

# PRESA DE TIERRAS EN EL RÍO GUADARRANQUE

Ing. C. C. P. S. SERRANO

El presente artículo trata de la presa de tierras que se está construyendo en el río Guadarranque, en el término de Castellar de la Frontera (Cádiz), que será la más alta de España en su género, haciendo una descripción somera de las características de la presa y explicando proceso constructivo y característico de los materiales empleados.

## 1. GENERALIDADES Y OBJETO DEL EMBALSE.

La construcción de la presa en el río Guadarranque, es la primera etapa de un plan más general de aprovechamiento hidráulico de los ríos Guadarranque, Hozgarganta y Guadiaro, con el objeto de mejorar los abastecimientos de agua, incrementar los regadíos y producir energía eléctrica para todo el Campo de Gibraltar. El objeto del embalse de que se trata es abastecer de agua potable las poblaciones de Algeciras, La Línea de la Concepción, San Roque, Los Barrios y otros núcleos menores y poner en regadío una extensión aproximada de 4 000 Ha. La capacidad del embalse ha de ser de 86 millones de metros cúbicos, de los cuales son utilizables 52. En una primera etapa esta cantidad es aportada únicamente por el río Guadarranque; posteriormente se utilizarán también las aguas del Hozgarganta mediante la construcción de un trasvase.

## 2. SITUACIÓN DE LA PRESA. DATOS GEOLÓGICOS E HIDRÁULICOS.

La presa está situada aguas abajo de la confluencia del río Guadarranque con el arroyo de los Codos, su principal afluente. La superficie total de la cuenca vertiente al pantano es de 143 Km.<sup>2</sup> y está formada por flysch (del cretáceo al oligoceno) que se presenta en facies arenisca y facies margosa, eminentemente arcillosa con un alto coeficiente de escorrentía. En la zona de la presa los estratos son

verticales con ligero buzamiento hacia aguas arriba y perpendiculares al lecho del río. Son alternativamente de arenisca y arcilla en proporciones parecidas

La cuenca del río Guadarranque, que desemboca en la bahía de Algeciras, a unos 25 Km. de la presa, es de una pluviometría muy elevada (más de 1 000 mm. de lluvia media anual) por estar muy expuesta a los temporales del Estrecho de Gibraltar.

La máxima avenida registrada en el río fué de unos 600 m.<sup>3</sup>/seg. en 1963, superior en 100 metros cúbicos/segundo a la máxima avenida probable dada por varios cálculos experimentales, por lo que puede considerarse como excepcional. Sin embargo, el aliviadero se ha dimensionado para 1 000 metros cúbicos/segundo, que teniendo en cuenta la capacidad de regulación del embalse es de una gran seguridad.

## 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PRESA.

El cuerpo de la presa está formado por dos espaldones, aguas arriba y aguas abajo, de un relleno general permeable y un núcleo central de arcilla (figuras 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>).

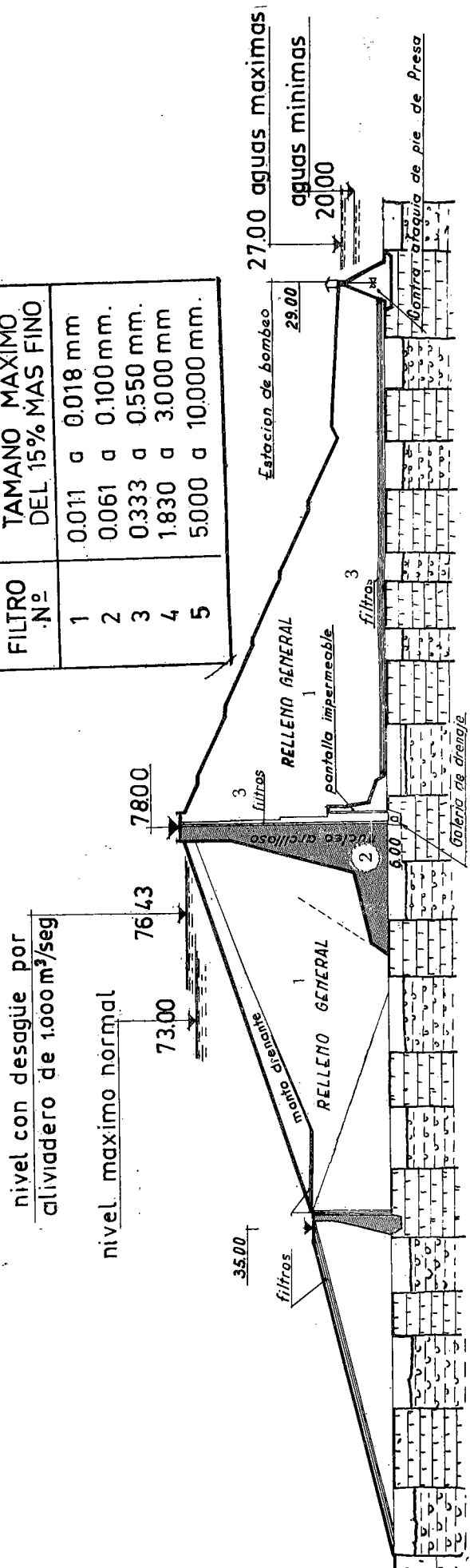
Comenzando desde aguas arriba, la presa está constituida primeramente por una ataguía que después pasa a formar parte de la presa propiamente dicha y que tiene un espaldón de aguas arriba de relleno general permeable, con talud 4 : 1, un núcleo arcilloso de taludes casi verticales y un espaldón de aguas abajo del mismo material que el anterior, con talud 3 : 1.

El espaldón de aguas arriba de la presa, formado por relleno general permeable, está limitado por el núcleo arcilloso y la ataguía de aguas arriba, adoptando un talud de 2,5 : 1, aproximadamente. Sobre este paramento se dispone un manto drenante adicional desde la coronación de la ataguía a la cota 35 hasta la coronación a la cota 77, de manera que el talud de aguas arriba queda definitivamente de

12

**DEFINICION DE FILTROS**

FILTRO N.º	TAMAÑO MAXIMO DEL 15% MAS FINO
1	0.011 a 0.018 mm
2	0.061 a 0.100 mm.
3	0.333 a 0.550 mm.
4	1.830 a 3.000 mm
5	5.000 a 10.000 mm.



3 : 1. Sobre él se coloca una capa de protección de mampostería en seco.

El núcleo arcilloso central se apoya directamente sobre el terreno excavado y saneado que, por estar constituido por estratos verticales alternativos de arcilla y arenisca perpendiculares al eje del río, garantizan la impermeabilidad del cimiento; el paramento de aguas abajo es vertical y el de aguas arriba tiene una ligera pendiente hasta la zona inferior en la que se prolonga en una zanja hacia aguas arriba, con objeto de que el núcleo impermeable tenga una zona de amplio contacto con el terreno. En la zona de contacto entre el núcleo impermeable y el espaldón de aguas abajo se disponen una serie de cinco filtros de tamaños decrecientes, definidos en el gráfico, que se prolongan por debajo del espaldón de aguas abajo en el contacto de éste con el terreno.

En la parte inferior del núcleo arcilloso y en contacto con laderas y cimiento se dispone una galería de drenaje y recogida de filtraciones de la presa para control de éstas. Aguas abajo del núcleo arcilloso se dispone una pequeña pantalla impermeable hasta la cota 29,00, con objeto de evitar que la galería de drenaje recoja las posibles filtraciones procedentes del espaldón de aguas abajo, que falsearían las que se producen a través de la presa. Sobre el núcleo y en la coronación dispondrá la presa de un camino de servicio de 6,50 m. de anchura, con aceras y pretilas, cuya cota de rasante es la 78,10, resultando una altura de presa sobre cimientos de 73 m.

El espaldón de aguas abajo, constituido por relleno general, tiene un talud de 2,25:1 y bermas cada 9 m. de altura. Este espaldón termina en una banqueta de 52,00 m. de longitud a la cota 30,40, que con una pendiente del 3 por 100 llega hasta la contraataguía de fábrica de pie de presa, en la que hay instalada una estación de bombeo para eliminar las posibles filtraciones que se produzcan en el espaldón de aguas abajo; la cota de esta contraataguía es la 29,00, con un resguardo de 2 m. respecto al nivel de aguas máximas. El talud de este paramento aguas abajo está defendido contra la acción erosiva de la lluvia por plantaciones de grama, setos vivos y un sistema adecuado de cunetas.

Fig. 1.ª — Sección transversal de la presa.  
 Sketch No. 1. — Cross section.  
 1) Sitty sand fill.  
 2) Core.  
 3) Filter layers.

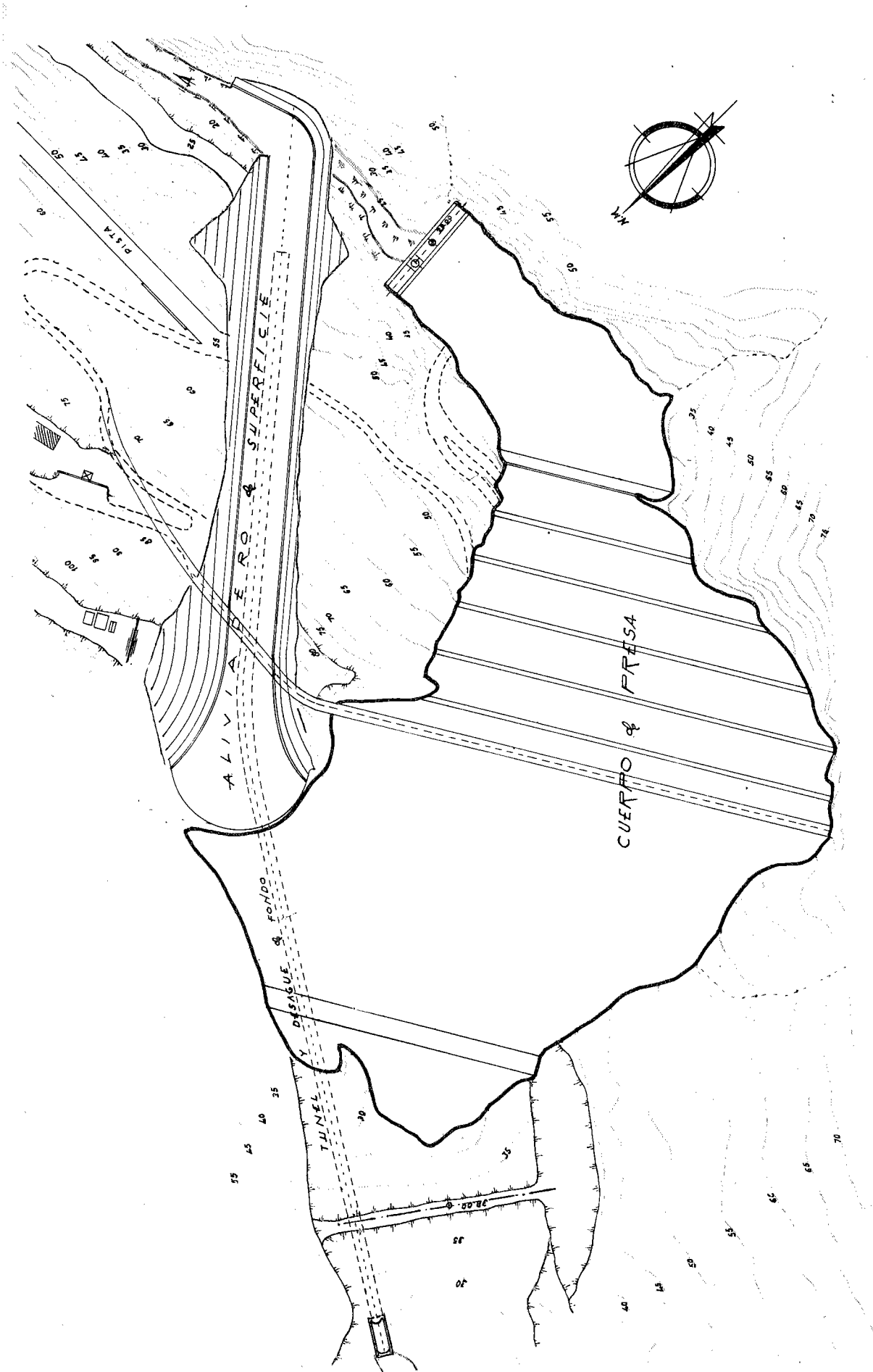


Fig. 2.<sup>a</sup> — Planta general.  
 Sketch No. 2. — General plan.

Los volúmenes respectivos de las tierras empleadas son:

	Metros cúbicos
Relleno general. ....	770 000
Núcleo arcilloso .....	80 000
Filtro núm. 1 .....	2 500
" núm. 2 .....	17 000
" núm. 3 .....	145 000
" núm. 4 .....	13 000
" núm. 5 .....	4 000
Capa vegetal .....	3 500
<i>Total</i> .....	1 035 000

El aliviadero de la presa (figs. 3.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup>) está situado en la margen izquierda aprovechando un collado lateral, y su capacidad es para 1 000 metros

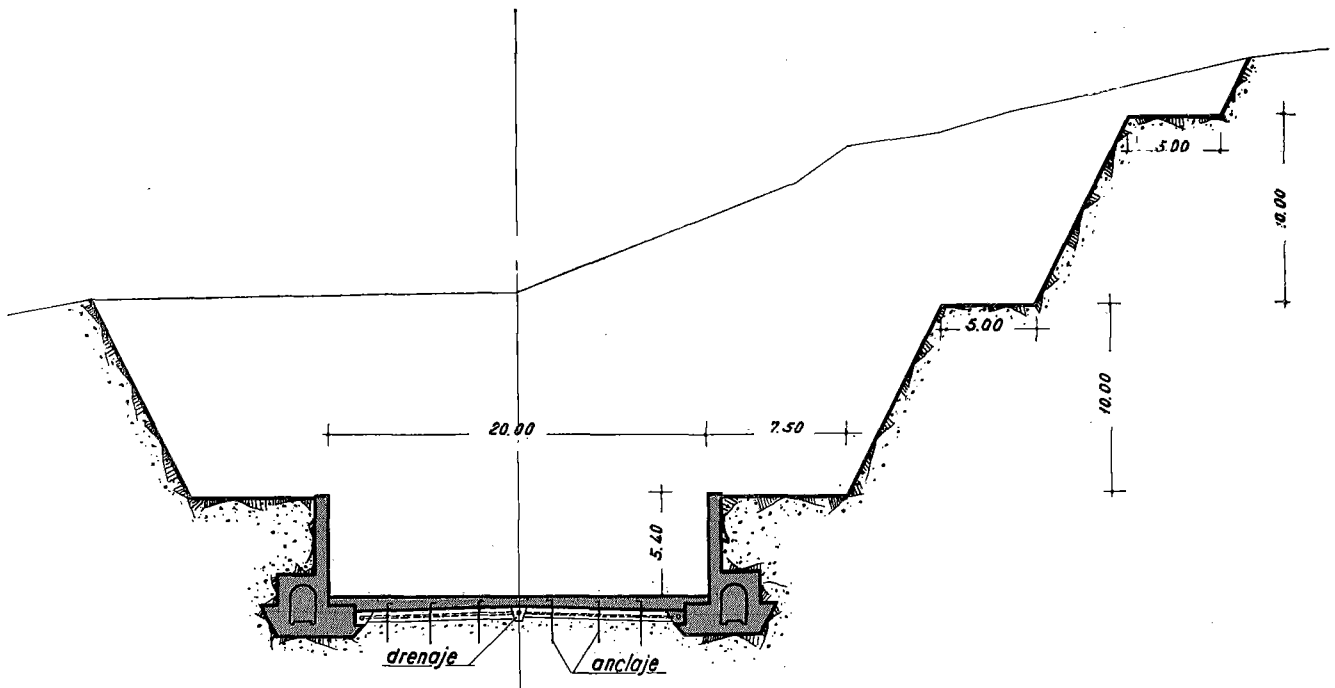


Figura 3.<sup>a</sup>.

cúbicos/segundo. El labio se inicia a la cota 73,00, después de la embocadura y de dos tramos rectos que se pueden apreciar en los gráficos, continúa con un perfil Creager, terminando en un cuenco amortiguador de pie de presa. En los cajeros del aliviadero y para controlar las posibles filtracio-

Fig. 3.<sup>a</sup> — Sección transversal del aliviadero.  
Sketch No. 3. — Spillway. Cross section.

nes hay una galería de cintura que corre por el borde de la solera y a nivel más bajo de ésta. La solera está constituida por placas de 10 × 10 m. ancladas al terreno y unidas entre sí por juntas de goma. El desagüe de fondo se hace aprovechando el túnel de desvío del río, al cual posteriormente se le adosa una cámara de compuertas y los accesos necesarios; el desagüe de fondo termina en el cuenco amortiguador del aliviadero. La capacidad de desagüe del túnel de desvío es de 400 m.<sup>3</sup>/seg., con un 2 por 100 de probabilidad teórica de que el río perturbe la construcción. La capacidad del desagüe de fondo es de 110 m.<sup>3</sup>/seg., vaciando el pantano en doce días sin aportaciones importantes.

#### 4. DESCRIPCIÓN DE CANTERAS E INSTALACIONES.

Los materiales para la ejecución de la presa se obtienen de tres canteras diferentes.

El relleno general de arenas limosas se obtiene en una cantera situada a 3 Km. de distancia de la presa, por una pista construida expresamente para este fin.

El material arcilloso se encuentra en pequeñas cantidades por todo el vaso del pantano; sin embar-



Figura 5.<sup>a</sup>

go, la zona explotable económicamente se encuentra a 4 Km. por una carretera ya existente.

Los áridos para hormigones y filtros se obtienen de los aluviones y terrazas del río Guadiaro, a una distancia media de 25 kilómetros.

Las instalaciones con que se cuenta en la presa son las características de este tipo de obras: instalación de clasificación de áridos, estación de hormigonado, taller mecánico, almacenes, etc., mereciendo destacarse por su importancia el laboratorio de obra donde se realizan ensayos de permeabilidad, triaxiales, toma de muestras y control de compactación, así como todos los ensayos que determinan la calidad de los materiales a emplear en obra y de los hormigones obtenidos.

##### 5. MAQUINARIA Y PERSONAL.

El personal técnico empleado en la obra está dividido en varias secciones según su cometido: pro-

yecto, control económico y administrativo, ejecución de la obra y control de calidad.

En este tipo de obras es fundamental el equipo de transporte y la maquinaria auxiliar, siendo esta obra una de las más mecanizadas actualmente en España; de ello da idea la siguiente relación de maquinaria importante a emplear en la campaña de ejecución del terraplén de la presa y aliviadero:

- 3 Palas cargadoras.
- 1 Grúa sobre orugas para colocación de hormigón.
- 6 Palas excavadoras.
- 9 Tractores para movimiento de tierras.
- 50 Camiones volquetes de 20 Tm. de carga útil.
- 4 Motoniveladoras para extendido de tongadas.
- 5 Compactores vibratorios.
- 4 Rodillos pata de cabra.
- 3 Camiones hormigonera.
- 3 Mototraillas para transporte de arcilla.
- 4 Camiones container de cemento.
- 2 Dumper para transporte de hormigón.
- 2 Seraper para extracción de áridos.
- 5 Camiones cisterna.

Fig. 5.<sup>a</sup>— Vista general desde aguas abajo.  
Sketch No. 5.— Downstream view.

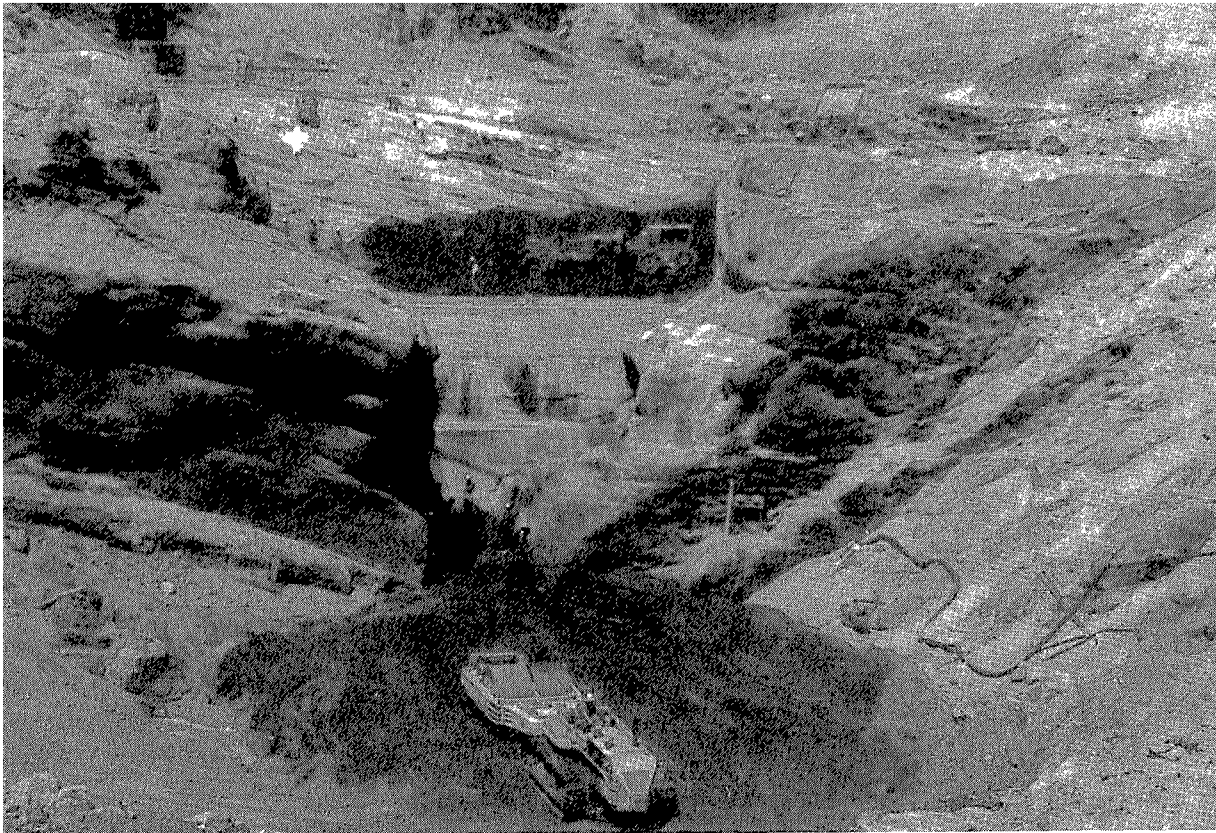


Figura 6.<sup>a</sup>

Figura 7.<sup>a</sup>



Fig. 6.<sup>a</sup> — Vista desde aguas abajo durante la ejecución de las obras.  
Sketch No. 6. — Upstream view, during the construction.

Fig. 7.<sup>a</sup> — Ejecución del túnel de desvío.  
Sketch No. 7. — Diversion tunnel.

6. COLOCACIÓN DE LAS TIERRAS EN LA PRESA.

Las tierras transportadas en camión se vierten directamente en la tongada. Se extienden con bulldozer y motoniveladora y después se compactan con los rodillos. La compactación se lleva a cabo por méto-

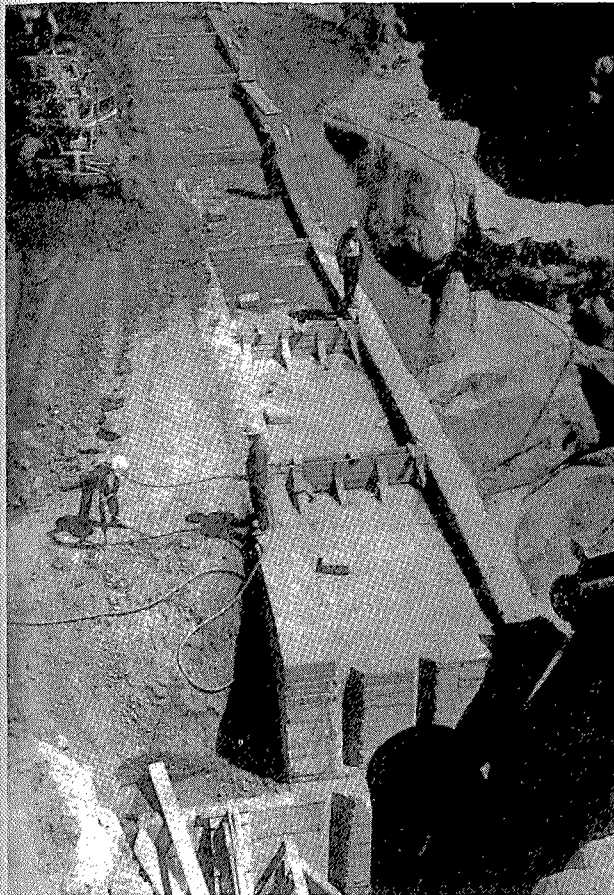


Figura 8.<sup>a</sup>

dos diferentes, según sea para el "núcleo arcilloso" o para el "relleno general", si bien en ambos casos se exige un grado de compactación superior al 95 por 100 Proctor. La compactación del núcleo arcilloso se realiza mediante dos rodillos pata de cabra dispuestos en tándem y de un peso de 22 Tm. totales. Las tongadas son de 25 cm. y se necesitan unas 15 pasadas para llegar al grado de compactación exigido. La compactación del relleno general se lleva a cabo mediante rodillos vibratorios de 8 Tm. de peso estático. Las tongadas son de 80 cm. y se necesitan

Fig. 8.<sup>a</sup> — Galería de drenaje.

Sketch No. 8. — Drainage gallery.

Fig. 9.<sup>a</sup> — Distribución estadística de densidades.

Sketch No. 9. — Statistical distribution of bulk density.

- 1. — Core.
- 2. — Silty sand fill.

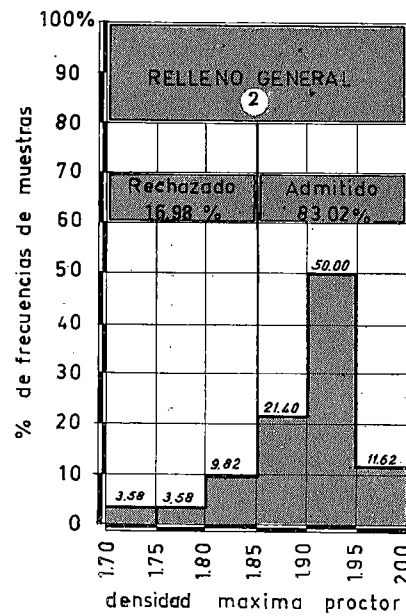
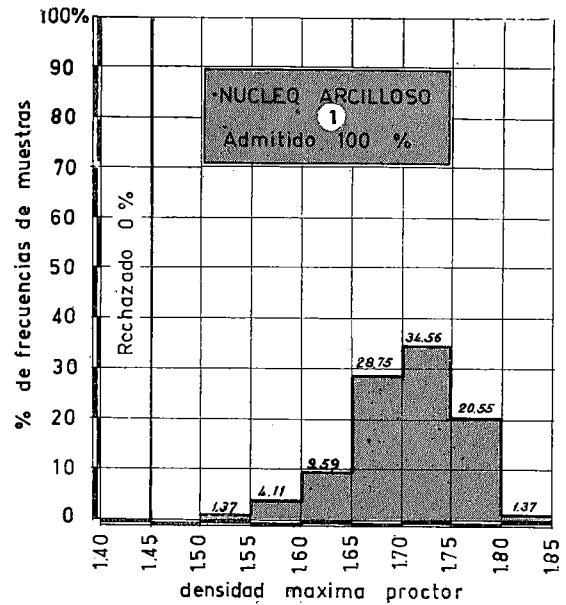


Figura 9.<sup>a</sup>

seis pasadas para llegar al grado de compactación exigido.

7. CARACTERÍSTICAS EXIGIDAS A LOS MATERIALES TERROSOS.

Las condiciones que se piden para los materiales son las siguientes:

El material arcilloso para el núcleo cumplirá las siguientes condiciones:

Contendrá como mínimo el veinte por ciento (20 %) de arcilla, es decir, que el tamaño máximo del 20 por 100 más fino será de 5 milésimas (0,005)

cuarenta y cinco (1,45) y el ángulo de rozamiento interno con compactación noventa y cinco por ciento (95 %) Proctor será superior a grados sexagesimales (20°). Se supone que este ángulo de rozamiento es el resultado de ensayos lentos.

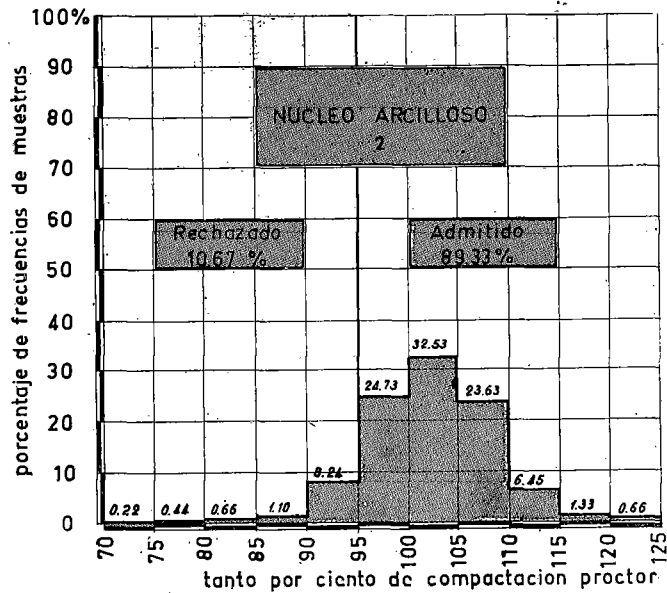
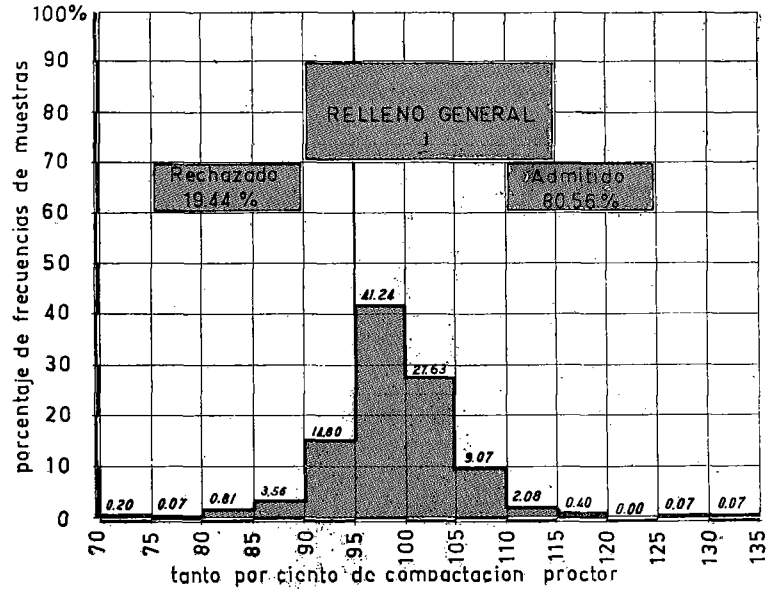


Figura 10.

de milímetro. El contenido máximo de materia orgánica será inferior al 6 por 100 en peso. La densidad máxima Proctor no será inferior a uno con

El material de arenas limosas para relleno general cumplirá las siguientes condiciones:

El contenido de materia orgánica no excederá del

Fig. 10. — Distribución estadística de la densidad máxima de Proctor.  
 Sketch No. 10. — Statistical distribution of the bulk density Proctor.  
 1. — Silty sand fill.  
 2. — Core.



6 por 100 en peso. No se exige una granulometría determinada, pero la densidad máxima Proctor no debe ser inferior a uno con ochenta y cinco (1,85), ni el peso específico del material inferior a dos con sesenta (2,60). El ángulo de rozamiento con compactación, noventa y cinco por ciento (95 %) Proctor, no debe ser inferior a treinta y un grados sexagesimales (31°). No se exige cohesión.

La compactación se realiza con humedades inferiores a la óptima. Cuando el contenido de agua del material en cantera es inferior a la óptima, se humidifican las tongadas por medio de camiones cisterna hasta una humedad cercana a la óptima y por defecto.

#### 8. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS TRABAJOS.

Los trabajos en la presa de tierras se comenzaron en julio de 1962, bajo la dirección de la Confederación Hidrográfica del Sur de España, por la Empresa Dragados y Construcciones, S. A. (figs. 5.<sup>a</sup> y 6.<sup>a</sup>), de gran experiencia en la construcción de presas. La ataguía de tierras se inició a mediados de julio de 1963, aprovechando un antiguo túnel de desvío que se pensaba utilizar en la construcción de una presa anterior, cuya construcción se abandonó. El túnel de desvío actualmente en servicio se comenzó en los primeros días de septiembre de 1962, terminándose en octubre de 1963. Es de destacar el hecho que el terraplenado de la ataguía de tierras se ejecutó

en diecisiete días, con un ritmo acelerado de trabajos (fig. 7.<sup>a</sup>).

La primera fase de la obra, iniciada en julio de 1962, terminó en diciembre de 1963, iniciándose el terraplenado de la presa, excavación del aliviadero, construcción de la ataguía de aguas abajo de pie de presa, limpieza de laderas y pista de acceso a la cantera de relleno general.

La segunda fase de trabajos, iniciada en febrero de 1964, comprende la puesta a punto de instalaciones, maquinaria auxiliar y medios de transporte, disponiéndose para la terminación de la obra de 1964, 1965 y 1966; sin embargo, el ritmo que actualmente están tomando las obras hace presumir que a finales de noviembre de 1964 pueda estar terminado el grueso del terraplenado de la presa y hormigón del aliviadero (fig. 8.<sup>a</sup>).

La dirección de las obras corre a cargo de la Confederación Hidrográfica del Sur de España, que dispone a pie de obra de laboratorio de tierras y personal técnico adecuado para el control de calidades, habiéndose tomado muestras de tierras cada 100 metros cúbicos en este período inicial, cuyos resultados han servido para obtener los gráficos que se adjuntan. El total de tierras compactada en esta fase fué de 150 000 m.<sup>3</sup>. En la segunda fase de las obras se realizarán el máximo número de ensayos compatible con la compactación y vertido de las tierras, con un mínimo de una probeta cada 500 m.<sup>3</sup> (figs. 9.<sup>a</sup> y 10).