

Presas de Alcorlo

Por LUIS YGES GOMEZ

Ingeniero de Caminos, C. y P.

DATOS GENERALES

La presa de Alcorlo está situada en el río Bor-nova, provincia de Guadalajara.

Es una presa de materiales sueltos con núcleo de arcilla inclinado hacia aguas arriba, de 74 me-tros de altura (cota en cimientos: 849,5 metros; cota en coronación: 923,50 metros).

Los taludes son 1:1,7 aguas arriba y 1:1,4 aguas abajo. La longitud de coronación son unos 290 metros y el ancho de ésta ocho metros.

El volumen de materiales colocado ha sido aproximadamente:

- Núcleo: 265.000 m³.
- Escollera: 762.000 m³.
- Filtros: 155.000 m³.

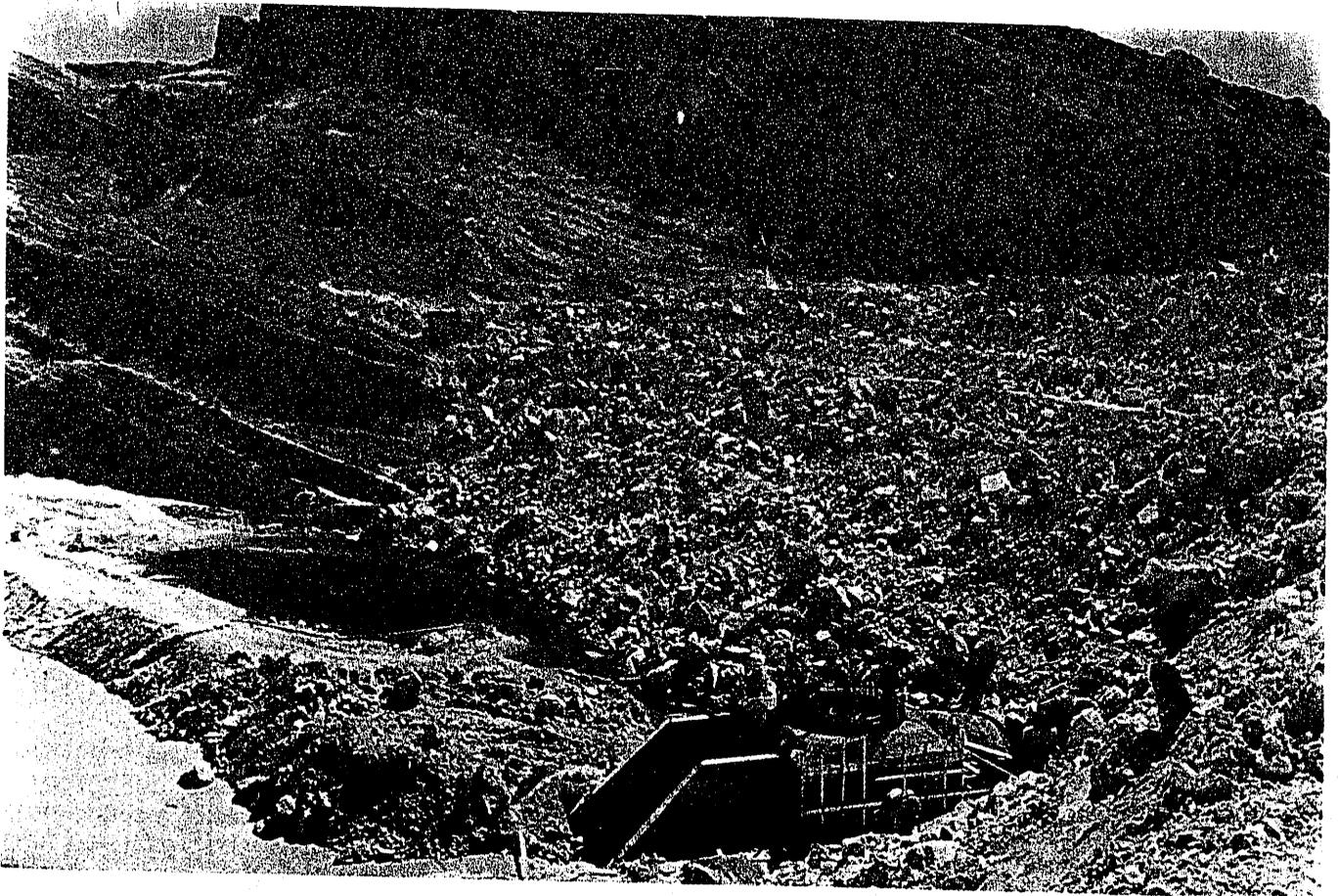
Dando un total de 1.182.000 m³.

Consta de un aliviadero lateral de labio fijo de 258 m³/seg. de capacidad, un desagüe de fondo de 50 m³/seg. de capacidad y uno de medio fondo de 7 m³/seg. de capacidad. El embalse tiene una capacidad de 180 Hm³ y una superficie de cuenca de 366 Km².

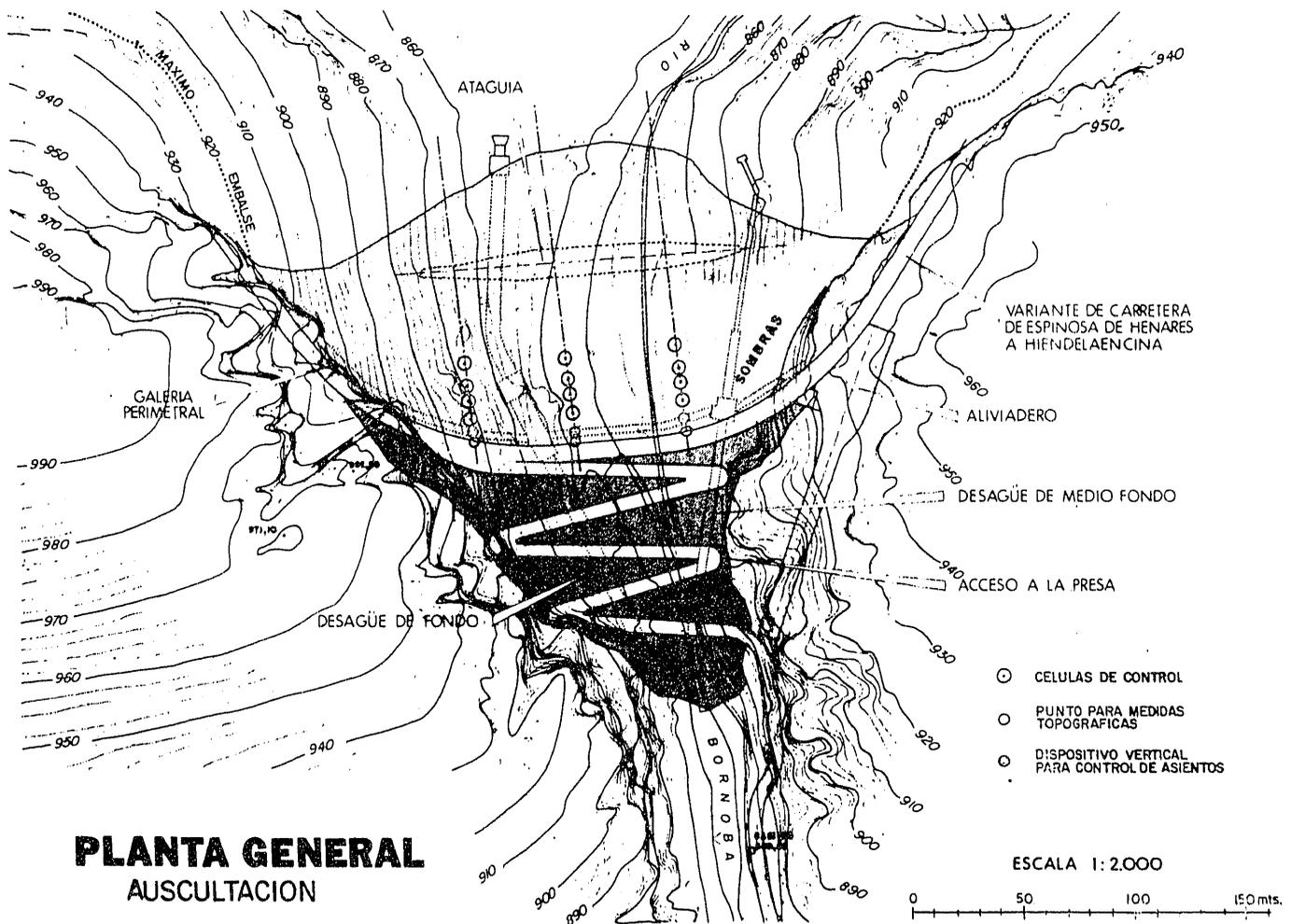
La presa está emplazada sobre una banda cre-tácea, principalmente calcárea, perpendicular al río y buzando 20° hacia aguas abajo con cuatro niveles estratigráficos: el macizo superior con pre-dominio de calizas dolomíticas pertenecientes al Senonense-Turonense, dos niveles a continuación uno de calizas y otro más bajo de margas corres-pondientes al Turonense-Cenomanense y, final-mente otro más bajo de arenas y arcillas pertene-cientes al Albense.

Ya en el Doceavo Congreso de Grandes Presas se comentaban los posibles problemas de sifona-miento que se podían producir. Hoy día, con más

Vista general aguas arriba



PRESA DE ALCORLO



PLANTA GENERAL AUSCULTACION

conocimiento del sitio debido a las excavaciones y a los tratamientos de inyección, se ha puesto en evidencia que está en una zona kárstica que habrá que tratar convenientemente.

La planta de la presa es cóncava vista desde aguas arriba por ir buscando la cimentación del núcleo en la zona más impermeable posible.

CIMENTACION DEL NUCLEO

Al hacer las excavaciones para la cimentación del núcleo se han tenido siempre dos preocupaciones: roca sana y variación lo más suave posible en los taludes. Con estas dos preocupaciones siempre pendientes se ha llegado a realizar más excavación de la prevista en proyecto, ha sido necesario tratar un conjunto de diaclasas y colocar un hormigón de regularización, es decir, en zonas donde para conseguir una variación de pendiente suave era necesario hacer una gran excavación, se ha sustituido ésta por un macizo de hormigón. Esto ha sido posible en toda la cerrada excepto en una zona de los estribos donde la ladera es vertical y, por tanto, cualquier solución de conseguir variación de pendiente suave con exca-

vación o con hormigón era muy caro, por lo que se ha dispuesto en la arcilla del núcleo y en la capa de filtros de aguas abajo primero un ensanche de la zona y a continuación una columna cilíndrica de filtros.

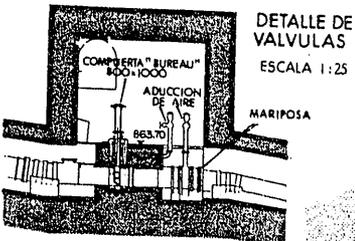
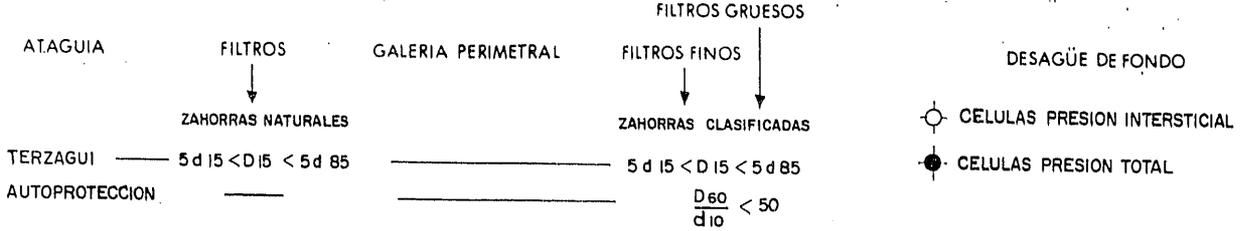
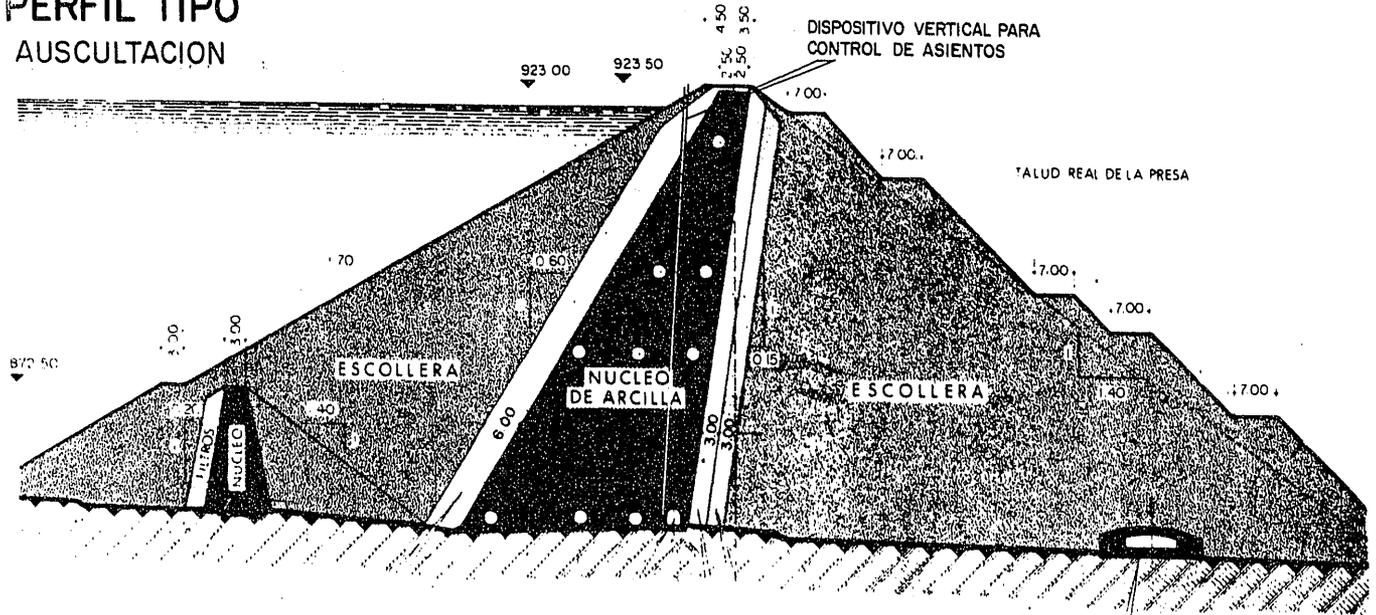
En aquellas partes de la cimentación del núcleo en las que existía alguna fuente o manantial, se inyectó para cortar el agua; a lo largo de la galería perimetral se han dejado unos tubos atravesando el hormigón por si en cualquier momento hubiese que tratar alguna zona de la cimentación.

FILTROS

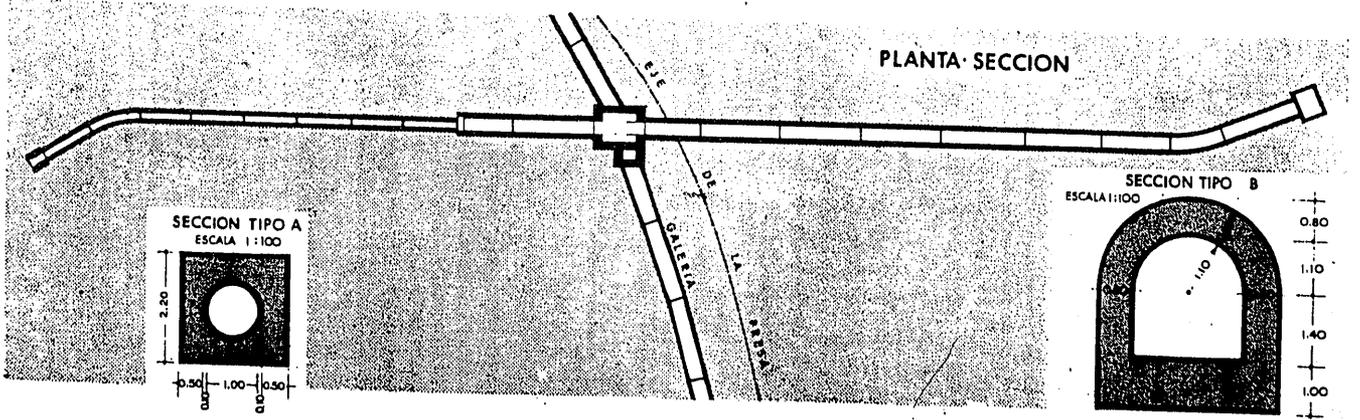
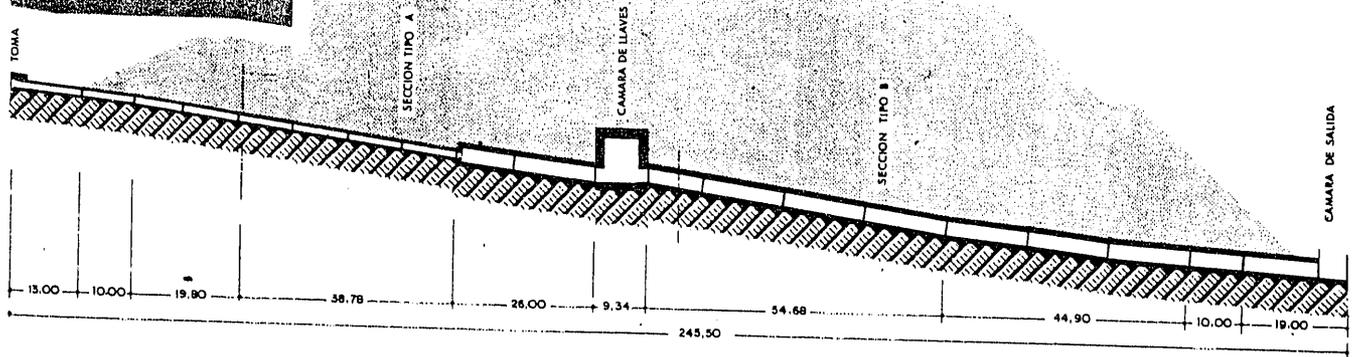
Teniendo en cuenta dos circunstancias, primero la forma geométrica de la planta de la presa, necesaria para que la cimentación del núcleo fuese en roca impermeable, pero con el inconveniente de la posible formación de grietas en la zona de estribos, y segundo, la zona kárstica próxima a la cimentación del núcleo en la margen derecha se decidió proteger el núcleo de la mejor manera posible una aumentando el espesor de filtro natural de aguas arriba de cuatro metros a seis metros y otra aumentando también el espesor del de aguas

PRESA DE ALCORLO

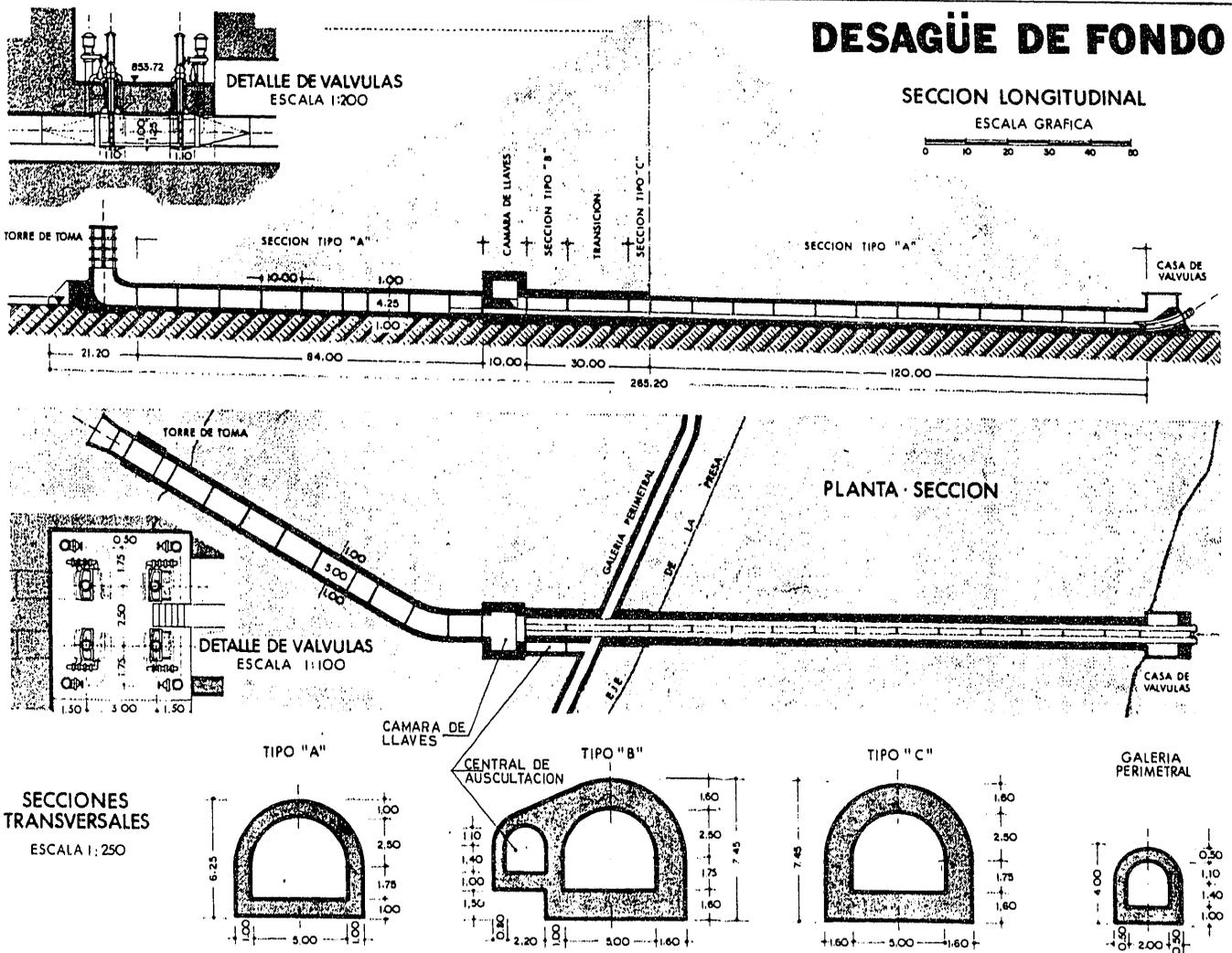
PERFIL TIPO AUSCULTACION



DESAGÜE DE MEDIO FONDO



DESAGÜE DE FONDO



abajo de cuatro a seis metros, colocándolos en dos capas, la más próxima al núcleo con filtros finos de tres metros de espesor, a continuación otra capa de filtros gruesos.

Leyendo el artículo de don Guillermo Bravo en el libro *Grandes Presas. Experiencias españolas en su proyecto y construcción 1976*, en las páginas 240 y 241 podemos destacar:

“En España es normal utilizar la doble condición (expuesta por Terzaghi en 1922).

$$5 d_{15} < D_{15} < 5 d_{85}$$

y se recomienda que el filtro tenga granulometría continua:..

En el último decenio la técnica mundial y asimismo la técnica española, se han ocupado de revisar el tema de los filtros estudiándolos más a fondo por los tres motivos siguientes:

- Unos filtros adecuados, dispuestos a ambos lados del núcleo, pueden ser la mejor salvaguardia contra el agrietamiento del núcleo.
- En bastantes casos el coste global de los

filtros representa un porcentaje nada despreciable del total de la obra.

- El filtro debe conservarse sin posibilidad de degradación; es decir, hay que cuidar que el agua percolante no arrastre partículas del filtro hacia los huecos de la escollera.

En otras palabras, la escollera ha de cumplir las condiciones de filtro respecto del filtro propiamente dicho.

Autoprotección.

Paralelamente, al estudiar la mejor posibilidad de desplazarse partículas del filtro hacia los huecos de la escollera se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Las partículas suficientemente gruesas del filtro, merced a su propio tamaño, no son arrastradas por el movimiento de percolación del agua.
- Las partículas finas del filtro, las únicas que pudieran ser arrastradas, no podrán moverse si son mayores que los huecos existentes entre las partículas gruesas.

La segunda conclusión ha llevado al concepto de autoprotección del filtro. Existen diferentes criterios para valorar esta facultad de autoprotección. Frecuentemente se impone la condición:

$$\frac{D_{60}}{D_{10}} < 50$$

En 1968 Lubochkav señaló que podría ser degradable un filtro cuya curva granulométrica se aparte mucho de la línea recta, granulometría uniforme y forme un codo pronunciado.

También del libro *Embankment-dam Engineering Casagrande*, en la página 24, dice:

"Para minimizar la segregación del material de filtro se necesita un coeficiente de uniformidad (relación del D 60 al D 10) no mayor que 20".

Por último, en el Décimo Congreso de Grandes Presas. Q. 36 - R. 28, página 456:

"Espesor de las zonas de transición".

En caso de fisuración, es importante asegurar que una circulación de agua a través de tales fi-

suras no arrastrará demasiadas partículas. Una zona de transición suficientemente ancha para que no sea atravesada por las fisuras y con una granulometría escogida para prevenir la erosión de partículas finas, es la mejor protección. La disponibilidad de buenas arenas y gravas naturales y las consideraciones precedentes han obligado a escoger un espesor del mismo orden que aquel del núcleo para las zonas de transición.

Otra medida para evitar la formación de fisuras de tensión en coronación es curvar el eje de presa con un radio de 800 metros (igual que en Alcorlo, pero al revés)".

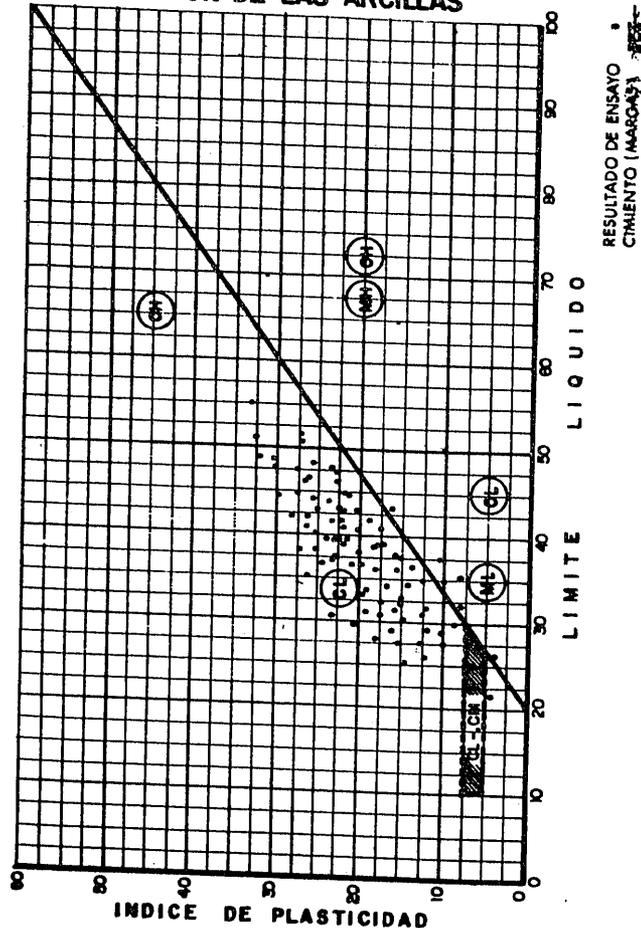
Q. 36 - R. 33, página 569.

Dibujadas las curvas medias de las arcillas, escolleras y filtros naturales, vemos que estos últimos cumplen las leyes de Terzaghi entre filtros y arcillas, no así entre escolleras y filtros como tampoco cumplen los filtros la ley del coeficiente de forma necesario para evitar la degradación del propio filtro.

Con la zavorra, lavando y clasificando podemos definir el filtro que deseamos, llegando a definir dos tipos de filtro, uno fino y otro grueso, con tres metros de ancho cada uno, pues no se pueden

RESULTADOS DE ENSAYOS

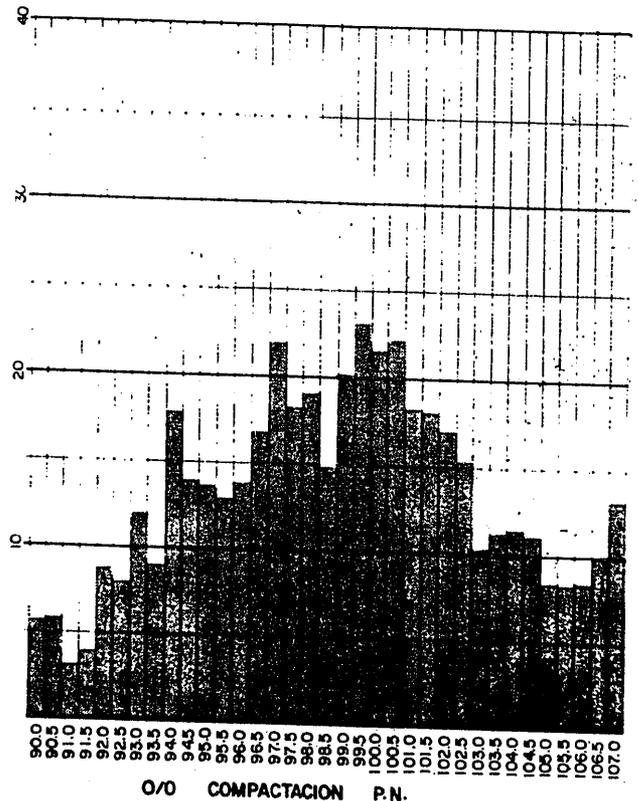
CLASIFICACION DE LAS ARCILLAS



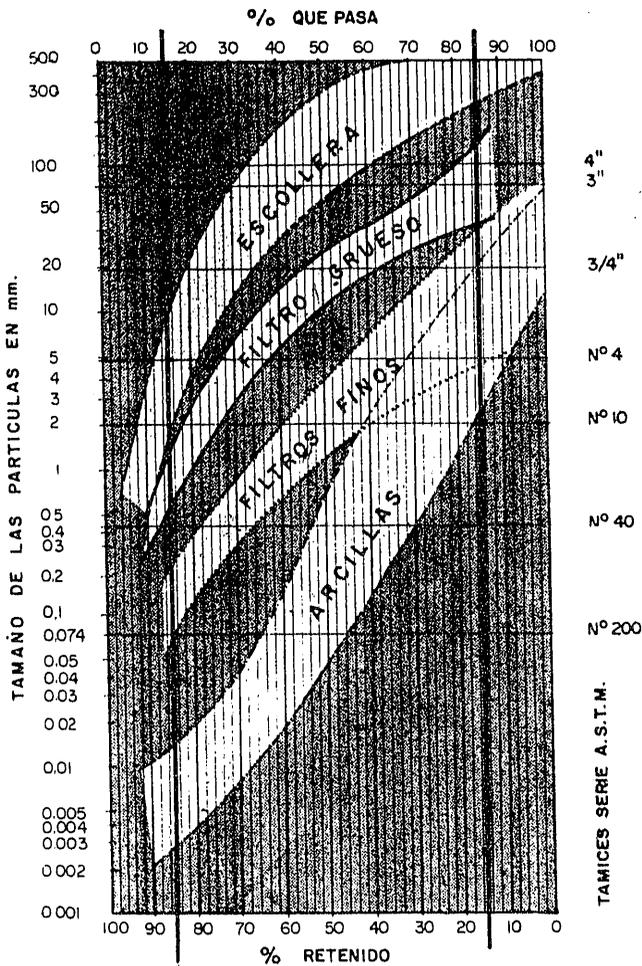
RESULTADO DE ENSAYO
CIMENTADO (MARCA) 1822

NUCLEO PRESA FRECUENCIAS

DENSIDAD MEDIA PROCTOR ——— 1.80
 HUMEDAD MEDIA DE COMPACTACION .. 12,5 %
 ENSAYO DE CORTE { C=0.15 Kg/cm²
 | ψ= 33°
 CO₂ Ca ≈ 20 %
 K ≈ 10⁷ cm/sg



HUSOS GRANULOMETRICOS



CONTROL DE OBRA

En diciembre de 1977, cuando estaba ya ejecutado el 85 por 100 de la obra, se llevaban realizados los siguientes ensayos:

De 219.096 m ³ de arcilla colocada	2.945 ensayos.
De 14.247 m ³ de hormigón colocado	10.548 ensayos.
Dosificaciones	1.212 ensayos.
Aridos para hormigón	280 ensayos.
Cementos	3.519 ensayos.
De 86.809 m ³ de filtros colocados	59 ensayos.
De 679.245 m ³ de escollera colocada	197 ensayos.

Los ensayos de arcillas eran principalmente proctor normal y humedad óptima de material de cantera, determinación de carbonato de material de cantera, edométricos de material de cantera, corte (en las tres variantes de no consolidada y no drenada, consolidada y no drenada y consolidada y drenada) de un material de cantera, presión de hinchamiento de material de cantera, límites de Atterberg de material de cantera, granulométricos, etc.

De arcilla colocada se hicieron los ensayos clásicos de determinación de densidad y humedad y para un control rápido se aplicó el método de Hilf del cual se llevó una correlación completa con el método clásico.

En determinado momento de la obra, se hizo un pozo en la arcilla de unos tres metros de profundidad para comprobar visualmente la unión de tongadas.

En la escollera ,además de los controles normales de granulométricos, desgaste los Angeles, etcétera, cada cierto tiempo se hacían dos pozos, uno en la escollera del espaldón de aguas arriba y otro en el de aguas abajo. Con el material de estos pozos (de 2 x 2 x 2 metros) se hizo granulométricos para comprobar la variación de granulometría antes y después de compactar, peso específico y permeabilidad de la escollera comprobando el tiempo en que se vaciaban estos pozos al intentar llenarlos de agua. Como la colocación de la escollera se hacía regándola con unos monitores que daban un chorro de agua a más de cinco atmósferas, los resultados de compactación fueron muy buenos consiguiéndose una granulometría muy continua, lo cual produjo un peso específico muy alto y perfectamente drenante, a pesar de ser una caliza muy blanda y con gran producción de finos.

hacer menos de tres metros por colocación y compactación.

Entonces, en cuanto a los filtros de aguas abajo, parece que lo más idóneo dentro de unos límites económicos lo normal es llegar a dos capas de filtros, una de filtro fino y otra de filtro grueso.

En cuanto a los filtros de aguas arriba, lo que se hizo sin repercusión económica fue aumentar el espesor, pues tiene el mismo precio el filtro natural que la escollera.

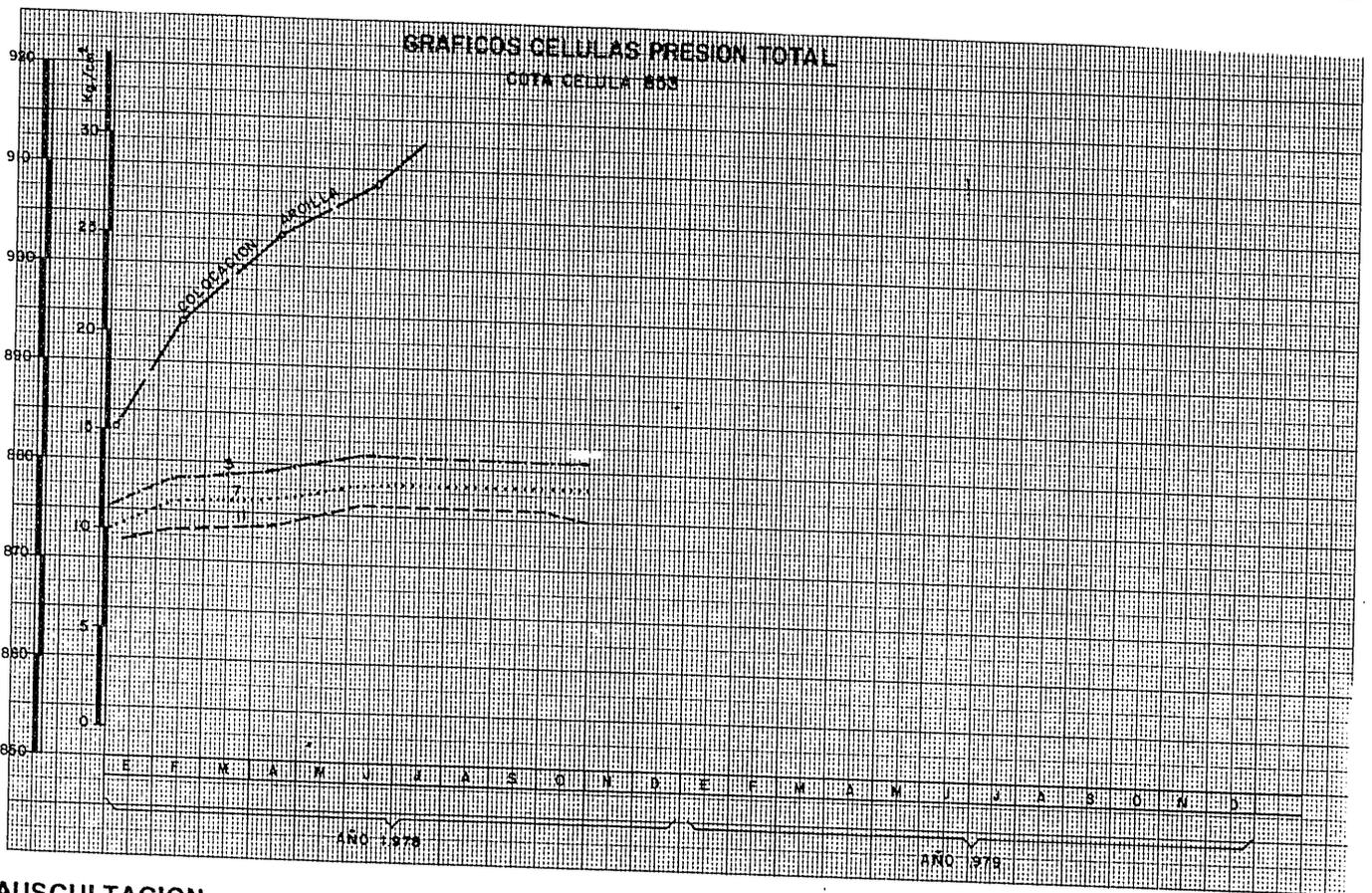
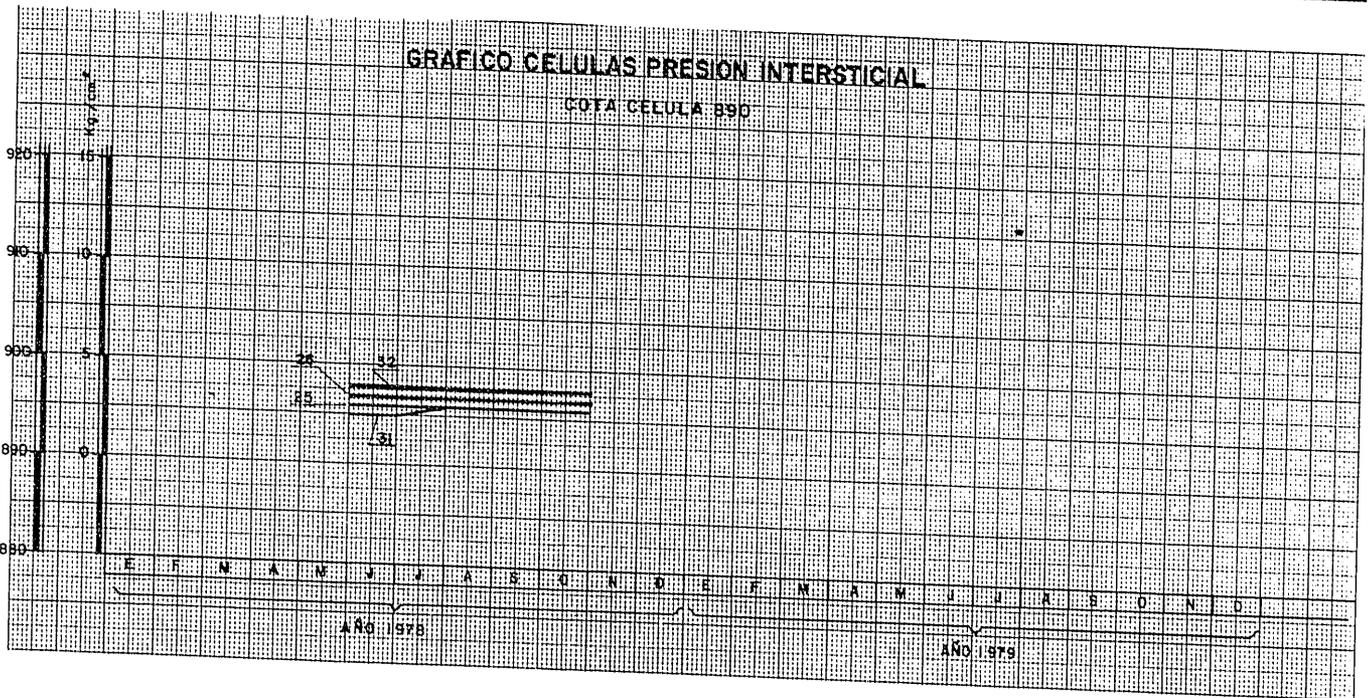
DISPOSICION FINAL

Filtro aguas arriba, espesor seis metros de zorra natural.

Filtro aguas abajo, dos capas de espesores de tres metros cada una, una de filtro fino y otra de filtro grueso.

Entre los filtros y escollera procuramos, seleccionando camiones, intercalar una zona de transición con los tamaños más pequeños de la escollera.

PRESA DE ALCORLO



AUSCULTACION

Líneas piezométricas.

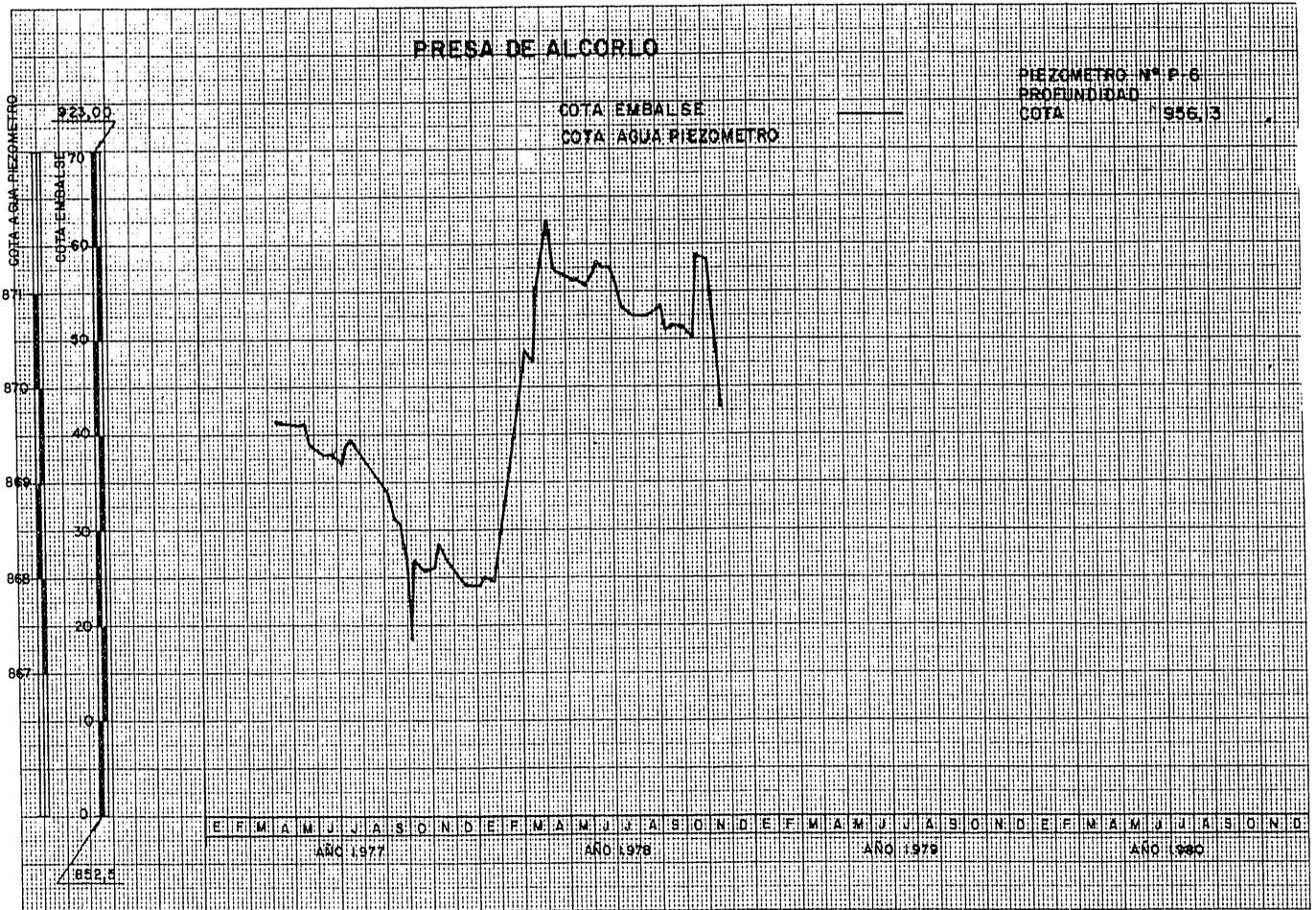
Se ha hecho un conjunto de taladros en las dos laderas con el fin de definir unas líneas piezométricas que se están controlando desde antes de

embalsar con el fin de observar sus variaciones posteriormente.

En la planta de la presa se han dibujado las líneas piezométricas definidas por 16 taladros en la margen derecha y 12 en la izquierda.

También se presenta un gráfico de altura de

PRESA DE ALCORLO



agua en uno de los 28 taladros preparado para dibujar las precipitaciones y la cota de embalse.

Drenes.

A lo largo de la galería perimetral y del túnel de desvío, hoy desagüe de fondo, se han dispuesto un conjunto de taladros de los cuales se lleva un control de aforos relacionado en la actualidad con las lluvias y posteriormente se hará con la curva de embalse. Periódicamente se controla también si hay arrastres para en ese caso inyectarlo.

Células de presión total y presión intersticial.

Se colocaron durante la construcción en tres perfiles paralelos al río nueve células de presión total y 27 de presión intersticial.

Las células de presión total lo que ha ido dando ha sido la densidad de la arcilla, por ejemplo, por el gráfico que se presenta, correspondiente a las células de presión total de uno de los perfiles se ve que la densidad media de la arcilla colocada está próxima a los 2 Kg/cm².

Las células de presión intersticial, al no haber

empezado a embalsar todavía, los gráficos son constantes, como se puede observar en uno de los gráficos que se presentan.

Mediciones de asientos y movimientos horizontales.

Se han colocado, desde cimentación hasta coronación, cinco tubos de aluminio que tienen cada tres metros un collarín para con un crossarm determinar los asientos que se producen. Estos mismos tubos sirven para que por medio de una sonda poder determinar los movimientos horizontales.

En la actualidad, y por no haberse puesto todavía en carga la presa, los movimientos, tanto verticales como horizontales son muy pequeños. El movimiento vertical, definido en coronación, ha sido de unos 10 centímetros.

Colimaciones.

Con el fin de comprobar los movimientos verticales y horizontales, se han definido unas líneas de colimación que no se han podido montar hasta estar la presa totalmente terminada.