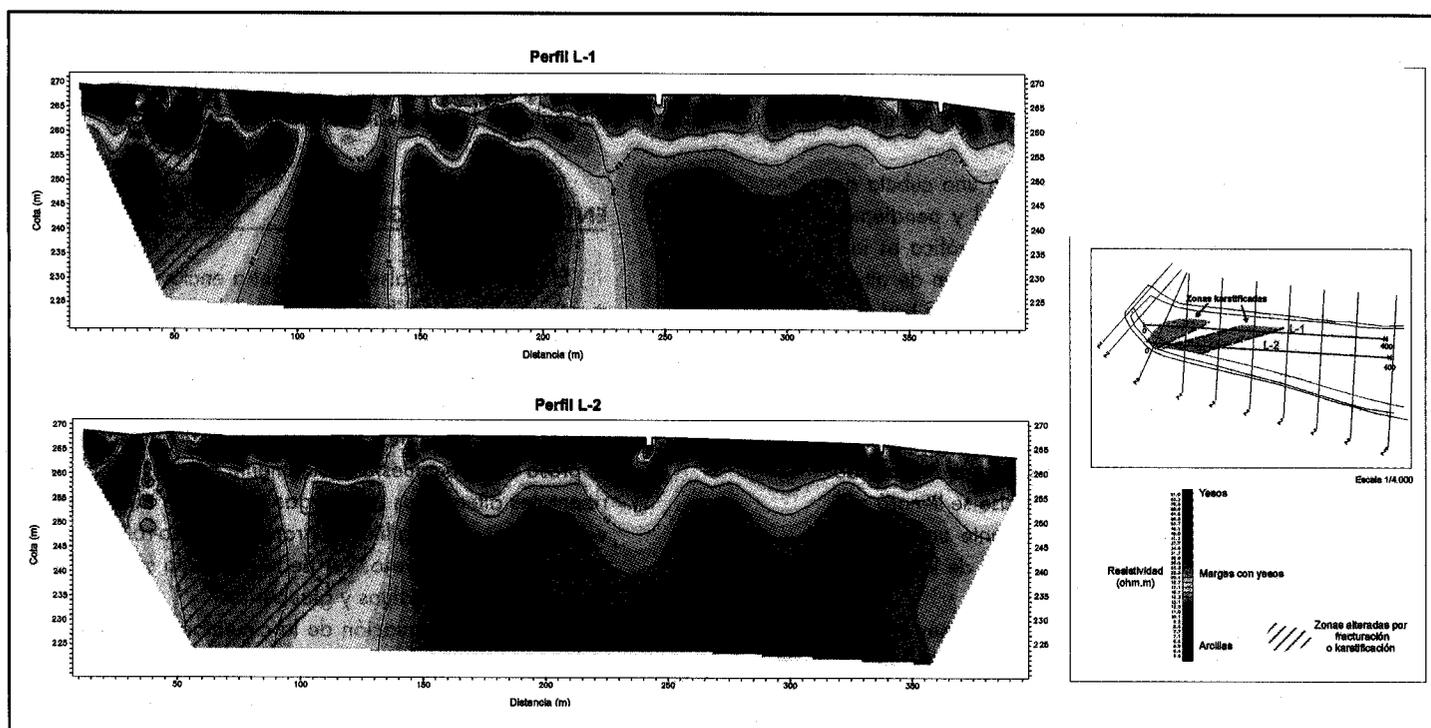


Fig. 3.
Tomografías en el estribo izquierdo. Las anomalías (zonas rayadas) corresponden con dolinas.

Los materiales que forman la cimentación de la Presa de La Loteta presentan procesos de disolución de yesos que producen fenómenos de subsidencia cárstica. El comportamiento de las diferentes capas viene determinado por sus propiedades geomecánicas e hidrogeológicas. Así, las margas y arcillas se amoldan a las formas subsidentes y los paquetes de yeso alabastrino, al ser un material más competente, se fracturan.

Los procesos de subsidencia se inician con la disolución total o parcial del yeso. Las capas de yeso se encuentran en alternancia con capas de marga, a medida que aquellos materiales desaparecen, las capas margosas se ven sometidas a presiones menores, se descomprimen, aumenta su volumen y su porosidad eficaz. Esta circunstancia aumenta la permeabilidad favoreciendo, a su vez, los procesos de disolución.

Todos estos fenómenos de karstificación están relacionados con procesos tectónicos previos a favor de fracturas y diaclasas.

A techo de estas zonas existe una capa de alabastro que hace las funciones resistentes, constituyendo una verdadera cúpula para los niveles karstificados inferiores. En el momento en que la porosidad es muy elevada y los bloques de yeso alabastrino no soportan el peso de los materiales suprayacentes, se produce el colapso o la subsidencia cárstica.

Como consecuencia, se produce una subsidencia de las arcillas y limos de las unidades superiores, con una forma típica de «cuello de botella». El colapso se va amorti-

guando a medida que la porosidad va disminuyendo motivada por la presión de los materiales que subsiden por gravedad.

El mecanismo de la subsidencia, a tenor de lo observado en los taludes de la excavación, parece que ha sido lento y continuado, sin observarse colapsos bruscos, permitiendo que la ductilidad de la marga se vaya adaptado a los espacios desalojados por el yeso.

Durante la excavación de la cimentación de la Presa, se han identificado ocho procesos de subsidencia cárstica.

El nivel en el que se han detectado en mayor medida estos procesos de karstificación y subsidencia es el que se ha denominado 2.1, especialmente en la mitad superior del mismo. Su estudio fue una de las principales inquietudes de los técnicos y, como consecuencia de su reconocimiento, se tomó la decisión de eliminarlo en todo el estribo izquierdo de la cimentación de la presa, lo que supuso excavaciones superiores a los 25 m de altura en algunos puntos.

DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS DE LA PRESA DE LA LOTETA

La presa de La Loteta tiene dos obras claramente diferenciadas: la que corresponde a la creación del embalse y la que se refiere a la conducción reversible que la conecta con el CYA.

TIPOLOGÍA, PLANTA Y ALTURA

La tipología adoptada para la presa es la de materiales sueltos, heterogénea y con núcleo impermeable. Su cota de coronación es la 292,00 m y su altura máxima sobre cimientos resulta de 34,00 metros. La longitud de coronación, medida según su desarrollo por el eje, es de 1.472,20 m.

SECCIÓN TIPO

La sección tipo tiene una anchura de coronación de 8,00 m, 6,00 m de los cuales corresponden a la calzada, disponiéndose dos aceras de 1,00 m de anchura. Para facilitar su desagüe, la coronación tiene una pendiente del 1% hacia el paramento de aguas arriba. Los dos taludes son de 25 en horizontal por 10 en vertical. Aguas abajo se ha dispuesto una berma de 5,00 m de anchura a la cota 266,00 constituida por un repié de material granular grueso.

El sistema de impermeabilidad de la presa tiene los siguientes elementos: un núcleo vertical y un tapiz, ambos de material arcilloso, y una pantalla plástica de bentonita cemento.

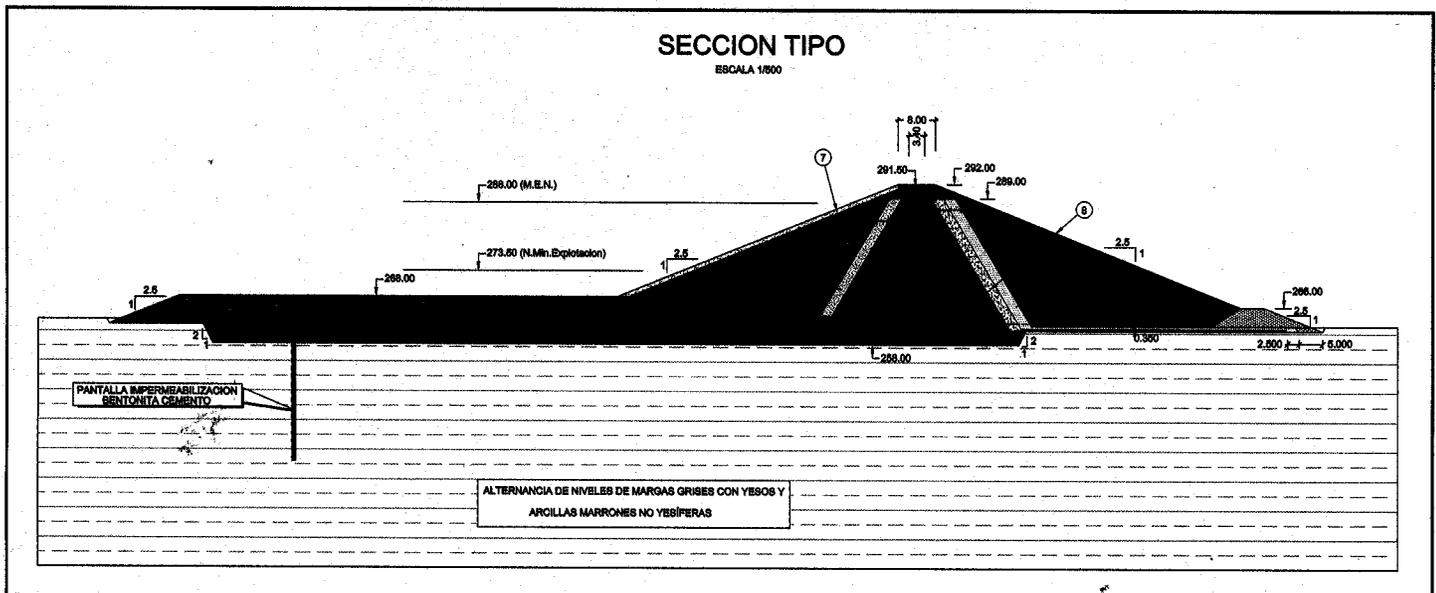
Los dos paramentos del núcleo tienen un talud de 6 en horizontal por 10 en vertical. Con el objeto de alargar el recorrido de las líneas de corriente y disminuir el gradiente, el caudal de filtración por debajo de la presa y, por tanto, la disolución de los yesos, se ha construido, con las mismas arcillas que el núcleo, un tapiz horizontal aguas arriba del núcleo y conectado con él de 6,00 m de espesor y anchura variable en función de la carga de agua.

Los dos espaldones se han construido con gravas procedentes de las terrazas cercanas. Este mismo material se ha utilizado, en una capa de 4,00 m de espesor, para proteger el tapiz. En el espaldón de aguas abajo se ha limitado la máxima cantidad de finos al 20% y en el de aguas arriba al 10%, en este caso es más importante una alta permeabilidad del material para que se disipen rápidamente las tensiones intersticiales y no comprometan la estabilidad del talud en el desembalse rápido.

Entre el núcleo arcilloso y el espaldón de aguas abajo se ha dispuesto una capa de filtro y, aguas abajo de ésta, otra de dren, ambas de 2,50 m de espesor. Ambas capas se prolongan aguas abajo por debajo del espaldón, habiéndose colocado directamente sobre el terreno, con espesores de 0,65 y 0,35 m respectivamente. Entre el núcleo arcilloso y el espaldón de aguas arriba hay otra capa, también de 2,50 m de espesor, de material de «transición» que evitará la migración de finos. Se obtuvieron tres tamaños después de machacar, cribar y lavar las gravas de las terrazas. Con la mezcla del mayor y el intermedio se ha fabricado el dren y con la del intermedio y el fino el filtro. Para el material de «transición» fue preciso cribar las gravas naturales.

Ha sido preciso proteger ambos paramentos de la erosión. El de aguas abajo, al estar constituido por material granular, es fácilmente erosionable por la lluvia y la escorrentía del agua caída en paramentos y coronación, y para su protección se ha dispuesto la extensión de una capa de tierra vegetal y una hidrosiembra. En el paramento de aguas arriba, para que el oleaje no produzca daños importantes, ha sido precisa la colocación de una capa de escollera procedente de la capa de mallacán que cubría las terrazas de los préstamos de gravas.

Fig. 4. Sección tipo de la presa.



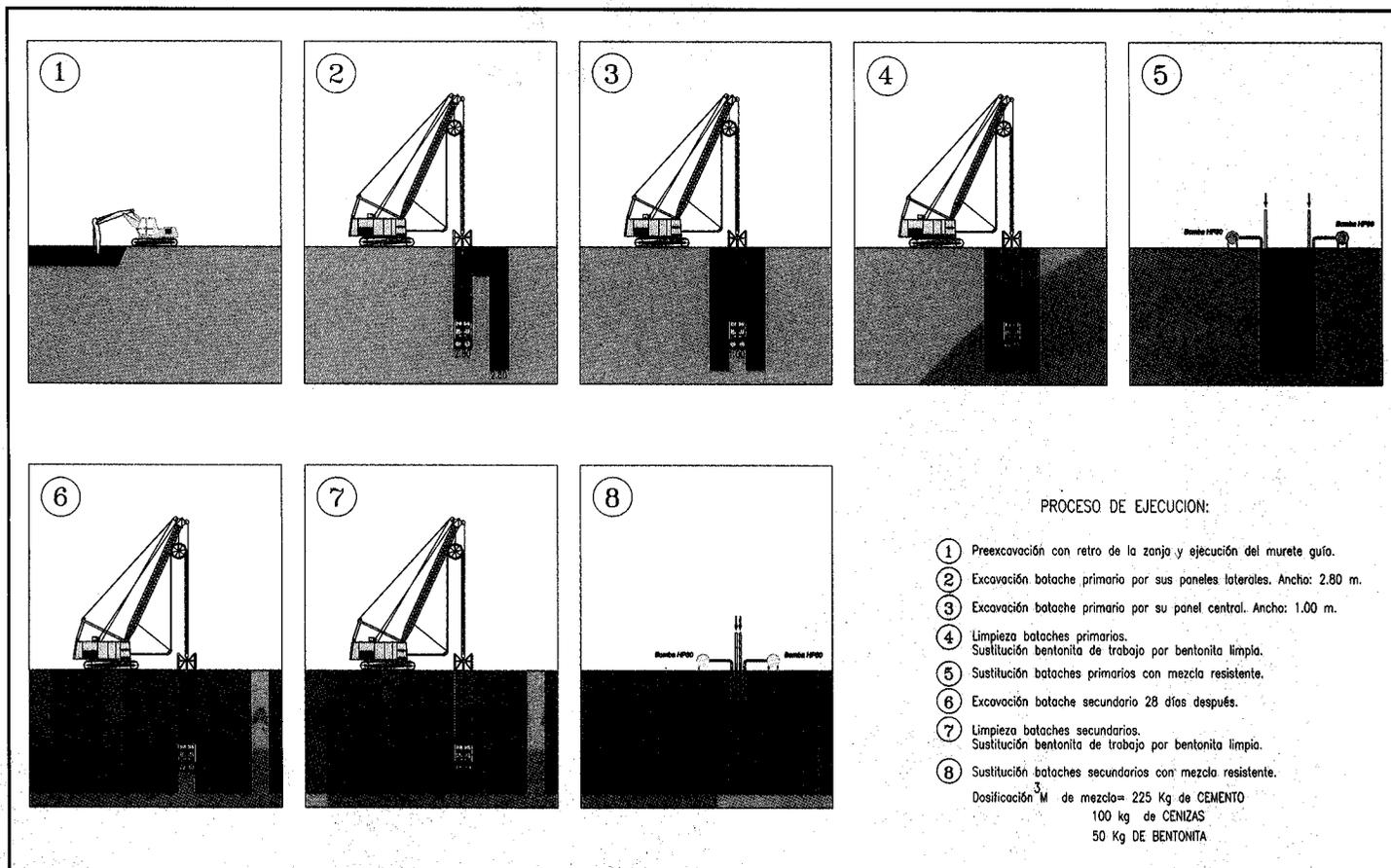


Fig. 5. Procedimiento de construcción de la pantalla.

PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN

La pantalla consiste en un muro continuo (sin juntas) cuyo objetivo es establecer una superficie impermeable que reduzca el gradiente hidráulico a través del cimient. Construida en la parte de aguas arriba y a lo largo de todo el cimient, tiene una longitud de 1.580 m y se sitúa a una distancia variable del eje de presa, con un máximo de 123,94 m. Se dividió, para su ejecución, en 412 bataches, ha alcanzado una profundidad variable en función de la permeabilidad del terreno y su espesor es de 80 cm.

En su excavación se han empleado un equipo de hidrofresa y una central de fabricación de la mezcla de bentonita cemento que, debido a la gran longitud de la pantalla, tuvo que experimentar un traslado para optimizar los transportes de materiales de construcción y detritos. La ejecución de esta unidad duró once meses, desde abril de 2000 a febrero del 2001, con 166 días efectivos de trabajo.

A la mezcla de bentonita, cemento y cenizas, constituyente de la pantalla se le exigió una cierta resistencia (mayor de 3 kg/cm² a los 28 días). Se han utilizado diferentes

dosificaciones de mezcla, la más repetida, por metro cúbico de mezcla, es la siguiente: 225 kg de cemento (Olazaguiña III/B), 65 kg ceniza volante (procedente de la central térmica de Andorra) y 50 kg de bentonita.

REBOSADERO DE SUPERFICIE

Como ya se ha indicado, el embalse de La Loteta carece de un río con aportaciones importantes y su llenado se proyectó con un bombeo de agua desde el CYA (y actualmente también con la procedente de la acequia de Sora). En estas circunstancias no se requiere un aliviadero tradicional, ya que, con una sobreelevación de unos 40 cm, puede almacenarse la escorrentía procedente de una precipitación de 1000 años de período de retorno.

El rebosadero es de labio fijo, rectangular, tiene 1,00 m de longitud y está situado a la cota 288,00, correspondiente al nivel máximo normal (NMN). Se encuentra en la torre de acceso a la cámara de compuertas de la presa y, mediante una transición, se conecta con un conducto circular, de 500 mm de diámetro, que desciende adosado a la propia torre y desagua en el canal de descarga del desagüe de fondo complementario.



TOMA

La conducción entre La Loteta y el CYA tiene un carácter reversible por lo que la obra de toma en el embalse debe contar con las dos posibilidades: la propia de una toma que permita la entrada del agua en la conducción para que se pueda conducir, por gravedad, hasta el CYA y la inversa, funcionando como desembocadura, cuando la conducción aporta agua bombeada desde el Canal hasta el embalse.

La embocadura en la presa consta de una estructura de hormigón armado a la cota 273,40, dotada de 8 rejas de acero verticales, colocada sobre una pirámide rectangular truncada de hormigón, que contiene la transición de entrada de la toma, un tramo vertical del tubo de acero de 3,00 m de diámetro, un codo y otro tramo horizontal.

A continuación, la conducción pasa por debajo de la torre de acceso. En este espacio cuenta con las correspondientes transiciones de circular a rectangular, entre las que se encuentran dos válvulas BUREAU de 2,00 m de anchura y 2,50 m de altura, dotadas de by-pass y aireación. La entrada a todo este sistema tiene un diámetro de 3,00 m y la salida se produce con un diámetro de 2,50 m.

El paso bajo la presa de la tubería de toma de 2,50 m de diámetro, fabricada en chapa de acero de 12 mm de espesor, se realiza por el interior de una galería accesible, construida en túnel artificial, que aloja también en su interior el canal de descarga del desagüe de fondo complementario.

DESAGÜE DE FONDO COMPLEMENTARIO

La conducción desde el embalse hasta el CYA puede ser utilizada también como desagüe de fondo. Con el objeto de duplicar éste elemento, tal y como ordena la normativa y aconseja la buena práctica, se ha construido un segundo elemento, el denominado desagüe de fondo complementario.

Fig. 6. De izquierda a derecha, desagüe de fondo, toma y torre de acceso.

rio. Su embocadura se ubica más adelante que la de la toma y a una cota algo inferior, la 271,00.

El desagüe de fondo consiste en un conducto en presión que cuenta con una válvula de seguridad tipo BUREAU de 1,25 m de ancho y 1,50 m de altura, con by-pass y aireación mediante ventosa, y una compuerta de maniobra tipo TAINTOR para el mismo vano. Todos los elementos mencionados se ubican en la misma cámara de compuertas que los de la toma. Bajo la TAINTOR se restituirán los caudales al canal de descarga que pasa por la misma galería que la conducción de la toma, tras recorrer la galería por el canal de descarga se restituirán al arroyo del Carrizal.

La capacidad de este desagüe de fondo complementario, con el embalse a su nivel máximo normal (288,00) es de 27,10 m³/s, con lo que, su maniobra conjunta con la toma, permite el vaciado del embalse hasta la cota 271,50 en 28 días.

TORRE DE ACCESO A LA CÁMARA DE VÁLVULAS Y GALERÍA ACCESIBLE

Como ya se ha indicado, en la cámara de válvulas se han dispuesto los mecanismos para el accionamiento de la

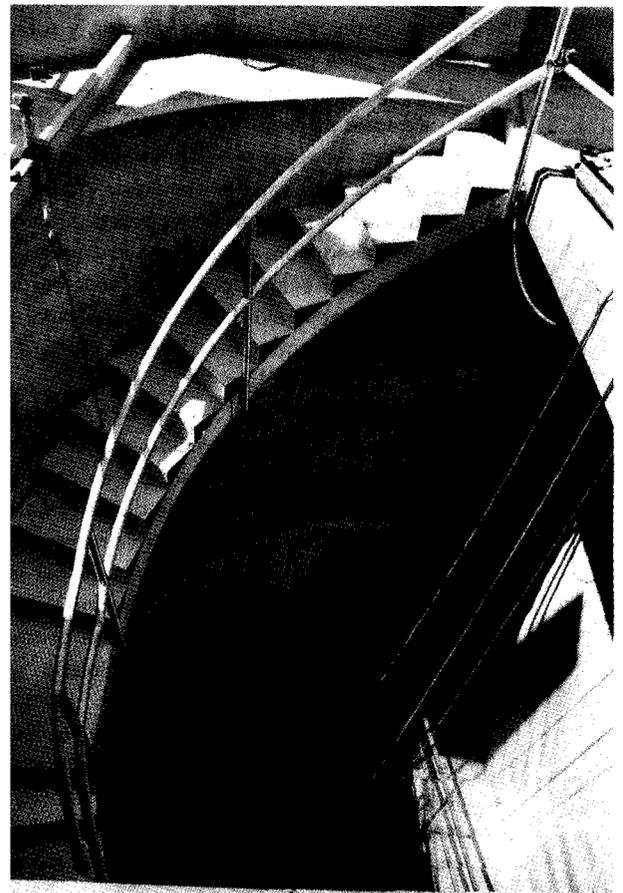


Fig. 7. Interior de torre de acceso.

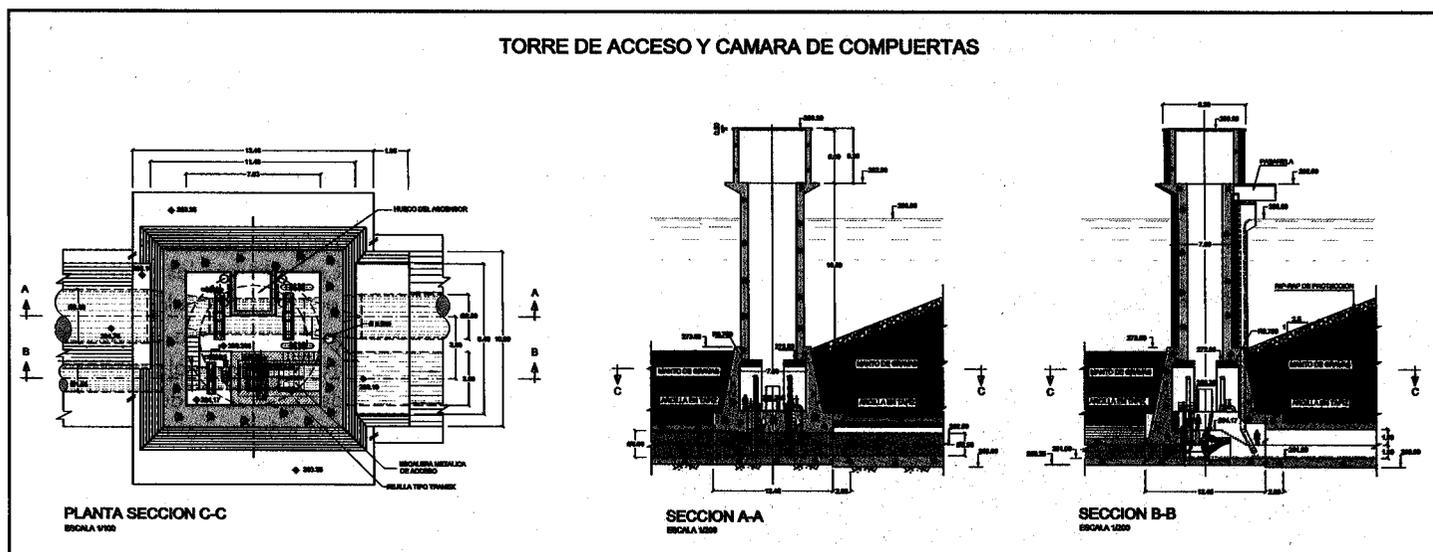


Fig. 8. Torre de acceso y cámara de compuertas.

toma reversible desde el CYA y del desagüe de fondo complementario.

Para acceder a la plataforma en que se accionan las compuertas se ha construido una torre de hormigón armado que consta de un basamento de sección cuadrada de 13,46 m de lado, dentro del cual se alojan las transiciones antes citadas y el tramo de válvulas, y sobre el que se dispone la torre propiamente dicha. El conjunto queda situado en el pie de aguas arriba de la presa.

La torre es cilíndrica de 6,00 m de diámetro interior y de 75 cm de espesor constante, entre las cotas 273,50 m y la cota 292,00 m. Por debajo de la primera de estas dos cotas, la torre presenta forma tronco piramidal, y, por encima de la segunda, se emplaza la cámara superior de acceso, la cual enlaza con la coronación de la presa mediante una pasarela de sección estructural mixta de acero y hormigón armado de 4,00 m de anchura, cuya luz entre apoyos es de 47,71 m.

Entre las cotas 290,15 y 292,00 se disponen once ménsulas de hormigón armado, unidas en cabeza por una losa de hormigón, de modo que se pasa de una sección exterior circular de 7,50 m de diámetro a una sección poligonal de 11,916 m de diámetro circunscrito.

La cámara superior está formada por doce pilares de hormigón armado unidos por sendas riostras a las cotas 292,00 y 298,00 y por una losa en coronación. Los huecos entre pilares se cierran con cristalería.

La plataforma de accionamiento, en la cámara de válvulas, se sitúa a la cota 266,53 m, accediéndose a ella desde la coronación de la presa mediante la pasarela anteriormente descrita y una escalera metálica colocada perimetralmente por el interior del hueco de la torre. También se ha previsto la instalación de un ascensor por el interior del fuste.

A la cota 296,50 se colocará un polipasto de 6 t y, a la 271,00, un puente grúa de 6 t para facilitar las labores de conservación y mantenimiento de los distintos elementos hidromecánicos ubicados en la torre de compuertas.

También hay acceso a la cámara de compuertas por la galería, ya mencionada en un punto anterior, que atraviesa el cuerpo de la presa. El tramo entubado, accesible dentro del cuerpo de presa, tiene una longitud de 271,40 m y se sitúa a continuación del basamento de la torre de válvulas. La sección de la galería, de hormigón fuertemente armado, tiene una geometría interior y exterior abovedada, el ancho y la altura máxima interiores son de 6,50 m y 4,00 m respectivamente. Esta galería se prolonga 153,40 m en el exterior de la presa. Como ya se ha comentado, en la galería se disponen la tubería de toma, de 2,50 m de diámetro, el canal de descarga del desagüe de fondo complementario, de sección rectangular de 2,00 m de anchura y 1,50 m de altura, y un acceso a la cámara de compuertas.

AUSCULTACIÓN

La presa de La Loteta, por su singularidad, especialmente en lo referente al cimientado, ha de contar con un importante sistema de auscultación que permita conocer el comportamiento de la presa en sus distintas fases: construcción, puesta en carga y explotación.

Para ello, se ha diseñado un Plan de Auscultación, de forma que se puedan conocer las siguientes magnitudes:

- Asientos producidos durante la construcción y el primer llenado.

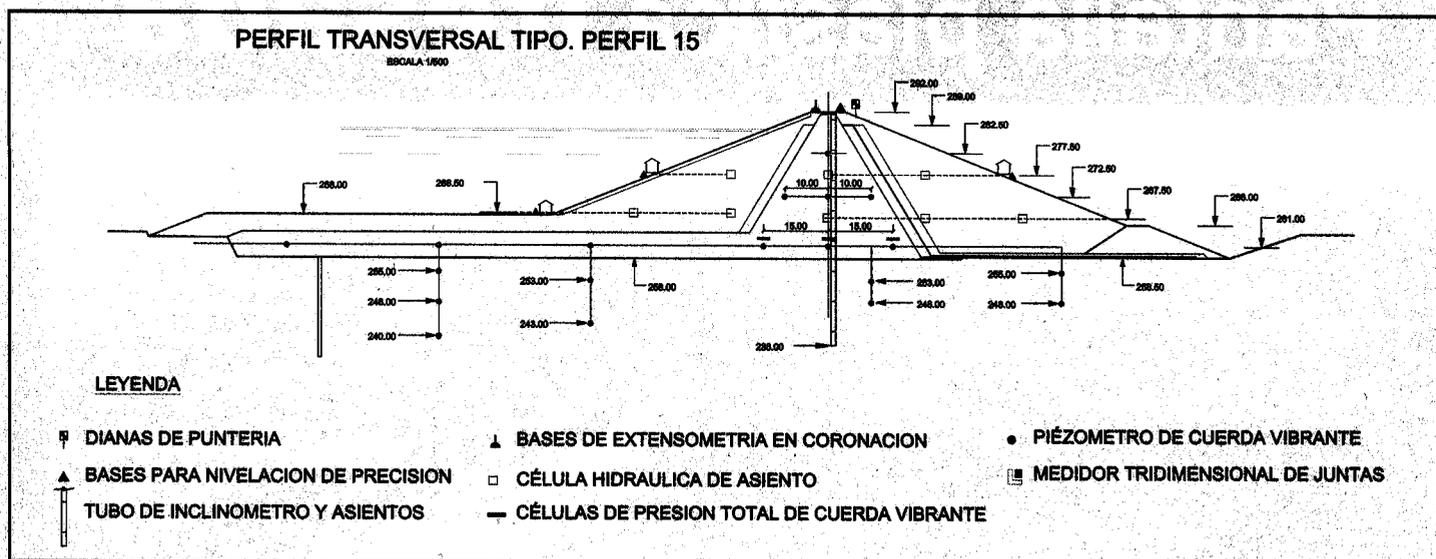


Fig. 9. Sección tipo característica de la auscultación.

- Movimientos y deformaciones unitarias originados en la presa, especialmente en el núcleo.
- Presiones intersticiales en el cuerpo de presa.
- Control de filtraciones totales y nivel freático aguas abajo.
- Estado de presiones totales y efectivas.
- Control de deformaciones en la galería.
- Variables meteorológicas.

Para medir todas estas magnitudes se han colocado los preceptivos aparatos de auscultación, a los que se dotará de un sistema de lectura centralizado que permita conocer el estado de la presa en todo momento.

PRINCIPALES SERVICIOS AFECTADOS POR EL EMBALSE

Dentro del vaso del embalse se encuentran dos importantes infraestructuras de transporte de energía que será necesario desviar antes del primer llenado del embalse. Son el gasoducto Tivisa-Haro, que explota ENAGAS, y una línea eléctrica a 220 kV, propiedad de E.R.Z. Los trazados alternativos de las variantes suponen unas longitudes del orden de 7,5 km y 7,8 km, para el gasoducto y la línea, respectivamente.

CONDUCCIÓN AL CANAL IMPERIAL DE ARAGÓN

La conducción, que contará con una longitud próxima a los 2900 m, será de uso reversible utilizándose tanto para el llenado del embalse mediante bombeo como para entregar al CYA el agua depositada en La Loteta.

A la salida del túnel que atraviesa la presa se dispondrá una pieza especial que bifurcará la conducción

de acero de la toma, de 2500 mm de diámetro, en otras dos de hormigón postesado con camisa de chapa y junta soldada, de 1800 mm de diámetro y 5 atmósferas de presión nominal. El paso en los cruces con la autopista A-68 y la carretera N-232 se resolverán mediante hincado de tubería reforzada de hormigón armado con camisa de chapa y junta soldada.

La duplicación de la conducción permitirá el mantenimiento del servicio de la presa y de la conducción en caso de avería de uno de las dos tuberías. Éstas se disponen en zanja poco profunda cuya coronación se aprovecha para establecer el camino de servicio.

Para impulsar el agua desde el CYA hasta el embalse se instalarán 6 bombas de 1400 kW de potencia cada una, tres en cada una de las dos tuberías. La protección de sobrepresiones y depresiones por golpe de ariete se confiará a dos parejas, una por cada conducto, de calderines hidroneumáticos de 100 m³ de capacidad y 5 kg/cm² de presión de servicio.

A la salida de los calderines hacia el CYA se ha previsto una derivación a 45 grados sexagesimales, anclada y provista de una brida ciega que permitirá la posterior conexión de una central hidroeléctrica para recuperar parte de la energía utilizada en el bombeo.

La restitución al Canal será mediante sendas válvulas de chorro hueco de 1.600 mm de diámetro que verterán al correspondiente cuenco amortiguador.

El edificio de bombas tendrá 27,00 m de longitud y 18,20 m de anchura.

El caudal nominal de bombeo se establece en 13,00 m³/s para el conjunto de los seis grupos y para el nivel máximo normal en el embalse, con una elevación geométrica de 42,90 m y una altura manométrica de 49,92 m.



Fig. 10. Planta de machaqueo para la fabricación del filtro y el dren.

LOS PRINCIPALES MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA

La presa de La Loteta, está conformada los siguientes materiales diferenciados:

- La arcilla. Este material proviene de una cantera situada en las proximidades del cerro Puinegrel (Gallur), aproximadamente a 1,5 km de la presa. Sus características varían con la cota de explotación de la cantera, según se atraviesen zonas más o menos limosas, y pueden clasificarse como CL ó CH. Con sus cerca de 20 m de frente de excavación, ha suministrado los aproximadamente 1.300.000 m³ de material necesarios para la construcción del núcleo y del tapiz impermeable.
- Los espaldones. Las terrazas del Ebro, situadas en las proximidades de la cerrada, en ambas márgenes de la presa, han suministrado el material para esta zona de la presa. Sus características son bastante homogéneas, estando constituidas fundamentalmente por arenas muy finas (de génesis fluvio eólica) y gravas aluviales, lo

que les confiere una adecuada resistencia al corte y una permeabilidad media a baja. La presencia de capas cementadas (mallacán), han dificultado la extracción de los cerca de 1.400.000 m³ de necesarios. Se ha realizado una selección, en función del contenido de finos, entre el material colocado aguas arriba (< 10% de finos) y aguas abajo (< 20% de finos).

- El material tipo filtro. Las arenas naturales de la zona son también de origen fluvio eólico (muy finas) y tienen poco material entre 0,5 mm y 5 mm (escasez de arena gruesa y grava fina). Estas características han hecho que se desistiera de utilizar un filtro dren monocapa, procedente de materiales sin procesar, ya que, con este material, no es posible conseguir la permeabilidad y estabilidad exigibles. Por ello se ha optado por desdoblarse ambas funciones (dren y filtro) fabricando el material filtro en forma de arena, mediante machaqueo, lavado, clasificación y dosificación de los acarreos de las terrazas.

- El material tipo dren. Al igual que el material del filtro, ha precisado el tratamiento de los acarreos de la



Fig. 11.
Ejemplar de
Margaritifera
Auricularia.

terrazza hasta conseguir el material en forma de grava.

- El material de transición. El material de transición se ha dispuesto adosado a la cara asuso del núcleo. Se han obtenido por cribado de los acarreo de la terraza. El objeto de este proceso ha sido eliminar los elementos gruesos (> 5 cm), con el fin de evitar la formación, por segregación, de «nidos de grava».
- Escollera del paramento de aguas arriba. Este material protege a la presa de la acción del oleaje y conforma el paramento externo del espaldón, en contacto con el embalse.
- El material del repié de aguas abajo. Conformar la berma de aguas abajo en la zona central de la presa. Está constituido por los gruesos no aptos para la transición de aguas arriba. Procede, por tanto, de los acarreo de las terrazas próximas.
- Tierra vegetal. El paramento de aguas abajo de la presa se ha cubierto con una capa de tierra vegetal seleccionada entre las de los campos que se verán inundados por el futuro embalse. Para la selección de las especies a sembrar se realizó una prueba con una mezcla muy rica (10 semillas diferentes) en una superficie de la presa.

MEDIDAS CORRECTORAS DEL IMPACTO AMBIENTAL

El proyecto de construcción del Embalse de La Loteta y Conducción desde La Loteta hasta el Canal Imperial de Aragón fue declarado ambientalmente viable mediante

resolución de 27 de Mayo de 1994 de la Dirección General de Política Ambiental.

A fin de garantizar el cumplimiento del condicionado que definía la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), se elaboró un Programa de Vigilancia Ambiental, para cuyo seguimiento se constituyó una Comisión de Seguimiento Ambiental que ha implicado a todos los colectivos concurrentes en las obras, y ha constituido un foro de toma de decisiones con la participación de la administración de la Comunidad Autónoma competente en materia medioambiental.

Las actuaciones más destacadas llevadas a cabo hasta la fecha en cada uno de los capítulos contemplados en la DIA, se indican a continuación:

- Permeabilidad territorial: Con el objetivo de garantizar la continuidad territorial de las vías pecuarias se ha diseñado un nuevo trazado apoyándose en la red caminos existentes, contándose con la aprobación por parte de la Diputación General de Aragón (DGA).
- Sistema hidrológico: Se han realizado por personal especializado, estudios de prognosis de la posible eutrofización del embalse.
- Protección de ecosistemas: Dada la presencia constatada de *Margaritifera Auricularia* en el CYA se ha prospectado el tramo del Canal afectado, con la colaboración de personal investigador autorizado perteneciente al Museo de Ciencias de Madrid y de la DGA. En las dos campañas realizadas se han capturado un total de tres ejemplares que han sido trasladados a un emplazamiento seguro.
- Protección de yacimientos arqueológicos: Prospectada la totalidad de la superficie a inundar por arqueólogos, no se han detectado yacimientos de interés significativo, circunstancia certificada por el Departamento de Cultura de la DGA.

Además de los aspectos enumerados, el avance de la obra ha supuesto generar un importante volumen de inertes, no utilizables en la construcción de la presa, cuya área de depósito no se contempla en el Estudio de Impacto Ambiental. Se trata de los procedentes de la excavación de cimientos de la presa (1.500.000 m³), así como de los materiales de desecho generados en las canteras de préstamos. En el primer caso se ha optado por utilizar como área de depósito, la zona de embalse muerto situada en el interior del vaso bajo la cota del desagüe de fondo. En el segundo caso se están empleando como zonas de depósito las propias canteras de obtención de áridos en las que se está llevando de modo ordenado el control de la explotación y la restauración del vaciado. ■