

Algunas consideraciones acerca de la construcción de presas

por

RAFAEL DE LA VEGA Y DE LA VEGA

y

MANUEL GALAN ELGART

Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en «Agramón».

Generalidades.

Al redactar este artículo, solamente hemos pretendido exponer al lector los problemas que se plantean en el apasionante tema de la construcción de presas, situándole un poco en el papel del constructor y haciéndole avanzar a grandes pasos entre los problemas que se le presenta, pues pretender detallar sobre ellos sería escribir no ya un artículo, sino un libro interminable.

En lo que a ejecución de obras se refiere, pocas cosas hay, por no decir ninguna, tan complejas como una presa. Desde que se clava la primera estaca de replanteo hasta que todo está terminado y la presa está cumpliendo su función, hay que recorrer una serie de etapas, todas enlazadas entre sí, y trabajar con un conjunto de equipos que deben marchar totalmente al unísono en sus distintas y variadas labores, pero encajándolas siempre en un programa total y detallado.

Por otro lado, las etapas señaladas, los equipos preparados y el total programa detallado, deben preverse con la flexibilidad suficiente para adaptarse a cualquier variación impuesta por las condiciones del emplazamiento (de las que nunca sabremos todo por adelantado, a pesar de los reconocimientos, sondeos, etc.), o por fenómenos naturales, como pueden ser las avenidas, lluvias y demás inclemencias, que, aunque los encasillemos en fórmulas y gráficos, a veces deciden obrar por cuenta propia para "vivir su vida" y desligarse de la sistematización rutinaria y un tanto burocrática.

Pasemos a considerar la cuestión en otro aspecto, a nuestro juicio primordial, de este tipo de obras, que tanta influencia tienen en la economía nacional y en el orden social por la creación de riqueza que supone: el del tiempo empleado en ejecutarlas. Construir una presa en el plazo a que hoy se debe y se puede aspirar, exige crear y organizar primeramente y mantener con viva efectividad después, toda la serie de servicios, tanto técnicos como administrativos y de intervención (preferimos este término castizo al cómodo galicismo control), que

requiere una tarea de tal envergadura, y que, si bien estará sometida a la dirección de una oficina central, ha de desarrollarse con un cierto grado de autonomía y un mucho de iniciativa.

Y cuando ya, al cabo estos servicios van a llegar a lo que humanamente cabe alcanzar de perfección, cuando todos y cada uno de los que trabajan conocen su labor y se han compenetrado, cuando se toca ya el fruto de tanto empeño, entonces ..., entonces hay que coger los instrumentos e irse con ellos a otra parte, pero siempre en medio del campo, que es donde se hacen estas obras, y empezar a afinarlos de nuevo para ensayar una música distinta a la anterior. Porque sería un error creer que la construcción de presas no es más que ir repitiendo la misma canción; no, no es así; como tampoco es así la sucesión de nuestros días. Ciertamente que la repetición de nuestros actos y la continuidad del sistema de vida los hacen aparentemente iguales y, sin embargo, ¡qué diversidad en las decisiones a que nos impulsan los problemas de cada día, qué diferencia en la clase, número e intensidad de las cuestiones que nos plantea!

Nuestra primera gran cuestión, resumen y origen de otras muchas, es la que ya hemos indicado al decir que nos encontramos en medio del campo, y que hay que vencer las dificultades e inconvenientes que esto representa. Hay que construir los accesos al emplazamiento y la red de caminos, más o menos extensa, para enlazar las distintas dependencias y para distribuir los materiales a los almacenes, talleres o lugares de empleo. Hay que construir poblados industriales con viviendas individuales y pabellones colectivos; es decir, hay que fundar y formar verdaderos pueblos modernos de habitaciones sanas y confortables, establecer todos los servicios necesarios en cualquier comunidad, abastecimiento de agua y luz, teléfonos, economato, escuelas, cine, bar, campo de deportes, iglesia, clínica médica y quirúrgica, etc. Es preciso construir también los edificios auxiliares de obras, oficinas, almacenes, talleres, depósitos de carburantes, polvorines, etc.

Si pasamos a lo que concierne a la presa en sí

misma, nos encontramos con que han de ejecutarse fuertes volúmenes de excavación, lo mismo por su totalidad que por su intensidad, y que se han de amasar y colocar cientos de miles de metros cúbicos de hormigón, al ritmo que exige un plazo que, por lo general, suele ser bastante aquilatado.

De aquí la necesidad de montar unas potentes instalaciones para excavaciones de cimentación, obtención de áridos, fabricación y puesta en obra de hormigón, así como de estudiar los detalles de montaje, entretenimiento y conservación de todo este conjunto de instalaciones.

La mejor o peor disposición y situación de todos los servicios e instalaciones y el mayor o menor acierto en aprovechar lo que de favorable ofrezca la configuración del terreno para relacionar todo ello entre sí, influye y pesa de un modo decisivo en la facilidad del trabajo y, en definitiva, en el desarrollo y costo de la obra.

Cada uno de estos sistemas exige resolver, al proyectar la construcción de la presa de que se trate, numerosos problemas de conjunto y de detalle, y al construirla solucionar las dificultades que cada día se presentan para realizar la solución proyectada.

La labor de construcción de presas es una labor de permanente puesta a punto contra reloj. La productividad debe ser la máxima en cada momento, puesto que se sabe que ese momento no vuelve, y que las condiciones de trabajo de un día son tan sólo las de ese día, no se repiten, y que, sin embargo, el resultado de lo que hagamos mañana depende en gran parte de lo que hagamos hoy. De ahí la enorme importancia de una planificación previa completísima. Como decía un viejo Ingeniero, hay que tener en cuenta que "en el papel las soluciones malas se borran con la goma y en la obra con billetes de mil".

Para terminar, pasemos una rapidísima revista a algunas de las presas construídas en España, citando de cada una de ellas solamente algunos puntos que fueron (o que son en algunos casos), la característica general de la obra, o soluciones originales, típicas o simplemente curiosas..., pero que dieron magnífico resultado.

Presa del Tranco de Beas.

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

Presa de gravedad, con planta curva y 93 metros de altura.

Volumen del cuerpo de presa, 227 000 metros cúbicos.

Se comenzó en enero de 1931 y se terminó a fines de 1934. Posteriormente, a partir de 1942, se construyó la ampliación del canal del aliviadero, la central de pie de presa y el paso en deslizadero para restituir al río las traviesas conducidas en flotación (foto núm. 1).

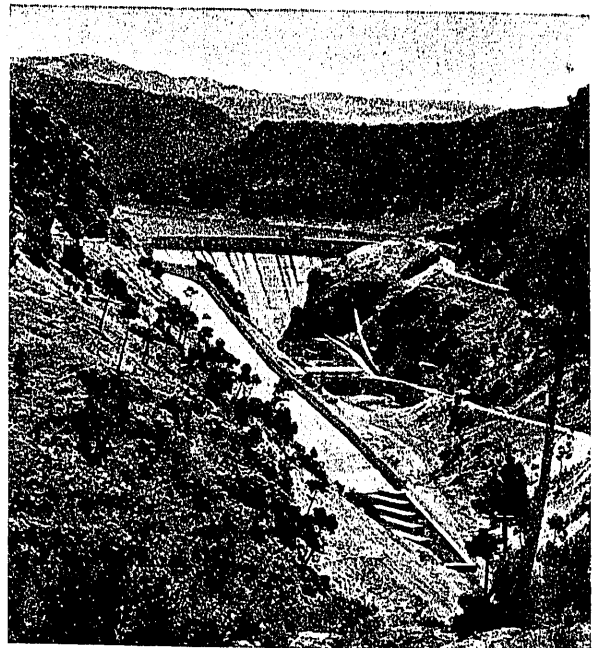


Foto núm. 1.— Presa del Tranco de Beas. Vista desde aguas abajo. En el centro de la fotografía se ve perfectamente el lanzadero de traviesas que hubo que disponer.

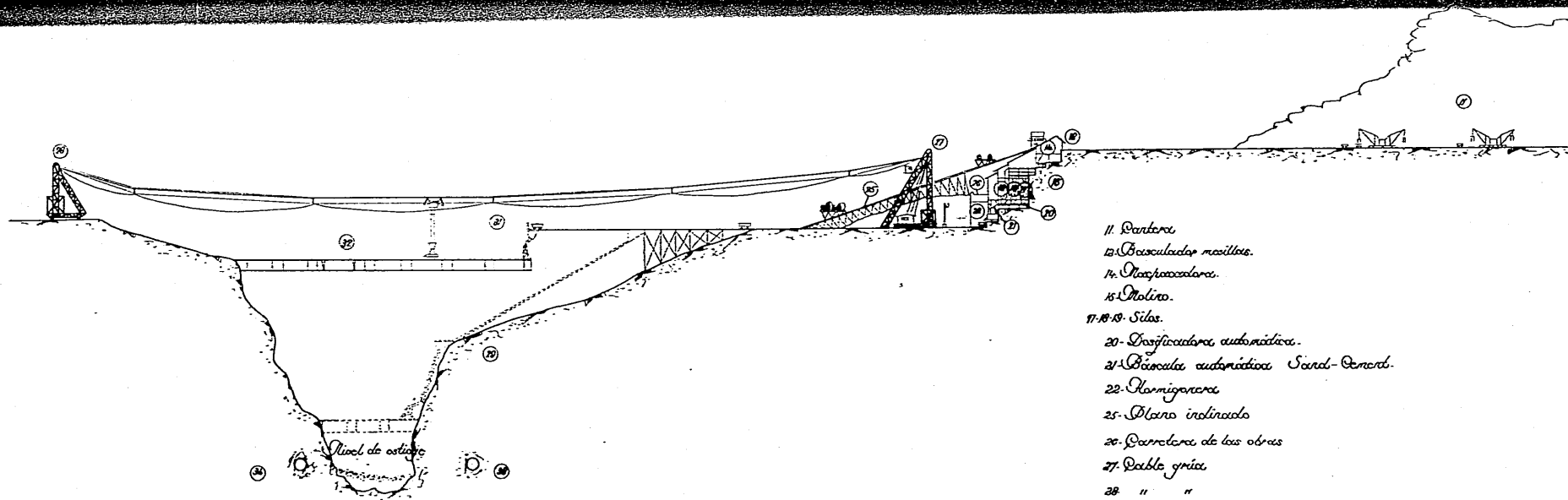
Está situada en el río Guadalquivir, a 50 kilómetros de su nacimiento, en la provincia de Jaén, y constituye el pantano de Cabecera. Cimentada en caliza.

La producción media diaria de hormigón fue de 800 metros cúbicos, y la máxima alcanzada, de 1 100 metros cúbicos.

Instalaciones de machaqueo, molienda, clasificación de áridos y la de amasado de hormigón, dispuestas para funcionar por gravedad, o sea en cascada todas ellas.

Una característica de esta presa es el empleo de hormigón colado, que se transportaba desde las hormigoneras mediante vagonetas para verterlo en canaletas y trompas de tubos cónicos. Al salir de estos tubos se recogía nuevamente en vagonetas y así se llevaba por puentes de servicio, hasta darle el segundo vuelco en el lugar de su colocación en obra. Los tajos de hormigón eran de 4 metros de altura (ver fig. 1.ª).

Los tramos de los puentes de servicio eran metálicos de doble vía, con peso de 5 500 kilos, para poder ser manejados con los cables grúa de torres móviles. Al principio los tramos se apoyaban en pilas de hormigón, cuyo encofrado de madera se formaba con paneles de 4 metros de altura que se abrían girando alrededor de unas charnelas del cuadro horizontal superior, lo que permitía retirar todo el encofrado de una vez. Este procedimiento retrasaba la preparación de tajos, ya que había que es-



- 11. Pantera
- 12. Basculador masillas.
- 14. Mezcladora.
- 15. Molino.
- 17-18-19. Silos.
- 20. Dosificadora automática.
- 21. Bascula automática Sand-Cement.
- 22. Hormigónera
- 25. Plano inclinado
- 26. Parcelera de las obras
- 27. Doble grúa
- 28 " "
- 29. Triple canal hasta la cota 610
- 31. Triple tubería
- 32. Puentes para distribución del hormigón
- 33-34. Estructuras de desviación.

Fig. 1.ª — Obras del Pantano del Tranco de Beas. Croquis de conjunto de las instalaciones principales.

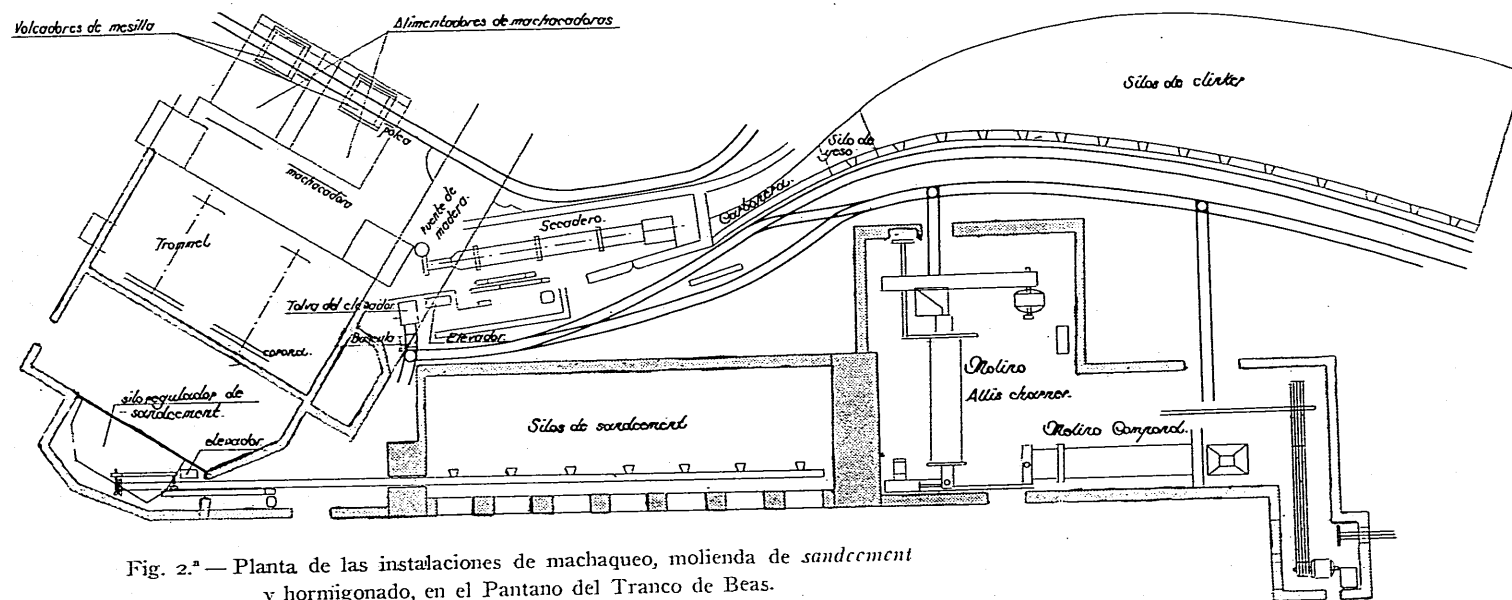


Fig. 2.ª — Planta de las instalaciones de machaqueo, molienda de sandcement y hormigonado, en el Pantano del Tranco de Beas.

perar a que fraguase el hormigón de las pilas, razón por la que se modificaron los encofrados. Se hicieron metálicos, con paneles que se abrían hacia el interior, y sobre ellos se apoyaban directamente los tramos de los puentes de servicio. Cuando se quitaba cualquier encofrado, quedaba un gran agujero, cuyo relleno posterior no creaba ningún trastorno.

Otra característica de esta obra es que como aglomerante se utilizó *sandcement* molido a pie de obra, compuesto de 55 por 100 de clinker y 45 por 100

hormigón de $0,20 \times 0,20 \times 0,40$, y el de aguas abajo es de hormigón moldeado imitando sillería aberrugada, con un gran saliente bordeado por un encintado ancho de labra fina. En la foto número 2 se aprecian ambos paramentos. Para conseguir este efecto se empleaba un encofrado especial y muy original, formado por elementos sueltos e independientes, uno por sillar, que se unían y sujetaban entre sí. Estos elementos estaban formados por un marco de angular que encuadraba un molde de es-

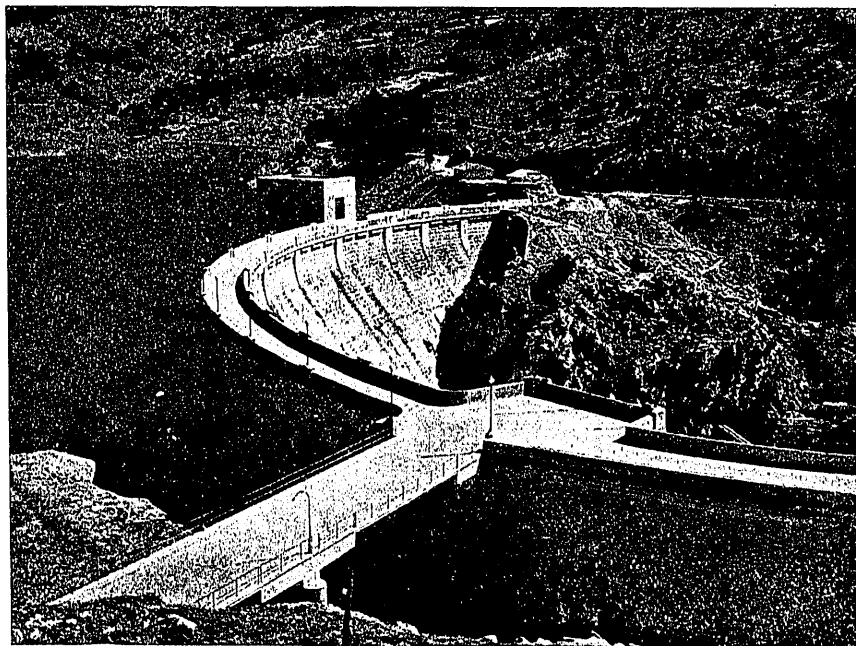


Foto núm. 2.—Pantano del Tranco de Beas. Presa de gravedad curva. Se ven detalles de los paramentos.

de caliza y yeso (instalaciones indicadas en la figura 2.^a). Por cierto que su molienda planteó un problema cuya envergadura y dificultad se apreciará con sólo decir que, unos años antes, en la construcción de la presa de Camarasa hubo de renunciarse al empleo de *sandcement* de caliza ante la imposibilidad de molturarlo. Ello se debía a que la caliza triturada se adhería a las bolas y emplacado de acero del molino, y en poco tiempo formaba una costra que los acolchaba.

En el Tranco tuvimos esta misma dificultad con la caliza compacta, verdaderamente marmórea, de la cantera central. Sin embargo, no sólo se superó esta dificultad, sino que se llegó a rebasar con mucho la finura de molienda exigida (mayor que para el cemento), abriendo una pequeña cantera exclusivamente para el *sandcement* en bancos donde la caliza presentaba una textura adecuada para la molienda.

El paramento de aguas arriba es de bloques de

cayola armada con tela metálica. Todos estos moldes se obtenían con un mismo contramolde, reproducción de la cara de un sillar natural. De este modo todos los sillares en el paramento son exactamente iguales, lográndose con esta uniformidad un agradable efecto estético.

Para reparación y reposición de los moldes del encofrado bastó un pequeño taller con un oficial escayolista, un ayudante y un aprendiz.

Presa de "El Pintado".

Sobre el río Viar, en término de Cazalla de la Sierra. Presa de gravedad, recta; altura máxima, 81,50 m. y longitud, 310 metros, con un volumen del cuerpo de presa de 286 000 metros cúbicos. La foto 3 recoge el aspecto de la presa ya terminada.

Aliviadero de superficie por la margen derecha.

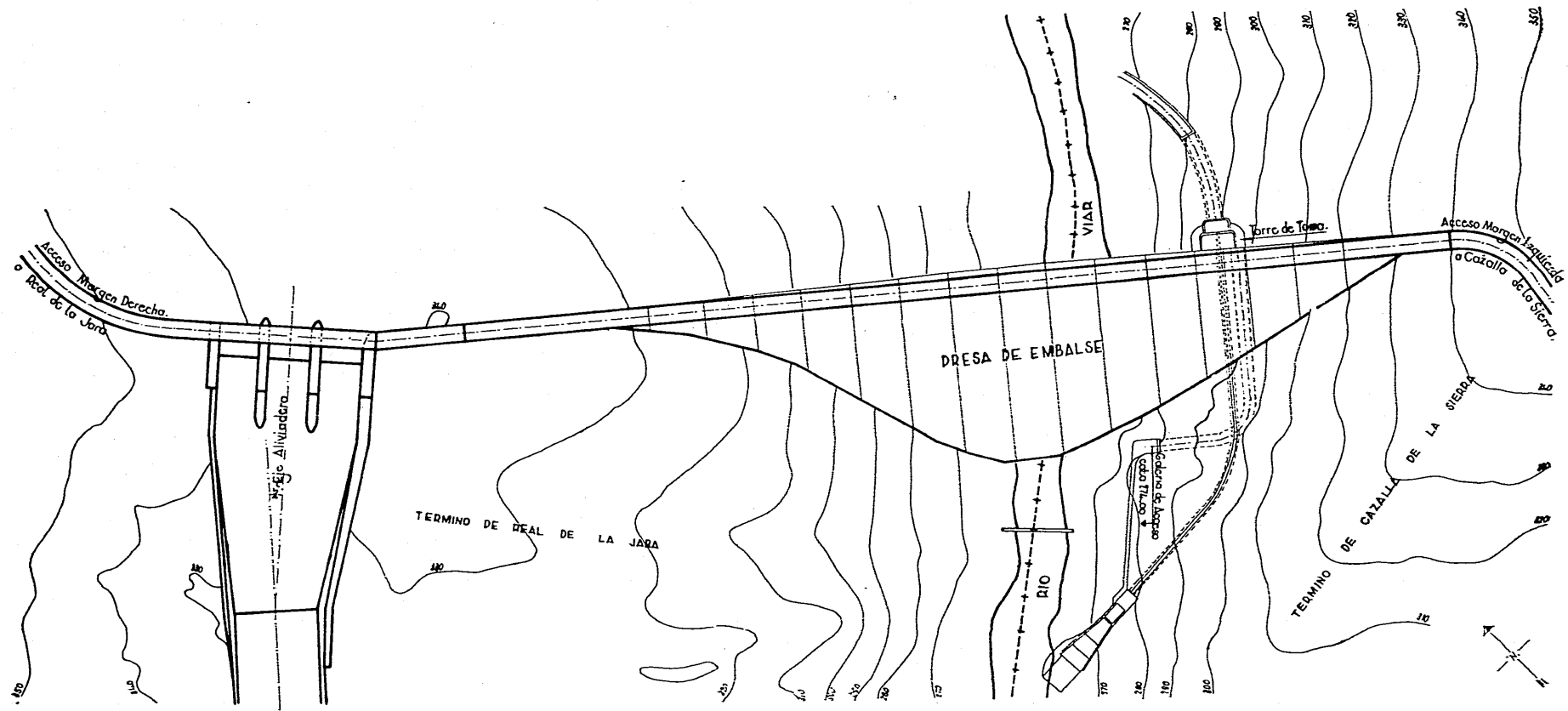


Fig. 3.^a — Pantano del Pintado. Plano general.

para 1 800 m.³/seg., con tres vanos. En planta está indicado el conjunto en la figura 3.^a.

La desviación del río se hizo utilizando lo que después iba a ser el desagüe de fondo.

Se instalaron dos teleféricos, uno de 17 Km., para transporte de los productos de machaqueo primario, que se hacía en cantera, al machaqueo secundario instalado en la obra.

Volumen total de excavaciones, 200 000 cm.³.
Se empezó en 1943, con un plazo de seis años.

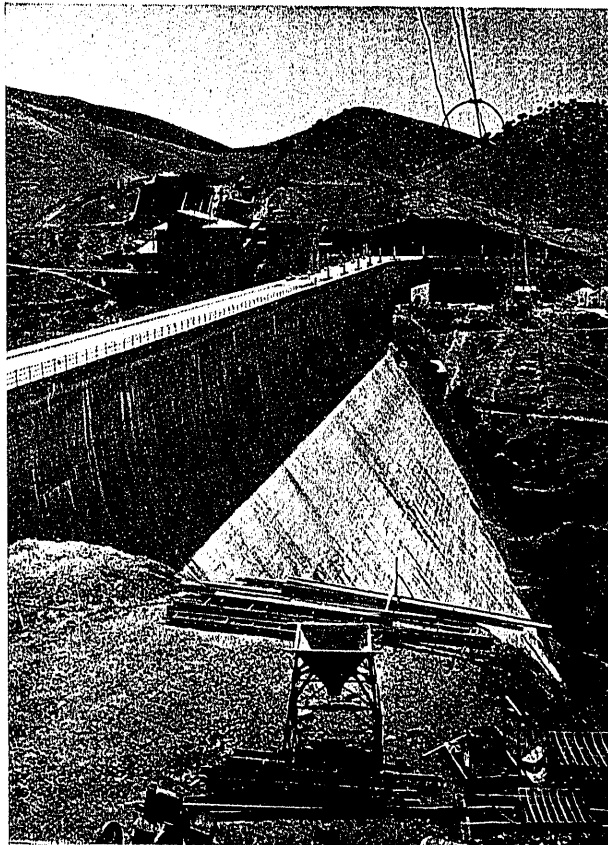


Foto núm. 3. — *Presa del Pintado*. Aspecto de la presa y de parte de las instalaciones al terminar su construcción.

Dos puntos marcaron en cierto modo la tónica general de la obra. Uno fué la cantera, que dió bastante trabajo los dos primeros años, por eliminar el gran volumen de escombros que dió durante esta época. Otro fué la necesidad de empleo de los teleféricos citados. La figura 4.^a es un croquis general de las instalaciones de construcción. Se utilizaron tres cables-grúa para colocación del hormigón. El aliviadero estaba situado junto a la presa, pero independiente de ella, con descarga a 300 m. (La foto número 4 indica su fase final de construcción.)

Fué una de las primeras presas de España en que se vibró el hormigón. La dificultad de adquisición de maquinaria, propia de la época, años 1946-1951,

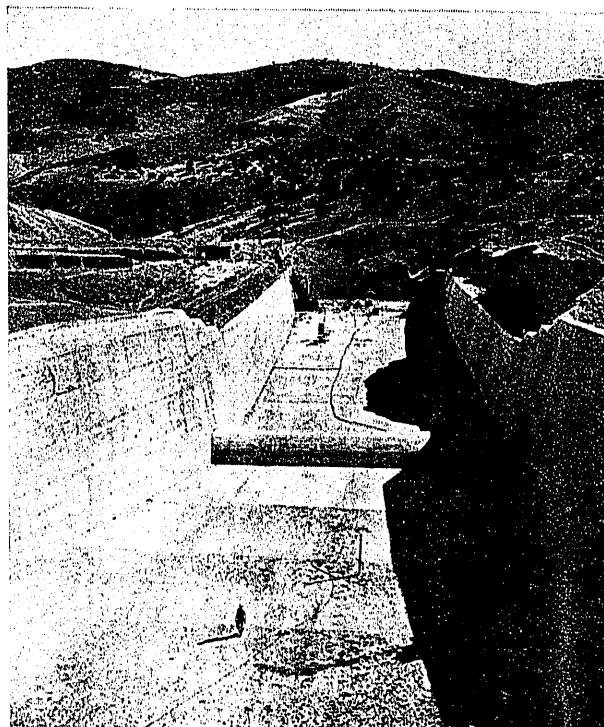


Foto núm. 4. — *Presa del Pintado*. Aliviadero durante la construcción.

hizo que los equipos de cargue fueran a mano, utilizándose en la cantera solamente una pala K-304.

Dato curioso es que el estribo izquierdo y centro de presa están cimentados en caliza y el estribo derecho en pizarras. (Principio de la cimentación, en la foto núm. 5.)

Notable fué la lucha antipalúdica. El paludismo era endémico y voluntaria la toma de dosis de quinina, con lo que se mantuvo hasta 1948 en el

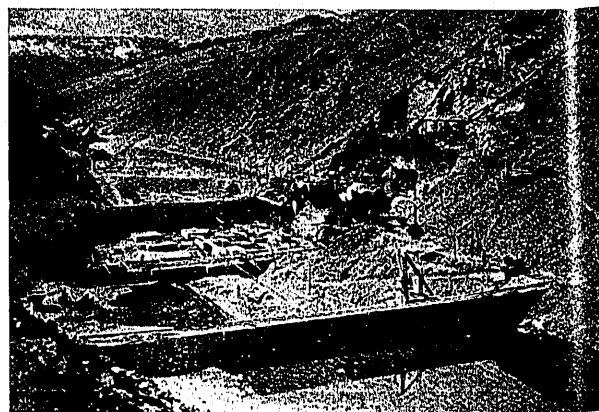
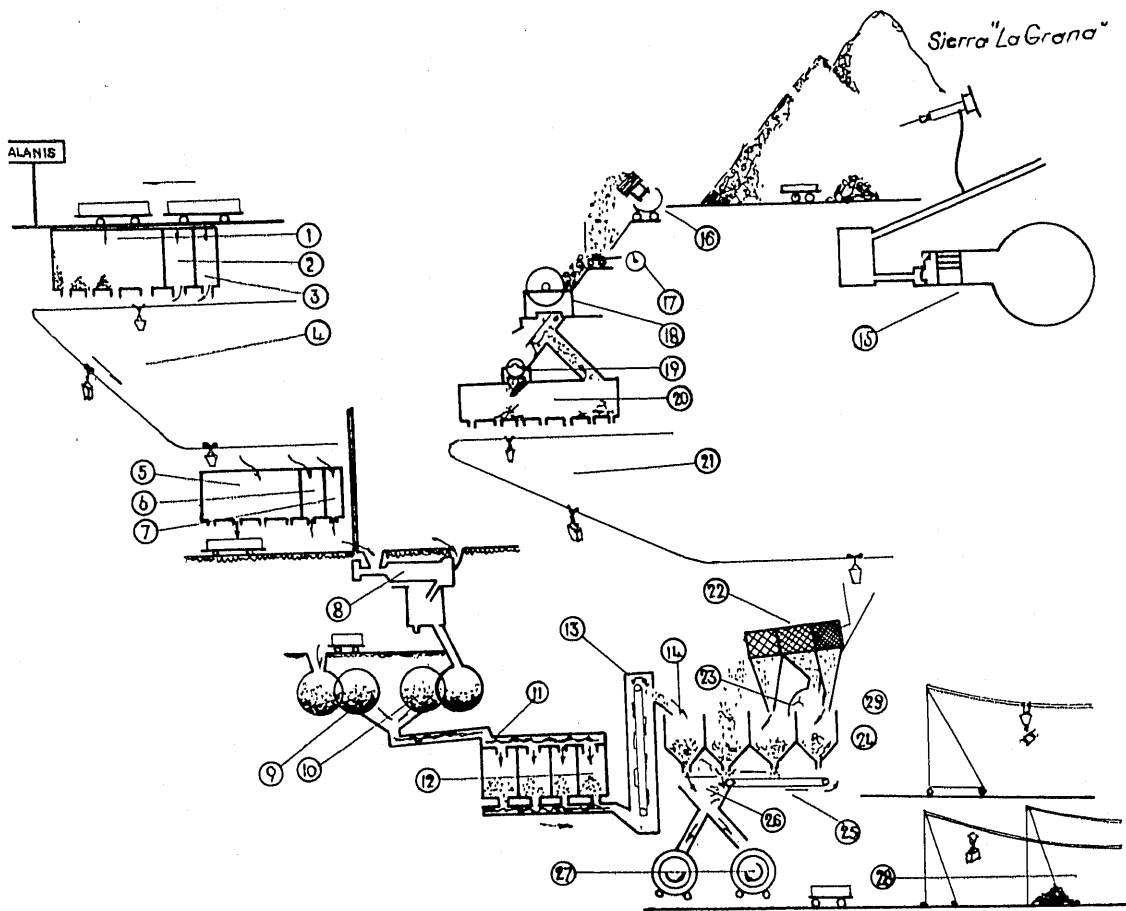


Foto núm. 5. — *Presa del Pintado*. Ataguías y principio de la cimentación. Instalaciones auxiliares para cimentación.



- 1.- Silo de clínquer 2.- Silo de yeso. 3.- Silo de carbón.- 4.- Teleférico.- 5.- Silo de clínquer.-
 6.- Silo de yeso.- 7.- Silo de carbón.- 8.- Secadero.- 9 y 10.- Molinos de clínquer.- 11.- Distribuidor
 helicoidal de cemento.- 12.- Silos de cemento.- 13.- Elevador de cemento.- 14.- Silo regu-
 lador de cemento.- 15.- Compresores.- 16.- Volcadores.- 17.- Alimentadores de macacadoras.-
 18.- Primer escalón de macacador.- 19.- Segundo escalón de macacador.- 20.- Silos de áridos
 en Cartera.- 21.- Teleférico.- 22.- Clasificadores rotativos.- 23.- Molinos de arena.- 24.- Silos
 de áridos clasificados.- 25.- Dosificador de cemento.- 26.- Báscula automática de ce-
 mento.- 27.- Hormigoneras.- 28.- Cables-grúas fijos.- 29.- Cable-grúa móvil.

Fig. 4.^a — Pantano del Pintado. Esquema de instalaciones.

50 y el 25 por 100 el número de palúdicos del personal de la obra. En 1948 se desinfectaron viviendas y locales con DDT en forma de gas, habiéndose logrado en el verano de 1950 que no hubiera ni un solo caso de paludismo.

Salto de Villalcampo.

Iberduero, S. A.

Presa vertedero, perfil de gravedad y planta recta. Altura, 53 m.

Volumen del cuerpo de presa, 225 000 m.³.

Las obras de desviación del río, presa y central

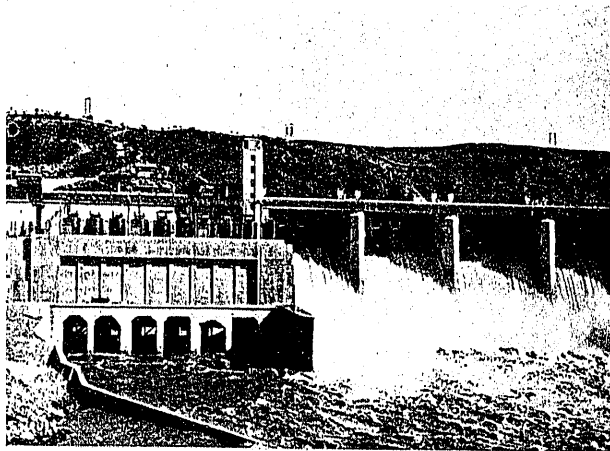


Foto núm. 6. — Presa de Villalcampo. Aspecto del aliviadero y de la salida de turbinas.

sumergida adosada a la presa, representan 330 000 metros cúbicos de excavación y 267 000 m.³ de fábrica (foto núm. 6).

Comenzada en mayo de 1943 y terminada en mayo de 1949.

Emplazada en el río Duero, aguas abajo de la confluencia del Esla, en la provincia de Zamora. Cimentada en granito.

La máxima producción diaria alcanzada en el hormigonado de presa fué de 950 m.³, con una media resultante de 700 m.³.

El mayor problema de esta obra fué la desviación del río, con un caudal mínimo de 150 m.³/segundo, puesto que al del Duero se unía el desagüe de la central del salto del Esla.

La ataguía tiene una altura de 20 m. Se cimentó con tres cajones de hormigón armado hincados a diez metros de profundidad por aire comprimido. Al comenzar la hinca del primer cajón una súbita avenida llegó a inclinarlo cerca de 15° respecto a la vertical.

El túnel de desviación, perforado en la ladera derecha, es de sección en herradura, con 8,50 metros de altura y 580 m. de longitud. Se le hizo un

primer revestimiento de mampostería para el período de desviación, y posteriormente se revistió con hormigón, para dejar una sección circular de 7 m. de diámetro, quedando así como aliviadero de superficie auxiliar. La entrada se hizo por un tramo de túnel de gran inclinación.

Se utilizaron áridos artificiales de roca granítica, extraídos de una cantera de la margen izquierda, donde se efectuaba el machaqueo primario. El enlace con la instalación secundaria, situada a pie de obra en la margen derecha, lo efectuaba un teleférico bicable de 1 Km. de longitud. (Croquis de las instalaciones, en las figs. 5.^a y 6.^a.)

Para la colocación del hormigón de obra se utilizaron dos cables grúas de 8 Tn., con las dos torres móviles.

Salto de Salime.

Salto del Navia en comunidad.

Presa vertedero, perfil arco-gravedad. Altura, 135 m. (foto núm. 7).

Volumen del cuerpo de presa, 730 000 m.³.

Comenzada en agosto de 1947 y terminada a fines de 1953.

Ubicada en el río Navia, aguas arriba del embalse de Doiras, provincia de Oviedo. Cimentada en pizarra.

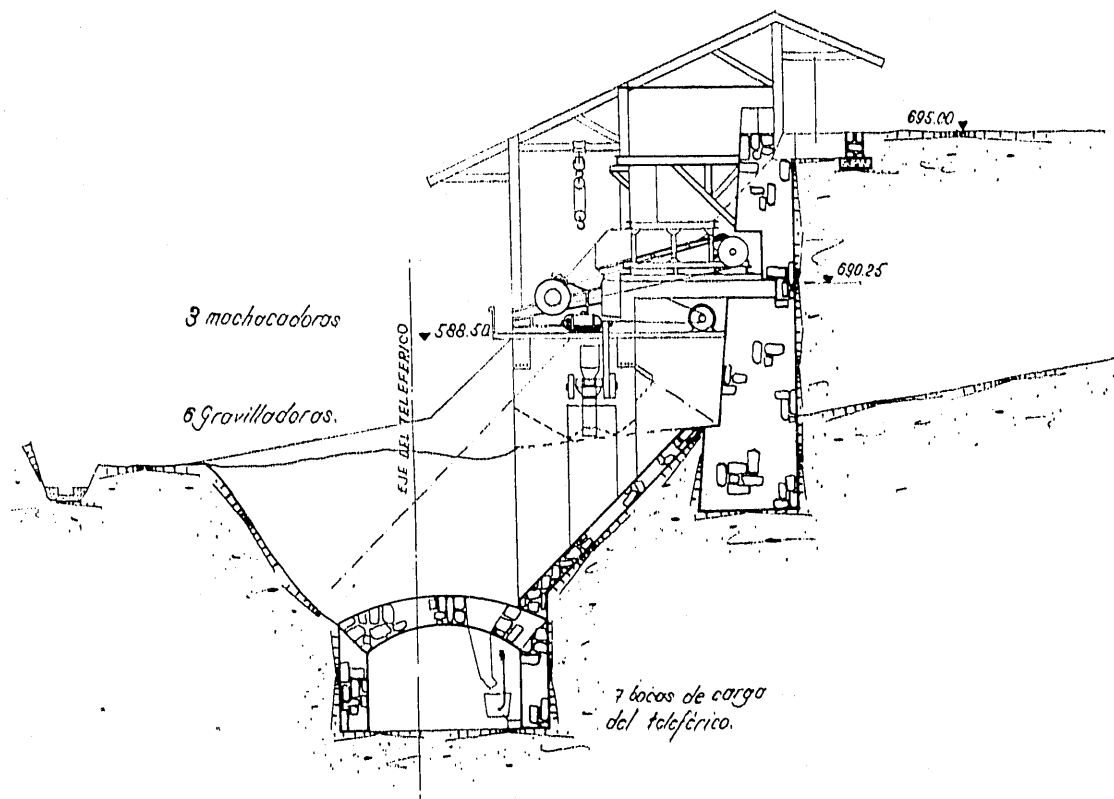
La central generadora, adosada a la presa está colocada justamente debajo del aliviadero, de tal modo que su techo es al mismo tiempo la solera del trozo final de este último. La foto número 8 muestra un aspecto de ella durante su construcción.

En esta obra se consiguió el *record* europeo de hormigonado, con una producción diaria máxima de 4 040 m.³.

La clave y mayor dificultad de esta obra estuvo en la cantera, debido a la gran pendiente de la ladera. (La foto núm. 9 es detalle de la cantera.) A esto se unía también la fuerte inclinación de algunos liosos que, a modo de pequeñas fallas, cruzaban el frente. Si se tiene en cuenta que éste llegó a tener una altura de 134 m., ya se comprenderá que no resulta exagerada la decisión que adoptamos de hacer el proyecto individual de cada "pega", estudiando el orden y programación más conveniente, según las zonas en que hubiesen de darse. Ni que decir tiene que desde el punto de vista de la seguridad de los trabajadores, y del posible transeúnte ajeno a la obra, la vigilancia era constante y se adoptaron todas las precauciones posibles, anunciándose el momento de dar fuego a los barrenos por señales acústicas y ópticas, previamente comunicadas a los Alcaldes de los municipios colindantes para su mayor publicidad.

La instalación completa de machaqueo primario y secundario, molienda, clasificación y ensilado de áridos, juntamente con la dosificación y amasado

SECCION TRANSVERSAL



SECCION LONGITUDINAL

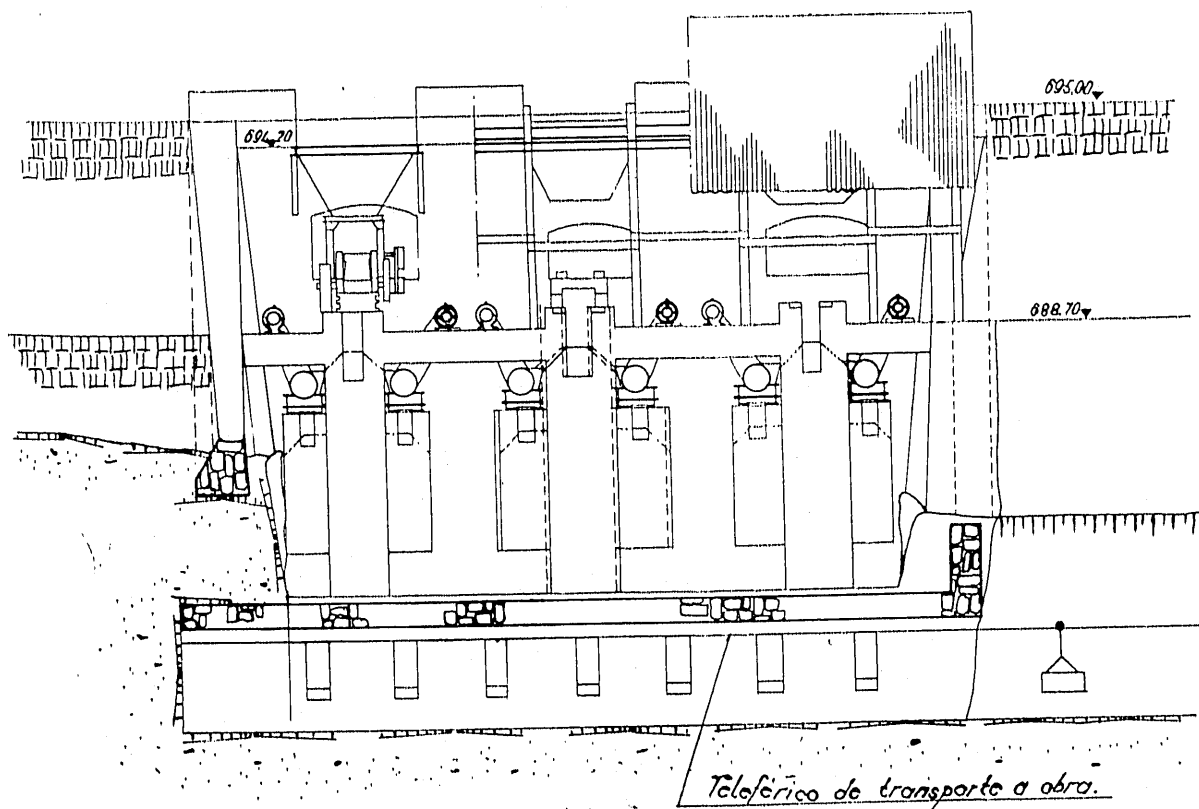


Fig. 5.^a — Obras de Villalcampo. Instalaciones de machaqueo y silos en cantera.

SECCION LONGITUDINAL

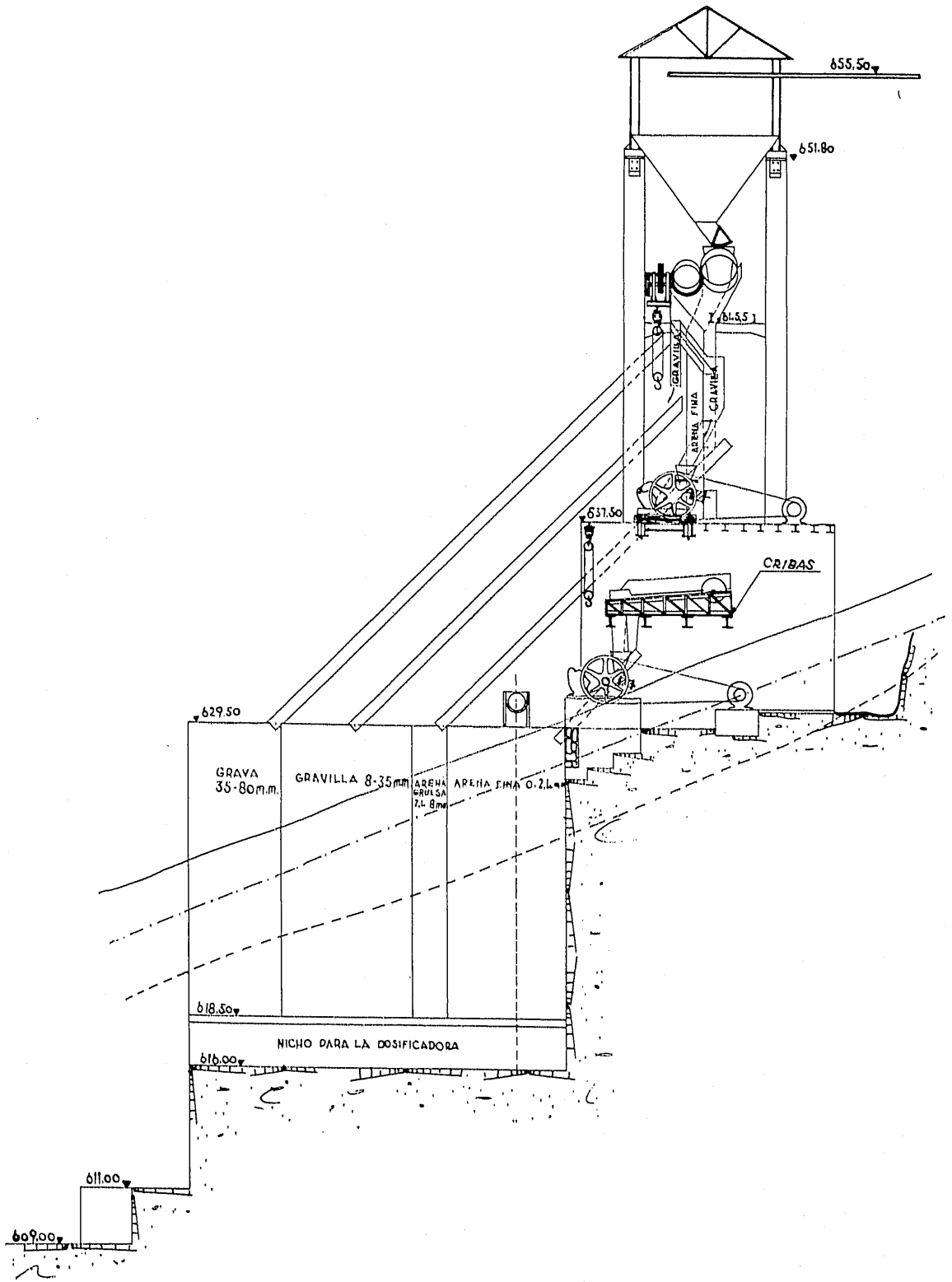


Fig. 6.^a — Obras de Villalcampo. Instalaciones de machaqueo y silos en obra.

SECCION TRANSVERSAL

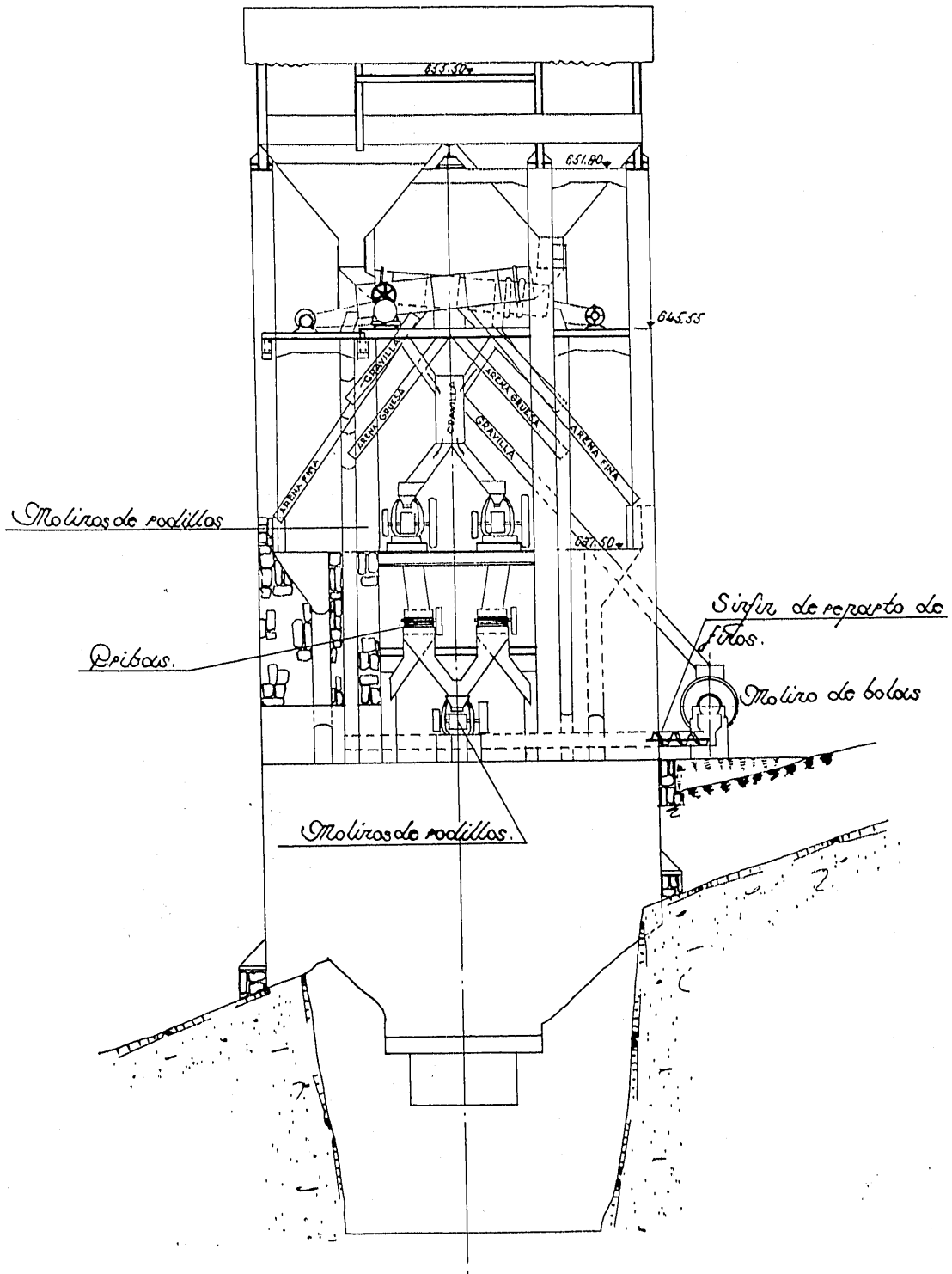


Fig. 6.ª — Obras de Villalcampo. Instalaciones de machaqueo y silos en obra.

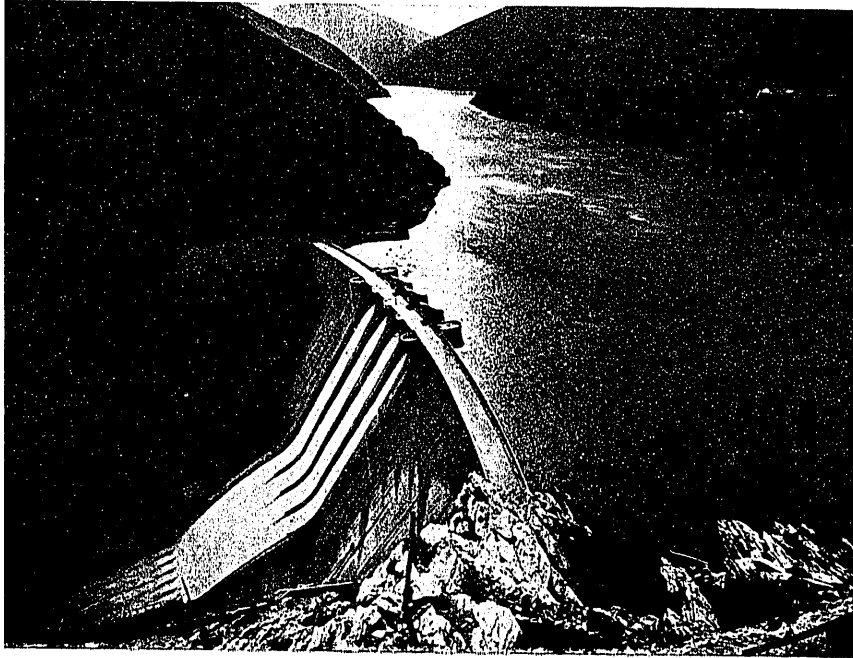


Foto núm. 7. — *Presa de Salime* vertiendo al terminar su construcción.

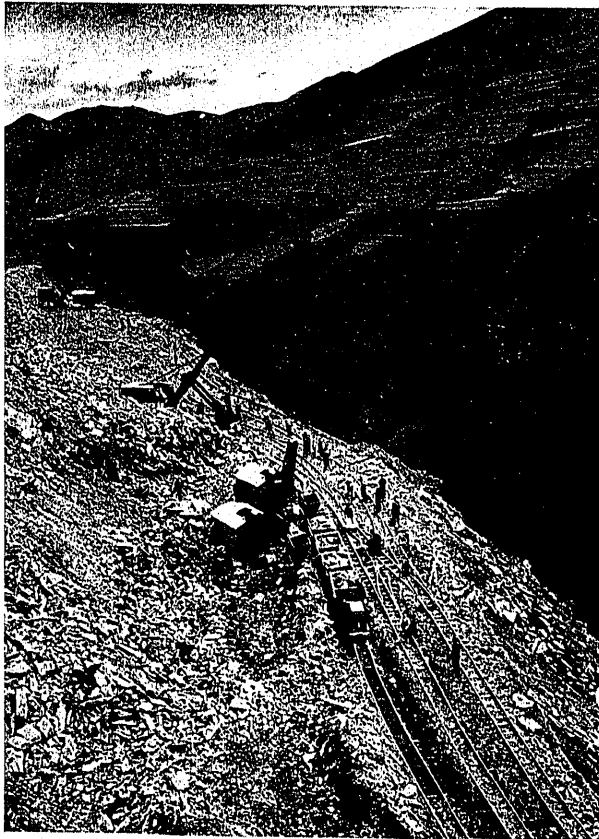


Foto núm. 9. — *Presas de Salime*. Aspecto de una zona de la cantera que llegó a tener igual altura que la presa, 134 m.). Se utilizaron locomotoras Diesel y vagones de vuelco automático. Tanto el terreno de cimentación como el de la cantera eran pizarras.

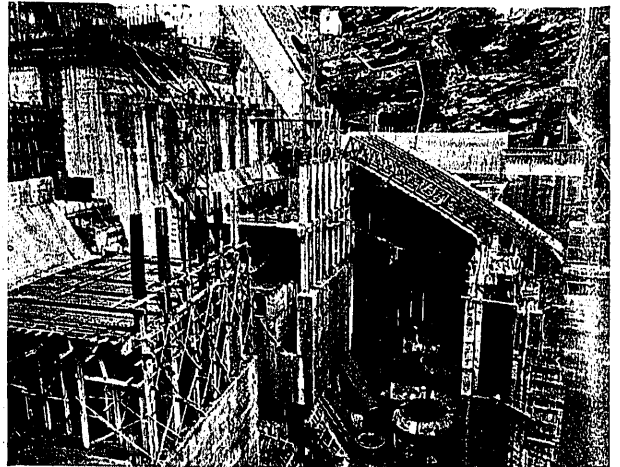


Foto núm. 8. — *Salto de Salime*. Aspecto de una zona de la central durante la construcción. Se ven las cerchas rígidas de la cubierta de la central, que es a la vez aliviadero. A la izquierda, zona de mandos de la central, cuya cubierta es también aliviadero.

del hormigón, formaban un conjunto dispuesto en cascada y dividido en dos instalaciones gemelas (ver figura 7.^a). El desnivel total entre la entrada de la piedra de cantera y la salida del hormigón amasado

na de cualquiera de las dos gemelas, poder restablecer el circuito interrumpido a través de la otra máquina compañera de la averiada.

Para la puesta en obra del hormigón se dispo-

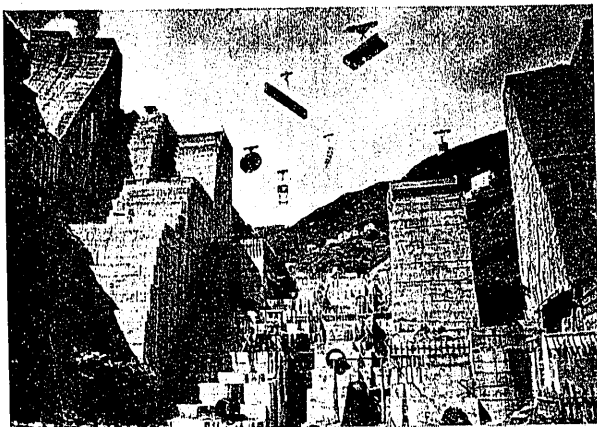


Foto núm. 10. — Presa de Salime. Fase de construcción de esta obra. Se utilizaron cinco cables-grúa móviles y dos fijos para trabajos de excavación, hormigonado, etc. Obsérvese que uno de los cables-grúa transporta un panel de encofrado de 30 m.².

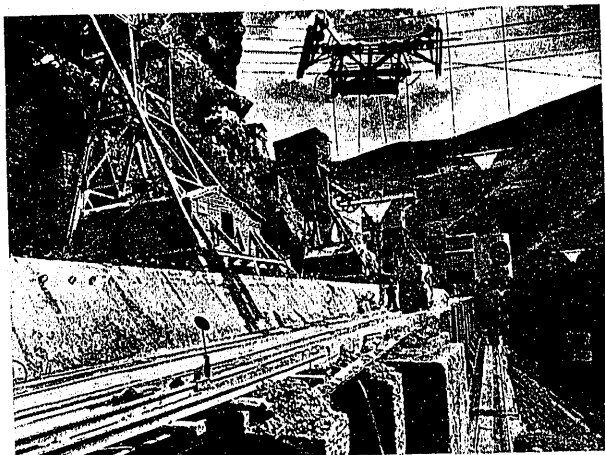


Foto núm. 11. — Salto de Salime. Plataforma de cables-grúa. Al fondo, instalaciones de hormigonado y llegada de cintas de dosificadoras automáticas.

era de 100 m. en números redondos, y entre cada dos escalones consecutivos de la instalación existía la altura precisa para, caso de avería en una máqui-

na de tres cables grúa de 8 Tn. y dos de 6 Tn., todos ellos con las dos torres móviles. Además había otros dos cables-grúa fijos de 2 y 6 Tn., dedica-

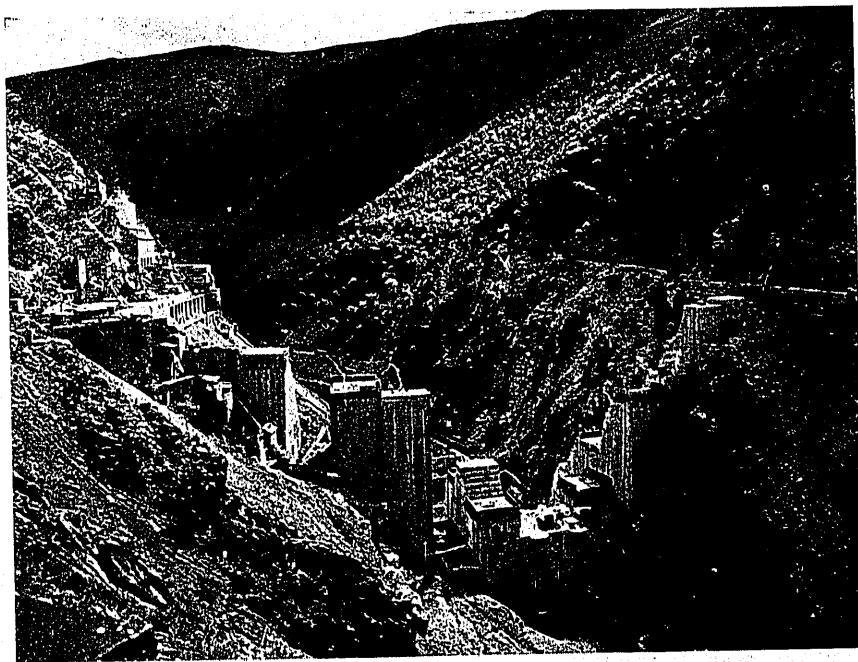
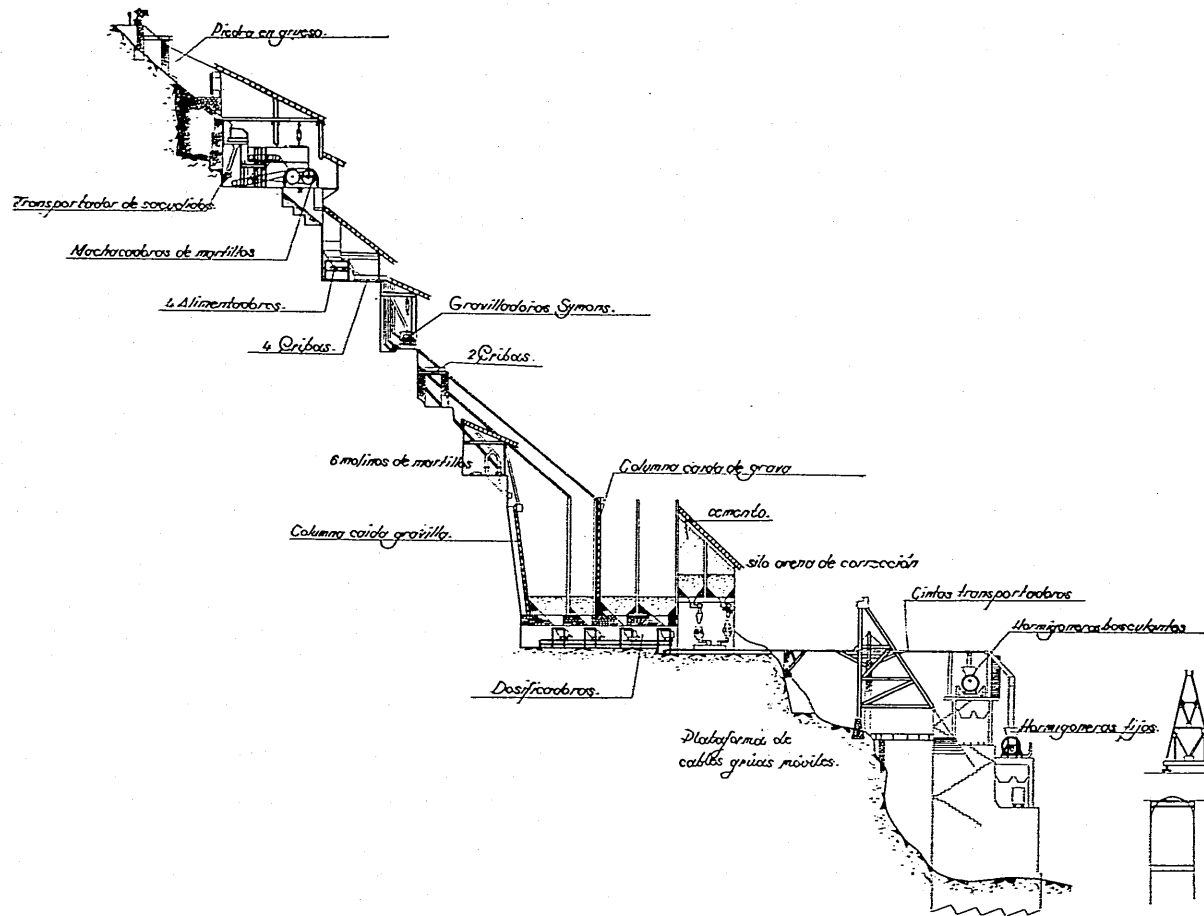


Foto núm. 12. — Presa del salto de Salime. Aspecto de las obras durante la construcción, al llegar a la cota de plataforma de las tomas de agua. A la izquierda, en la parte superior, la instalación núm. 2 de hormigonado, y a la izquierda, en el centro de la fotografía, la instalación núm. 1, que tiene las vías de transporte de baldes en el bloque núm. 4 de la presa. El bloque núm. 7 quedó más bajo para desagüe complementario de avenidas.

PERFIL LONGITUDINAL



FRENTE

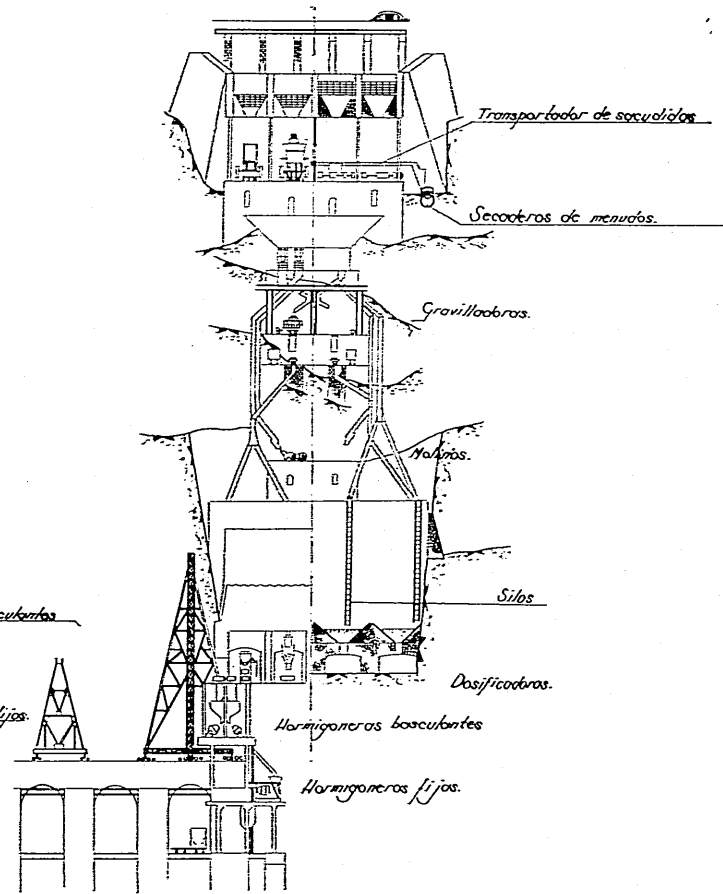


Fig. 7.^a — Salto de Salime. Instalación núm. 2 de machaqueo y hormigenado.

dos a servicios varios, pero con los que también se hormigonó muy frecuentemente (ver fotos núms. 10 y 11). Había, además, una instalación de canaletas apoyada directamente en la ladera, por la que se llegó a servir 1 000 m.³ en una jornada.

Los áridos del hormigón fueron de pizarra, esa roca tan poco estimada para construcción, pero que aquí, sin embargo, dió muy buen resultado, como lo prueban las observaciones hechas posteriormente para estudio del comportamiento elástico de la presa, que ha sido magnífico.

Característica de esta obra, una de las más altas de Europa, fué la enorme dificultad ya citada que para todo supuso la gran pendiente de sus laderas. (La foto núm. 12 es una vista de la presa desde aguas arriba, mediada su construcción.)

Hubo que montar cuatro planos inclinados y cinco horizontales para extracción de los productos de excavación, en donde trabajan tres excavadoras y dos dragalinas.

Las fuertes filtraciones del terreno obligaron a montar un importante servicio de agotamiento, teniendo que realizar, entre otras cosas, dos pozos indios para ubicación de parte de las bombas de agotamiento.

Por ser el valle aguas arriba de la presa muy cerrado, presentaba especial dificultad el cierre del túnel de desviación, por la rápida subida de la cota del agua embalsada. No queriendo correr ningún riesgo, y a pesar de disponer de más de veinticuatro horas para este trabajo, y para asegurar el éxito, se preparó concienzudamente y se cerró en el plazo record de veinte minutos, en el que se realizaron todas las operaciones de cierre, se recogieron las filtraciones y se construyó el primer tapón.

El clinker se traía desde Navia por un teleférico, y se realizaban en obra todas las operaciones de machaqueo, secado y molienda.

Aquí, en Salime, las características dichas del terreno obligaron a aguzar el ingenio para resolver el permanente problema de falta de espacio, para situar las viviendas de los poblados (hubo 1 400 hombres trabajando), los almacenes, garajes, oficinas, instalaciones, carreteras de acceso, etc., teniendo incluso que recurrir a la construcción de dos planos inclinados y de un vaivén para enlace de los poblados.

Especiales fueron los encofrados utilizados, que en muchas zonas de la obra eran paneles de 30 m.² que se movían con los cables-grúa.

Presa de Aguilar de Campoo.

Se empezó en noviembre de 1953, con un plazo inicial de seis años. Presa de gravedad, con 270 000 m.³ de hormigón. Vertedero sobre la presa y central a pie de presa, con canal de desagüe de 300 m. Cimentada parte en calizas y la mayor parte en margas. (Detalle de parte de las obras, en foto

número 13.) Variante de carreteras en longitud de 12 Km. Hay dos presas de tierra para las cerradas secundarias del embalse.

Situada esta presa sobre el río Pisuegra en un abierto valle, hay dos características notables que dan la tónica de la obra. Una, derivada de la misma presa, de gran longitud de coronación, 500 m., y que además está compuesta de dos alineaciones rec-

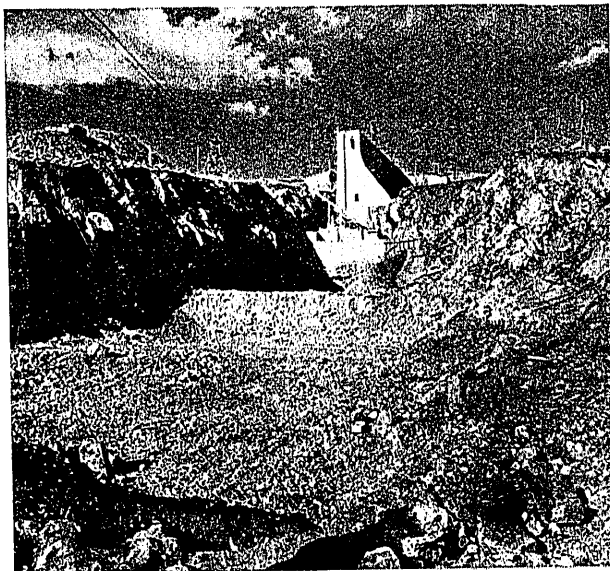


Foto núm. 13. — Presa de Aguilar de Campoo. Excavaciones en el estribo izquierdo, en el que se ha llegado a alcanzar una cota de 18 m. bajo el terreno natural. Se aprecia la sección de la parte superior de la presa, enrasada en la coronación, como perfil típico de presa de gravedad.

tas, y otra curva, lo que ha obligado a montar sistemas de transporte de hormigón independientes, de gran longitud. Se utilizan transporte por vagonetas, cables-grúa y cintas sobre pilastras en la propia presa, que llevan un "tripper" del que cuelgan tubos cónicos para distribución de hormigón.

La segunda característica es el terreno de cimentación, que está constituido por calizas con cavernas y por margas muy duras para excavación, pero meteorizables rápidamente (algunas de estas margas con el agua se convierten en una masa pastosa sólida difícilísima de trabajar) y que además está cruzada por numerosísimos pequeños canales, a veces rellenos de fango, que ha obligado a preparar un fuerte plan de excavaciones, y especialmente de inyecciones de pantalla, saneo, impermeabilización y de robustecimiento del terreno, plan que está en curso de ejecución.

Se han montado tres instalaciones, dos con áridos de canteras y una con áridos de río, que es preciso lavar en un lavadero trommel adecuado. La figura 8.^a es una planta general de la presa y un es-

Fig. 8.ª — Aguilar de Campóo. Plano general de instalación número 3 en margen derecha. Sección longitudinal por el eje de los silos de áridos y proyección sobre el plano de esta sección.

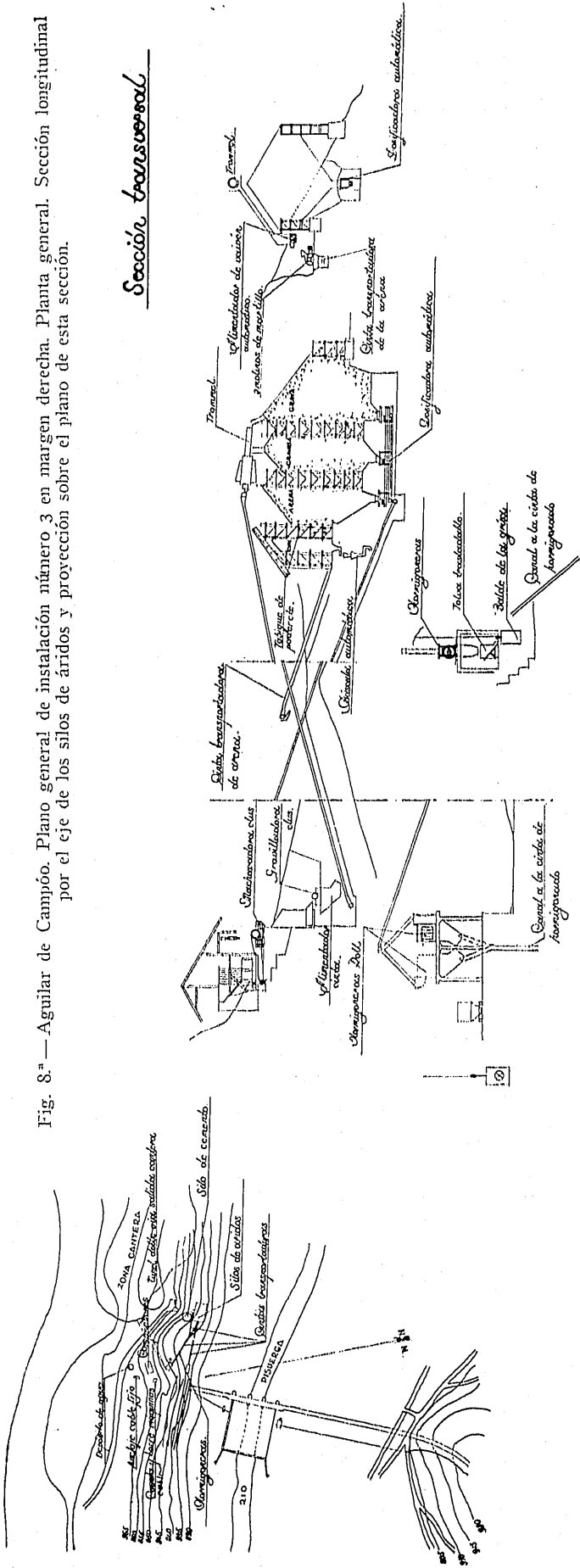


Foto núm. 14. — Presa de Aguilar de Campóo. Excavaciones en el estribo derecho a principio de la cimentación de esta parte. En la parte superior, instalación núm. 3 de hormigonado y silos de cemento.

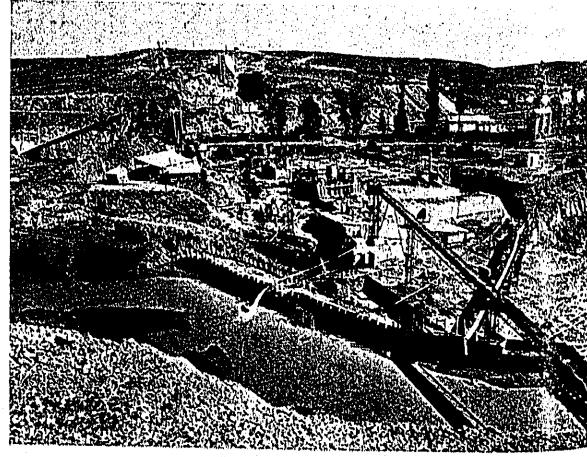


Foto núm. 15. — Presa de Aguilar de Campóo. Estribo izquierdo y centro de la presa. A la izquierda, instalación número 2 con lavado de áridos. Gran parte del hormigón se transportó con cintas. Cimentación de la parte central y excavación del estribo izquierdo. Obsérvese la "desalineación" del cable por tener la presa dos alineaciones rectas y una curva (longitud total, 500 m.).

quema de las instalaciones de fabricación de hormigón número 3 (ver foto núm. 14).

Ha sido típico de esta obra la desviación del río, que muy ingeniosamente se ha resuelto, sin necesidad de túneles ni canales, simplemente variando el curso del río de unas zonas a otras con sencillas ataguías lineales, desde aguas arriba a aguas abajo (ver foto núm. 15).

Se han utilizado encofrados metálicos de vigas en ménsula sujetas con tornillos en la presa, con balconillos para trabajo de los operarios, encofrados que se transportan de unos bloques a otros con el cable-grúa.

Presa de Orellana.

Produce un embalse de 325 Hm.³. Presa de gravedad de planta recta, con estructura de coronación en el vertedero, y acceso desde ambas laderas, para dar paso a la carretera de coronación. Altura, 58,50

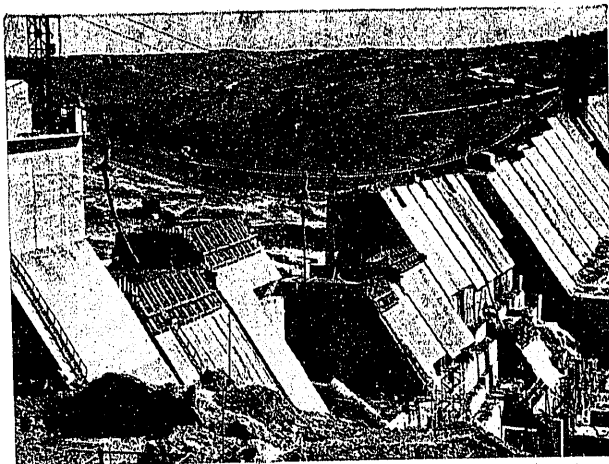


Foto núm. 17. — Presa de Orellana. Detalle de la parte central y del sistema de transporte de hormigonado, que consiste en cintas con "trippers" apoyadas sobre cables, de las que cuelgan tubos de trompa. El hormigón llega al principio de estas cintas por unos skips.

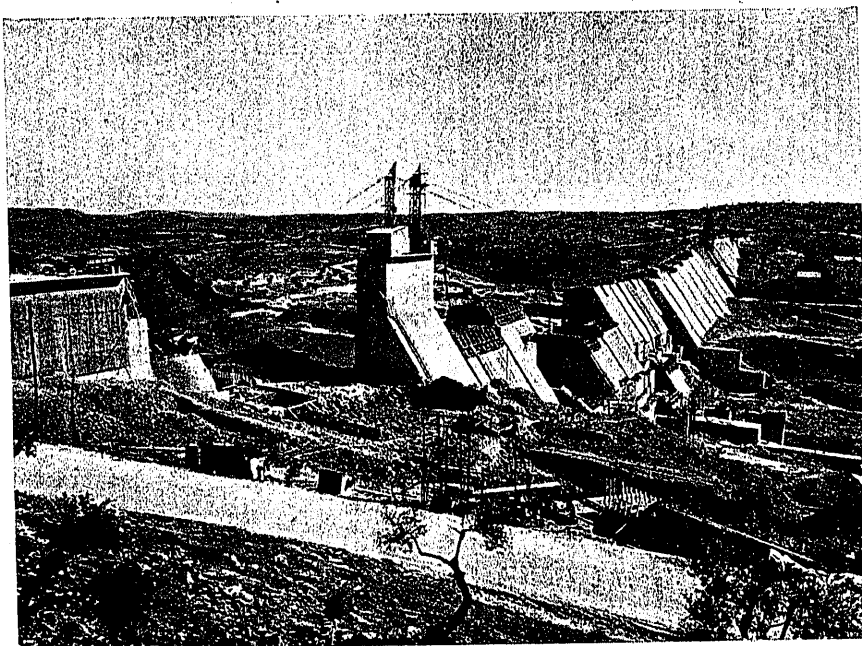


Foto núm. 16. — Presa de Orellana. Se aprecia la gran longitud de esta presa y los distintos sistemas de hormigonado utilizados. Al fondo, a la derecha, instalaciones de hormigonado.

metros y longitud de coronación, 732,18 m. Profundidad máxima de cimientos, 17 m.

Se ha proyectado un colchón amortiguador de 215,75 m. de ancho, al que vierte el aliviadero de superficie que consta de 12 vanos de 15 m. de altura de lámina de 5 m. Se empezó en 1956, con un plazo inicial de cinco años, poniendo en servicio la

obra con un adelanto de dieciséis meses sobre el plazo previsto en el contrato. Forma parte esta presa del Plan Badajoz.

El problema principal de esta obra ha sido el de la gran longitud de su coronación, que hacía impracticable el montar cables-grúa en la clásica forma en que son empleados en las presas. Se han utilizado, sin

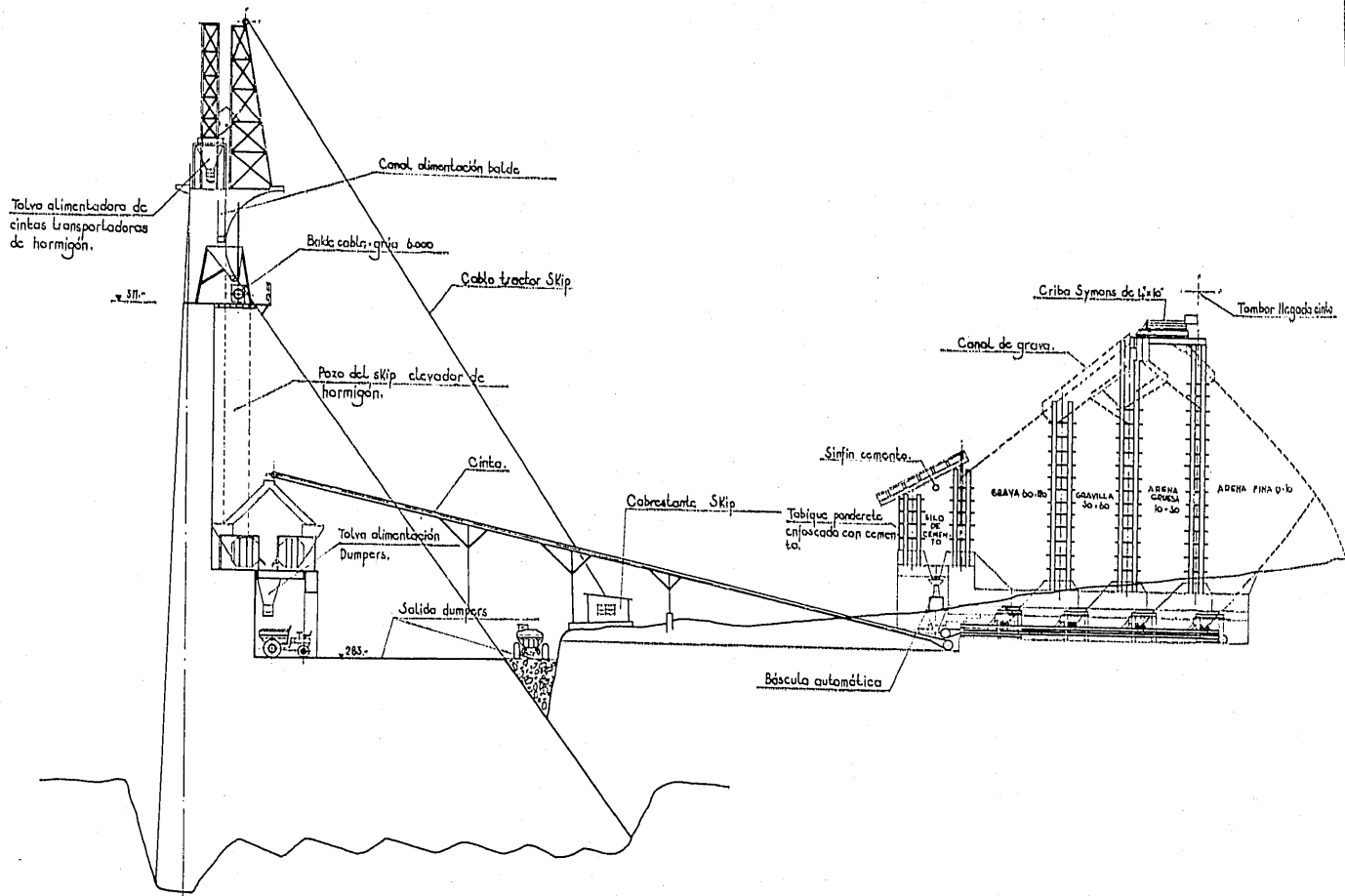


Fig. 9.^a — Pantano de Orellana. Instalación principal y sistema de hormigonado. Alzado del conjunto de instalaciones.

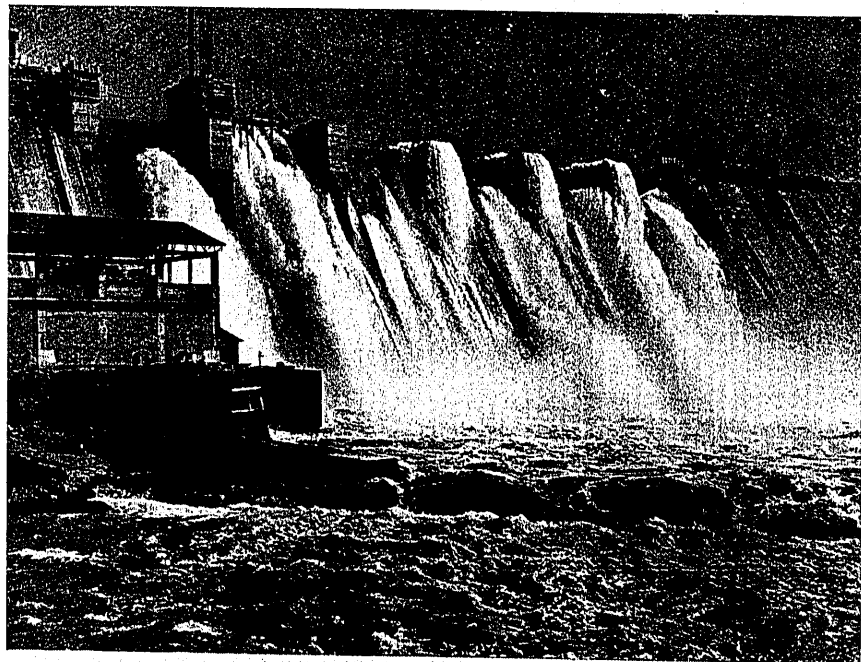


Foto núm. 18. — Presa del pantano de Orellana. Aspecto de la obra durante una riada que sobrevino al mes de hacer los tapones provisional y definitivo de cierre de la desviación. El agua vierte incluso por encima de las pilas que están en construcción.

embargo, para las numerosas labores auxiliares, incluso para el hormigonado, montándolos sobre dos bloques de la presa.

Se ha recurrido también al empleo de una solución totalmente original para el transporte de hormigón. Se montaron cuatro cables sobre dos bloques de la presa y sobre ellos una cinta transportadora que llevaba unos trippers o volcadores de hormigón que podían correr cada uno a lo largo de un tramo de la cinta. Colgando de otros cables iban unos tubos de trompa que tenían aproximadamente 60 m. de altura. Con todo ello se consiguió llevar el hormigón fácilmente a cualquier punto de la presa y alcanzar producciones muy elevadas con gran comodidad. La puesta a punto de este sistema novísimo ha requerido un gran estudio y un gran tesón para vencer todas las dificultades que se presentaron. Las fotos 16 y 17 muestran claramente lo indicado, cuando ya algunos bloques habían llegado cerca de la coronación.

Durante la construcción ha habido varias avenidas, y algunas de gran magnitud, como muestran las fotografías adjuntas (ver foto núm. 18), en las que también se aprecian las instalaciones de fabricación de hormigón (ver fig. 9.ª).

Las ataguías se han cimentado utilizando una solución que ha dado un buen resultado. Está cimentada sobre pilotes en varias pantallas, y en cada una en contacto unos con otros, realizándose después un trabajo de inyecciones.

El terreno firme sobre el que se cimenta la presa es una grauwaca muy dura.

Se han utilizado áridos de río que se sometían a una especie de lavado, no por la presencia de arcilla sino para eliminar el exceso de finos que tenían.

Presa de García de Sola.

En el río Guadiana, en el término de Talarrubias (Badajoz).

Presa vertedero con perfil tipo de gravedad y planta recta, con carretera sobre la presa, defensa de pie de presa, trampolín y contrapresa. Longitud igual a 226 m. Se comenzaron los trabajos en noviembre de 1957, con un plazo inicial de cincuenta y cuatro meses.

Ha habido varios problemas importantes en la construcción de esta presa. La cimentación de la ataguía fué uno de ellos, por tener que atravesar una potente capa de acarreo. Se cimentó la ataguía sobre pilotes, inyectando posteriormente. Esta ha demostrado ser una buena solución que tiene, sin embargo, el inconveniente de atravesar los acarreo cuando en éstos aparecen tamaños de piedras del orden de 40 cm. o superiores.

Característica y enormemente difícil ha sido la

excavación en cuarcitas (foto núm. 19). Hubo que recurrir a los widias, y en esto se presentó el no pequeño problema de fijación de las placas de widia a los barrenos, problema que se resolvió satisfactoriamente.

Se ha trabajado en la excavación y hormigo-

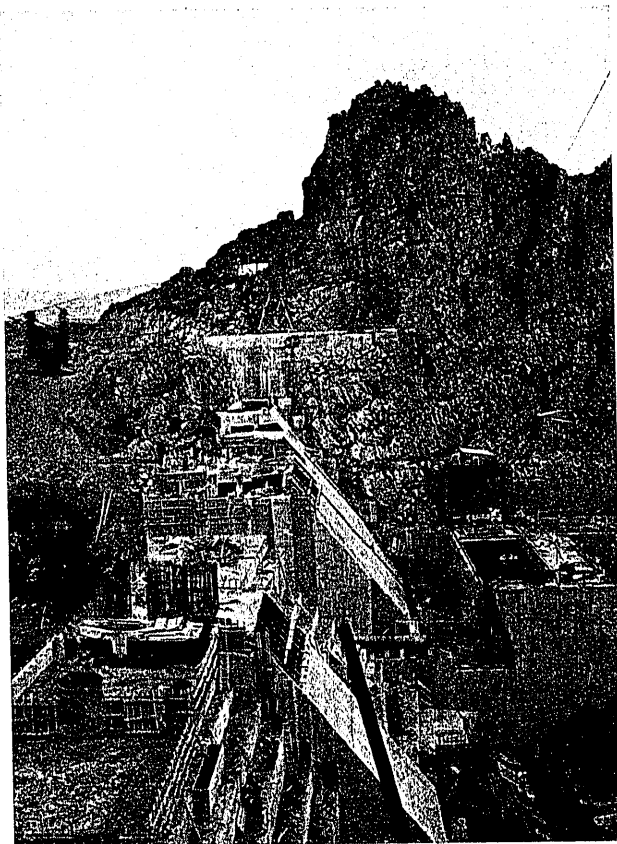


Foto núm. 19. — Pantano García de Sola. Aspecto de la presa, ya muy avanzada la construcción. Las cuarcitas constituyen el terreno de esta zona.

nado con dos cables grúas móviles, dándose, por cierto, un problema importante en la excavación de la plataforma de las torres de los cables grúas móviles, en la que había unos enormes bloques de cuarcita cuarteados y "descolgados" de la ladera, que hubo que fijar (ver foto núm. 20).

Idéntica dificultad se presentó en la carretera de acceso a la central.

La entrada al túnel de desviación se ha resuelto de igual manera que la cimentación de la ataguía, sobre pilotes.

Se han utilizado áridos silíceos de río, realizándose sólo el machaqueo de los bolos grandes. No se han construido silos, sino que los áridos, ya clasificados, se han depositado sobre un túnel artificial, donde están las dosificadoras, que descargan sobre

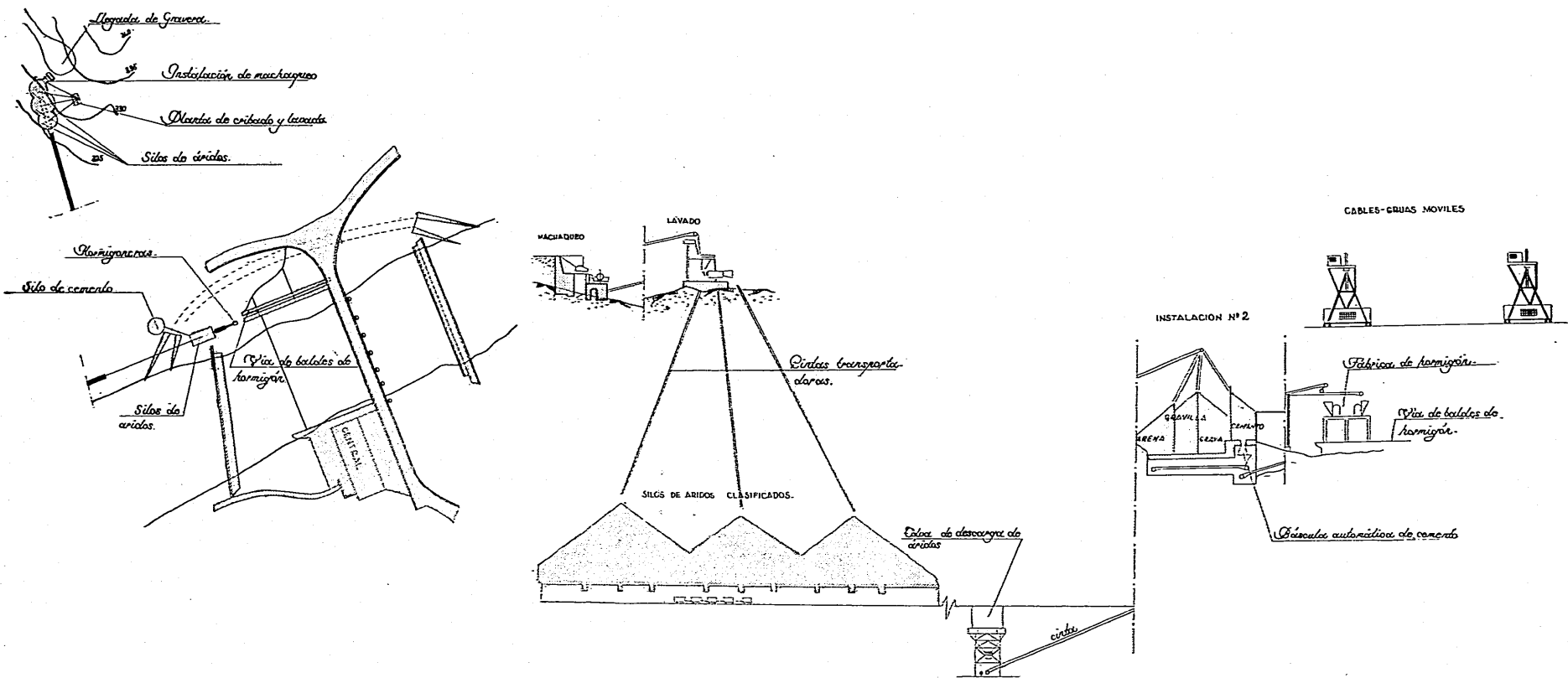


Fig. 10. — Pantano de García de Sola. Planta y conjunto de las instalaciones.

vagones de vuelco automático de 2,5 m.³ de capacidad. La figura 10 es un croquis de las instalaciones de esta obra.

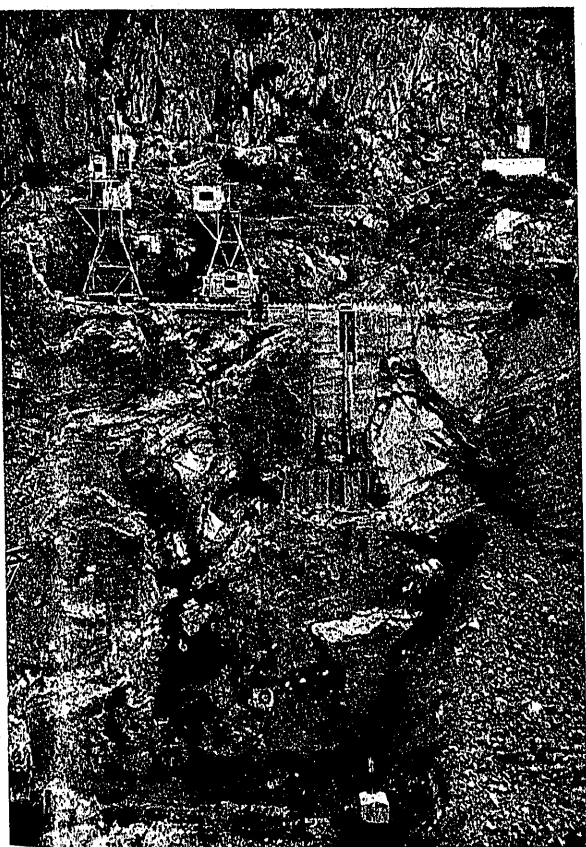


Foto núm. 20. — Pantano García de Sola (Puerto Peña). Cementación del estribo derecho y del fondo de la presa. La roca es cuarcita. Se observan los bloques "descolgados" de la ladera sobre la plataforma de cables-grúa móviles. En la parte inferior izquierda, parte de las instalaciones de hormigonado.

Presa del pantano de Tous.

Sobre el río Júcar, en la confluencia con el Escalona, en el término de Tous. Presa de gravedad, recta. Vertedero sobre la presa, con seis vanos de compuertas automáticas de sector flotante, amortiguador de energía de pie de presa tipo trampolín de doble lanzamiento; altura máxima desde cimientos, 110,50 m., y longitud de coronación igual, de 728 m., con un volumen del cuerpo de presa de 1 125 984 m.³ de hormigón. Espesor aproximado de acarreos por debajo del cauce del río de 20 m. Roca caliza (ver foto núm. 21). Densidad de fábrica supuesta para el cálculo, 2 300 Kg./m.³. Distancia entre juntas, 15 m., y 11,50 en los bloques del vertedero. Túnel de desvío para 700 m.³/seg

Esta presa está en construcción, habiéndose presentado un problema típico y difícil, resuelto sin

embargo satisfactoriamente. El terreno es cretácico y se ha presentado una falla en el canal de salida del túnel de desviación, que ha dado lugar en esta zona a la existencia de un terreno totalmente descompuesto, que es prácticamente un fango. La losa y cajeros de este canal se han cimentado sobre pilotes, sobre los que van unas vigas pretensadas que sostienen esta losa.

Para cimentar las ataguías se ha recurrido a una solución análoga a la utilizada en Orellana y en García de Sola. Se han ejecutado dos pantallas de pilotes, en contacto unos con otros en cada una de ellas. Después se inyecta la zona comprendida entre las dos pantallas, y finalmente, sobre todo esto se construye la ataguía. Estaba prevista una profundidad máxima de 20-22 m., pero habrá que llegar a unos 33 m., lo cuál constituye un record en esta clase de trabajos.

Los áridos son naturales. Después del machaqueo de los tamaños grandes, se vierten en el terreno natural sobre un túnel de alimentación de una cinta de 180 m. de longitud y 800 mm. de anchura, que lleva los materiales ya clasificados a una planta automática de dosificación totalmente en peso, de la que sale el hormigón que se vierte con ingeniosos dispositivos en unos silobuses, de fácil movimiento a mano, que son los que alimentarán los cables-grúa de hormigonado (figs. 11 y 12).

Es realmente original el túnel a que nos refe-

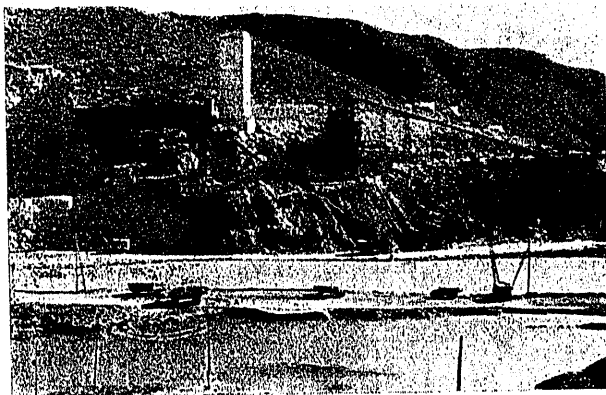


Foto núm. 21. — Presa del Pantano de Tous. Instalación número 1 de hormigonado y aspecto de parte de los trabajos.

riamos al principio. Sus paredes son abiertas y están formadas por losas, y su techo es una chapa curva que forma el antifunicular de las cargas. Así, unas ligeras losas y una aún más ligera chapa sustituyen a pesadísimos muros y bóvedas que tantas veces vemos utilizar en estos casos, con gran ahorro de material y mano de obra.

Si notable es todo lo anterior, más aún lo ha de ser el sistema de encofrados a utilizar. Se ha proyectado construir esta presa con encofrados des-

lizantes, accionados por gatos hidráulicos, y esto, tanto para el paramento de aguas arriba y las juntas, como para el paramento de aguas abajo. Creemos que este método, absolutamente moderno, ha de causar su "pequeña revolución" en los clásicos encofrados, y que ha de tener gran influencia en eliminar muchas de las dificultades que en la construcción, siempre contra reloj, de una presa se encuentran.

Por último, citaremos como notable la solución dada a otro de los puntos importantes de las presas: la construcción de los poblados, que en este caso ha habido que construir a media ladera.

Son de un tipo que en un rato de buen humor

alguien llamó "laderustre", por su parecido con la construcción lacustre. Algunas casas van al aire, apoyadas sobre pies metálicos cimentados en la ladera en que está situado el poblado, y sobre estos pies van unas vigas-soporte de un forjado con bovedillas que, a su vez, constituyen el piso de la vivienda prefabricada que sobre él se construye. La zona que está entre los pies metálicos y el forjado sirve como garaje de cada vivienda. Con una solución tan sencilla se ha conseguido economía, sencillez, rapidez y además, y es lo importante, un magnífico confort. Estas viviendas están construídas utilizando paneles prefabricados y su cubierta es también de elementos prefabricados.