

Fig. 1.ª — Presa de Santa Eulalia, en el río Jares, de Saltos del Sil, S. A.

(Santa Eulalia Dam on the Jares River, Saltos del Sil, S. A.)

EL MOMENTO ACTUAL DE LA TECNICA ESPAÑOLA EN LA CONSTRUCCION DE LAS GRANDES PRESAS

La construcción de presas tiene en España una gran tradición, sin duda debido al clima seco de muchas de sus zonas, que hace necesario embalsar las aguas para su aprovechamiento en fertilizar la tierra o abastecer las ciudades, y a la agreste y alta topografía de otras, que permite la creación de saltos y su utilización para la producción de energía.

En nuestra geografía podemos encontrar presas desde las más antiguas, a las más modernas que se hayan podido realizar en cualquier parte, a lo largo de los tiempos.

Prueba de ello es que, en la actualidad, prestan servicio desde las presas romanas de Proserpina y Cornalvo para el abastecimiento de Mérida (*Emerita augusta*), hasta un número superior a las trescientas, con una capacidad total de embalse de 23 700 millones de metros cúbicos.

De este número de presas en explotación, quince tienen más de 100 metros de altura y un centenar de ellas más de 50 metros. En estos momentos se están construyendo 63 presas, de las que seis tienen más de 100 metros de altura.

Limitándonos a las realizaciones en que hemos intervenido directamente, que como es natural son las que conocemos mejor, podemos indicar que el número de éstas, a partir del año 1947 (veinte años), ha sido de 37, de las cuales 26 están en explotación y 11 en construcción.

De entre ellas destacan por su importancia las de Chandreja (contrafuertes de 86 m. de altura), San Esteban (arco-

PRESA DE ALMENDRA PUESTA EN OBRA DEL HORMIGON

Dr. Ing. C. C. P. C. DUELO

gravidad de 115 m.); Eume (bóveda de 100 m.); Bao (gravidad de 168 m.); Beiesar (bóveda de 127 m.); Guadarranque (tierra de 78 m.); Santa Eulalia (bóveda de 73 m.); La Barca (bóveda de 68 m.); todas ellas en explotación. De las que tenemos en construcción actualmente pueden citarse, por sus características especiales, las de Susqueda (bóveda de 128 m. de altura); Guadalteba-Guadalhorce (escollera de 80 m.); Cernadilla (gravidad de 67 m.); Concepción, de 74 m.; Almendra (bóveda de 198 metros) (1); Atazar (bóveda de 137 m. (1); y la del Kandincik, en Turquía, por su situación en el país en el que se celebra este IX Congreso de Grandes Presas. **22**

Después de lo que llevamos expuesto, es fácil explicarse el alto nivel alcanzado en nuestro país, tanto en el proyecto como en la técnica de la construcción de las grandes presas en sus diferentes facetas.

Por otra parte, creemos que son hechos favorables a esta situación — aparte de la experiencia y tradición señaladas — el importante desarrollo industrial del país en estos últimos años y el que mientras que en otros países adelantados económicamente, se han terminado prácticamente las posibilidades de construcción de presas, en el nuestro aún tenemos realizaciones importantes en ejecución y en proyecto, lo que hace que las técnicas de estas construcciones puedan seguir mejorando y perfeccionándose.

LA COLOCACION DEL HORMIGON EN LA PRESA DE ALMENDRA

A título de ejemplo de lo que decimos, a continuación describimos las circunstancias que nos llevaron a la solución del difícil problema de la puesta en obra del hormigón en la presa de Almendra, sobre el río Tormes, que, como se verá, ha resultado de una magnitud excepcional.

La presa de Almendra forma parte del salto de Villarino, propiedad de la importante Empresa hidroeléctrica Iberduero, S. A., y su construcción fue adjudicada por concurso internacional, en enero de 1965, a la Asociación de Empresas DEZEA, de la que formamos parte.

Su estructura está constituida por una bóveda apoyada sobre su correspondiente zócalo, con una altura máxima de 198 m. sobre cimientos, y estribada en su parte superior en sendos macizos de hormigón, cuya altura es aún de unos 35 m. sobre los correspondientes cimientos. Es decir, que "la presa es más alta que la cerrada", lo que

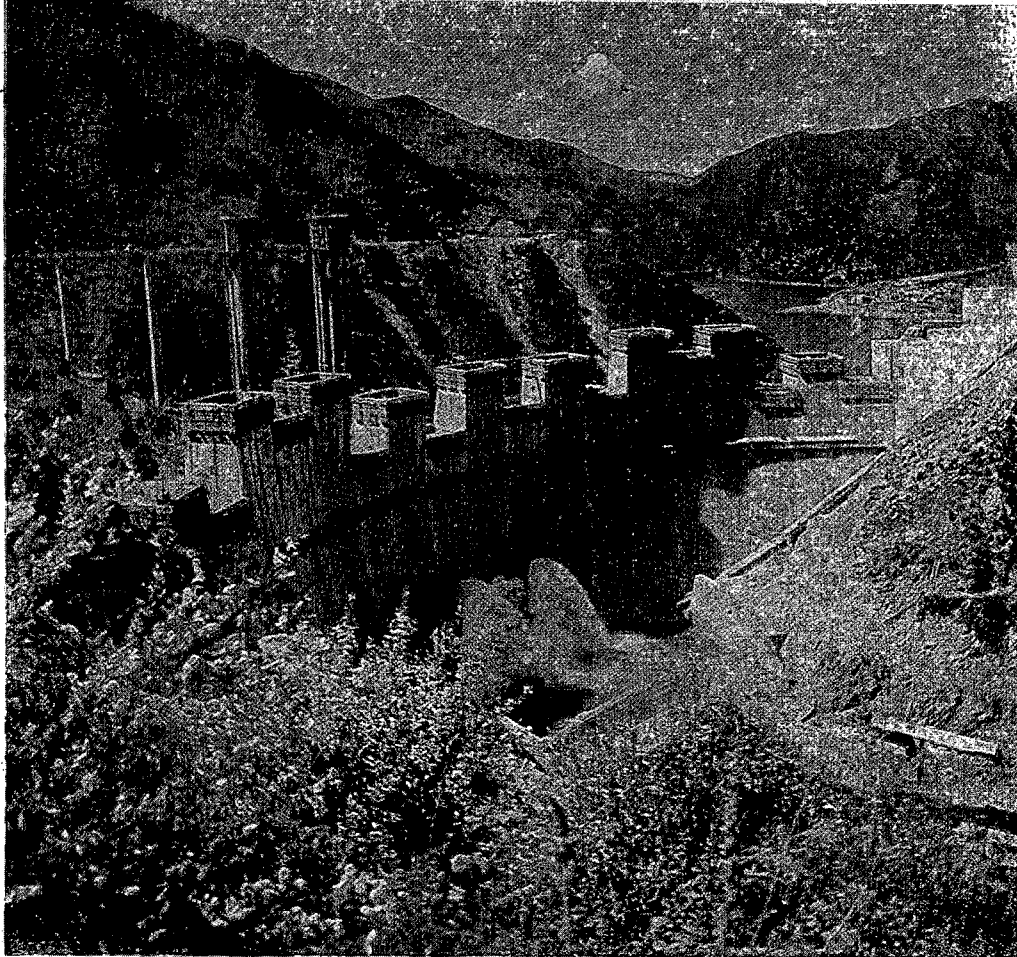


Fig. 2.^a — Presa de Susqueda en el río Ter, de Hidroeléctrica de Cataluña, S. A.

(Susqueda Dam on the Ter River. Hidroeléctrica de Cataluña, S. A.)

hace necesaria la prolongación de estos estribos en dos diques laterales, para completar el cierre del vaso que así se crea.

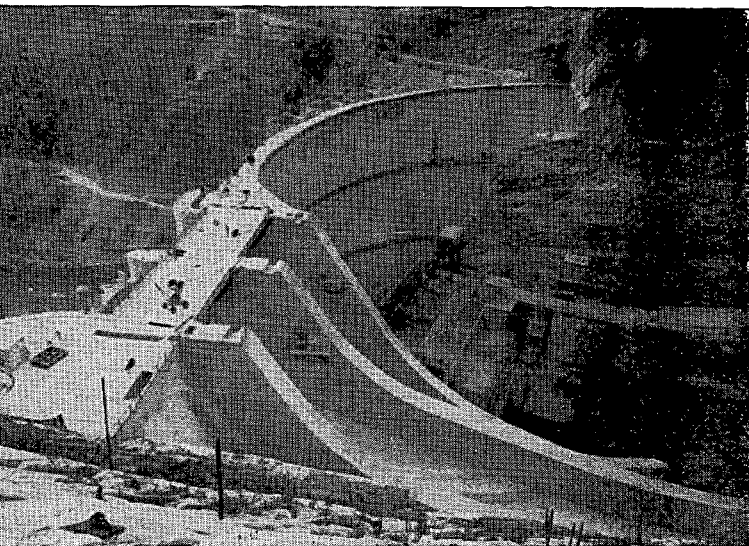


Fig. 3.^a — Presa de La Barca en el río Narcea, de Hidroeléctrica Moncabril, S. A.

(La Barca Dam on the Narcea River. Hidroeléctrica Moncabril, S. A.)

En lo que exponemos a continuación nos vamos a referir exclusivamente a la puesta en obra del hormigón en la bóveda y los estribos de esta presa, cuya planta y alzado están representados en el plano que se incluye. Los diques laterales, que tienen unos 1 800 ml., el derecho, y 1 500 ml., el izquierdo, no figuran en este plano.

CONDICIONES IMPUESTAS POR EL TERRENO Y LA OBRA

Las circunstancias o condiciones a que antes hemos hecho referencia, y que nos han impuesto la solución adoptada para la puesta en obra del hormigón, pueden expresarse de la siguiente forma:

a) La ya citada de que la presa es más alta en sus estribos que el terreno, y que éste tiene luego una pendiente muy suave en ambas laderas, lo cual hace difícil una instalación normal de blondines u otro medio de puesta en obra, en cuanto a altura.

b) La especial disposición topográfica de las laderas en la cerrada y sus proximidades, aumentan extraordinariamente la dificultad anterior.

Como puede apreciarse por las curvas de nivel del plano, el río hace una curva violenta inmediatamente antes de la cerrada, al tiempo que en el mismo lugar desemboca en él el arroyo del Cibanal, formando ambos cauces una

especie de T. Esto da lugar a una situación del terreno en las inmediaciones de la presa, cuyas curvas de nivel son prácticamente normales al eje de la misma, contra lo que normalmente sucede en obras de este tipo, en las que suelen ser, más o menos, paralelas al río y, por lo tanto, al eje de la presa.

Todo ello trae como consecuencia el que todo posible camino de rodadura, para la instalación de torres móviles de blondines, resultaba de una altura anormal en sus extremos, así como cualquier posible torre para el anclaje fijo de un cable vía.

c) Otra de las circunstancias que ha condicionado la solución, ha sido la necesidad de una alta capacidad de colocación de hormigón para, en relación con las dimensiones de los bloques, hacer posible el hormigonado de capas de 66, ó 50 cm. de espesor cada dos horas, para poderlas coser con los vibradores antes de que la inferior comience su endurecimiento. Las tongadas diarias de hormigonado en un bloque es de 2 m. de altura, dividida en tres o cuatro capas, según sus dimensiones.

Los bloques más desfavorables para el cumplimiento de esta condición, son los situados en la parte más baja del zócalo de la bóveda, a pesar de que en ésta zona existe una junta longitudinal que reduce notablemente sus dimensiones. Su volumen llega a ser del orden de los 400 m.³ por capa de 50 cm., lo que equivale a tener que disponer de una capacidad de hormigonado de 200 metros cúbicos/hora, en este punto.

d) También, en relación con la capacidad de hormigonado de la instalación que se estudiaba, hubo de tomarse en consideración el plazo en que había de hormigonarse



Fig. 4.^a — Presa del Guadarranque, para abastecimiento del Campo de Gibraltar. M. O. P. Confederación Hidrográfica del Sur.

(Guadarranque Dam for the water supply of the Campo de Gibraltar. M. O. P. Confederación Hidrográfica del Sur.)

el conjunto de la bóveda, zócalos y estribos, que tienen un volumen de unos 2 000 000 de metros cúbicos.

Mediante el correspondiente plan de hormigonado, con-

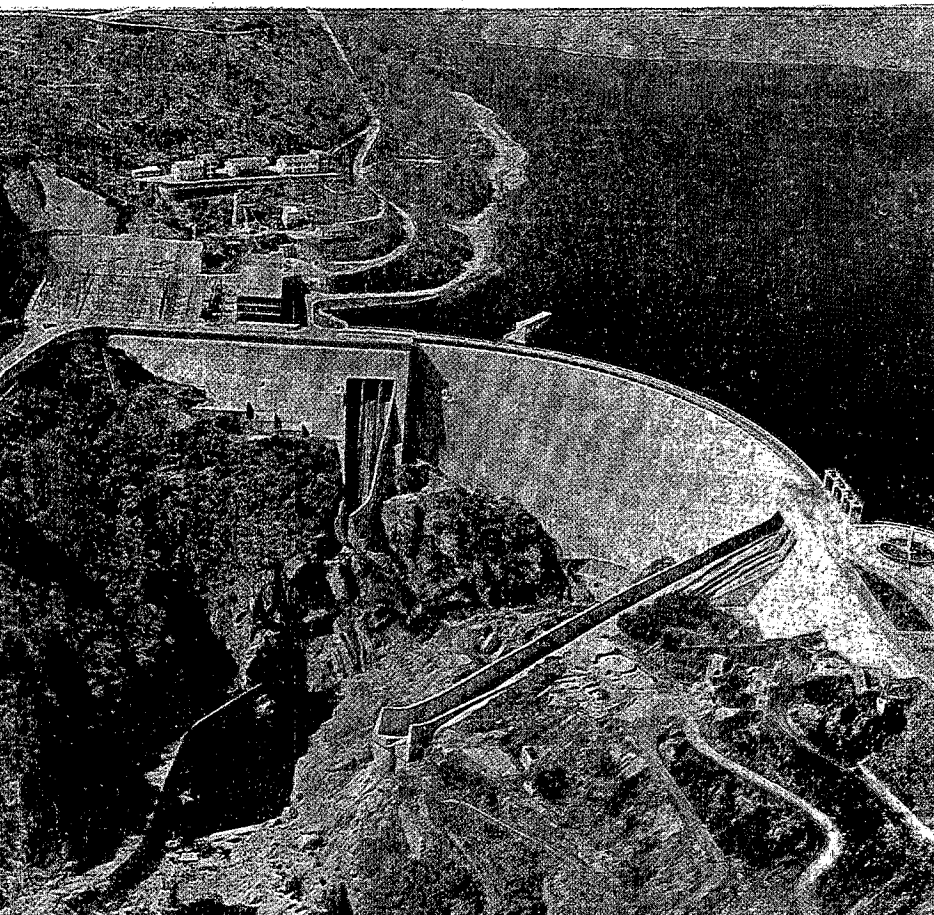


Fig. 5.^a — Presa de Belesar en el río Miño, de F.E.N.O.S.A.

(Belesar Dam on the Miño River. F.F.N.O.S.A.)

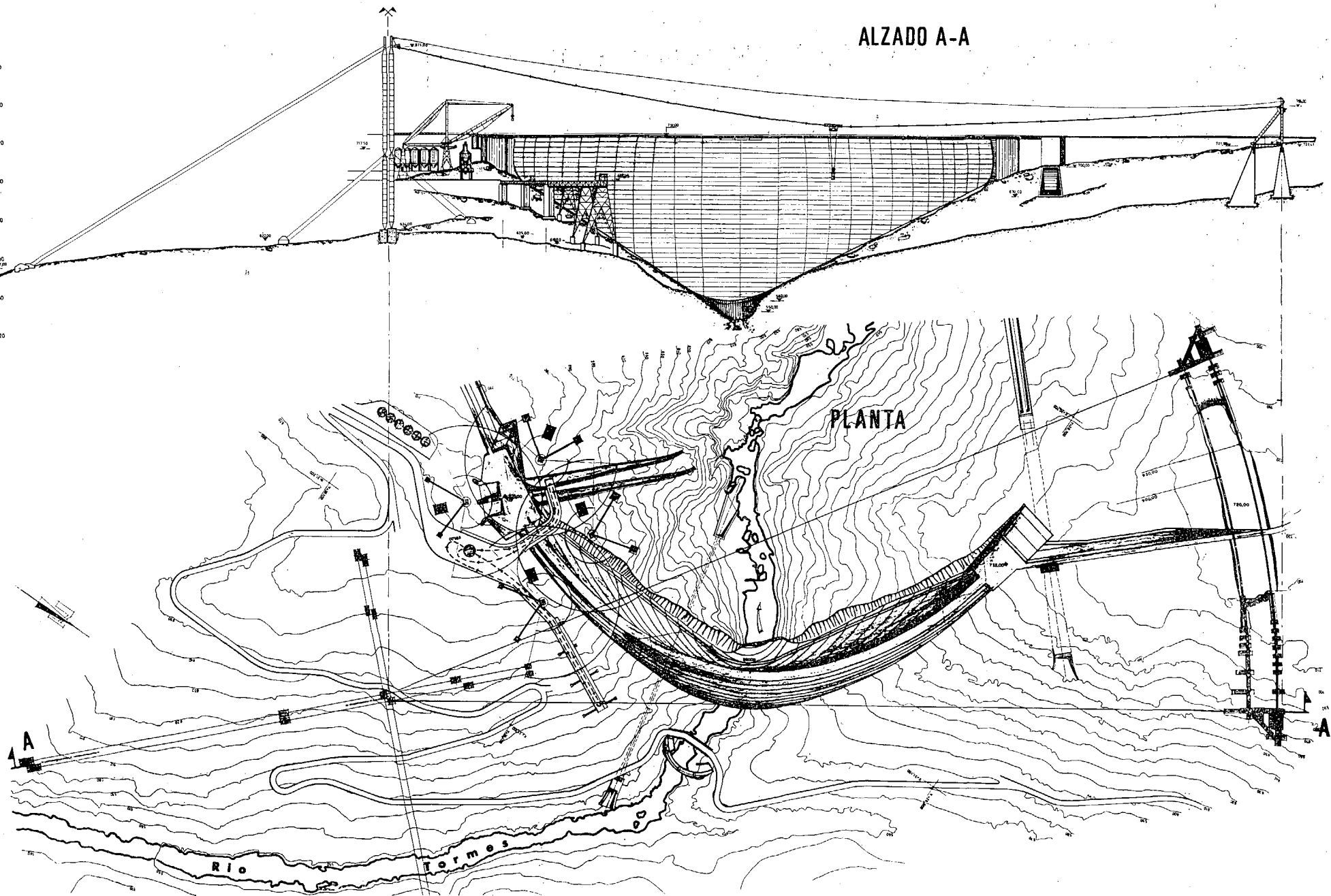


Fig. 6.^a — Presa de Almendra, de IBERDUERO, S. A. Alzado y planta de las instalaciones de puesta en obra del hormigón en la bóveda y estribos.
 (Almendra Dam of Iberduero, S. A. Elevation and Plant of the installations for placing concrete in the vault and abutments.)

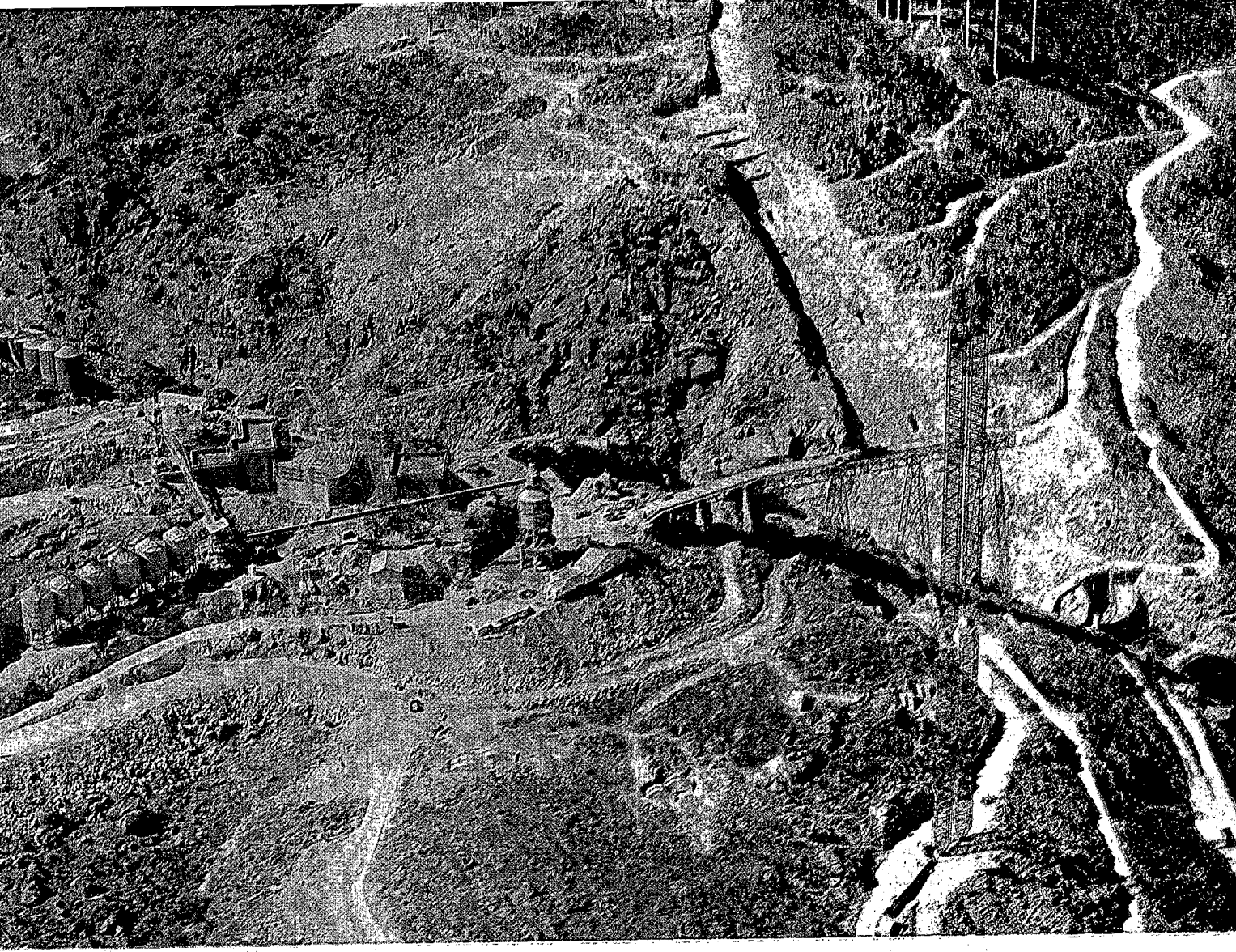


Fig. 7.^a — Vista general de las instalaciones de puesta en obra del hormigón en la presa de Almendra, de IBERDUERO, S. A.
(General layout of the placing concrete installations in Almendra Dam. Iberduero, S. A.)

feccionado según el sistema por nosotros expuesto en el artículo publicado sobre este tema en esta *Revista de Obras Públicas* dedicado al Congreso de Roma, se dedujo que para la ejecución de este conjunto, en los treinta y cinco meses de plazo de que se dispone, se hace preciso contar con una capacidad real de punta de hormigonado de 85 000 m.³/mes.

e) Por último, en el estudio de la posible solución hubo de tenerse presente también que se prevé realizar un embalse parcial hasta la cota 680 (la coronación está a la 732), con una anticipación de diez meses a la terminación del hormigonado, lo que dio lugar a tener que disponer, en la zona del vaso, todas las instalaciones por encima de la citada cota, o bien prever que puedan quedar inundadas durante los últimos meses de hormigonado, en particular, los apoyos de los medios de puesta en obra.

LA SOLUCION ADOPTADA

A la vista de todas estas imposiciones de la obra y el terreno, se hicieron una serie de estudios con diversos tipos de medios de puesta en obra: blondines paralelos; blondines radiales con anclaje común o uno en cada margen; blondines oscilantes y grúas Derrick sobre puente de servicio.

Todas las soluciones que estudiábamos nos parecían en un principio disparatadas, pero como evidentemente había de encontrarse una mejor que las demás, después de haber examinado un espectro tan extenso de posibilidades, nos decidimos por desarrollar con el mayor detalle las dos soluciones que parecían más factibles, la de blondines radiales con anclaje fijo común y la de grúas Derrick sobre puente de servicio metálico. En definitiva, la solución

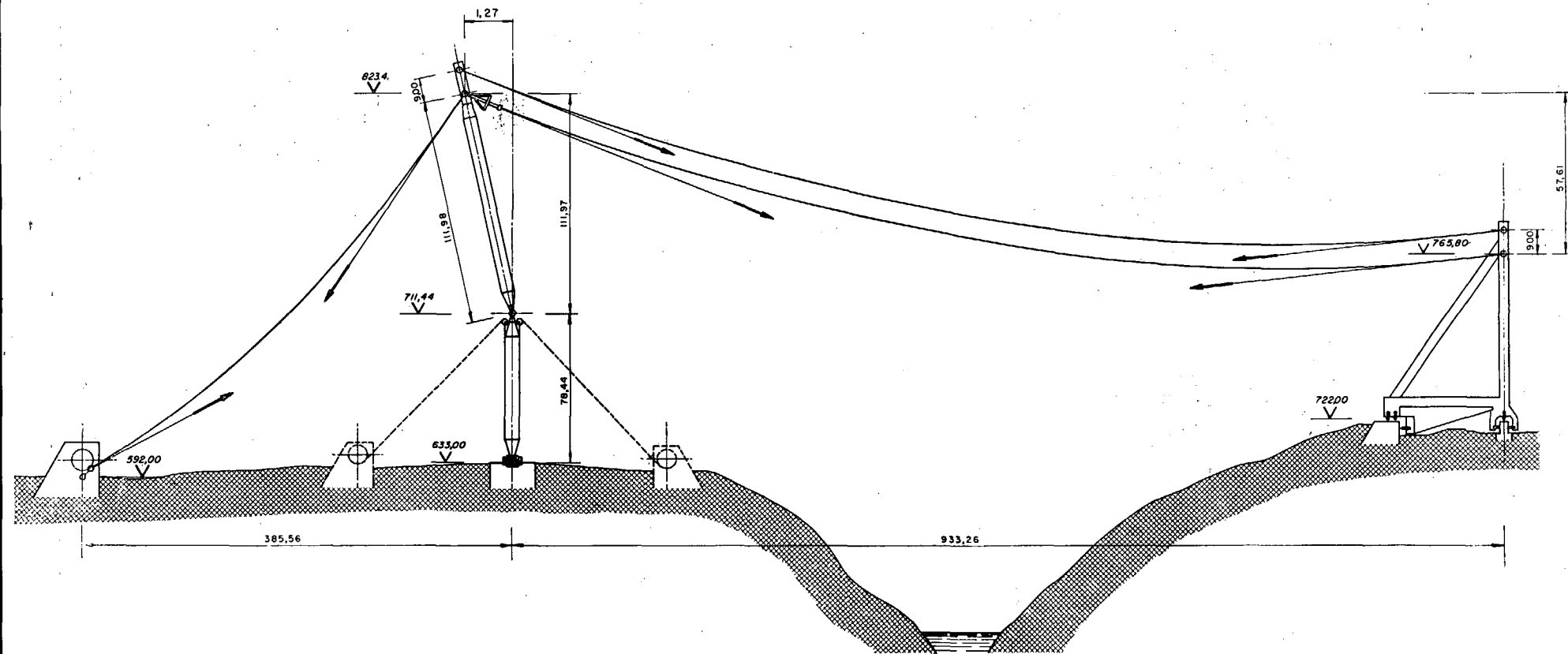


Fig. 8.^a—Esquema del montaje de uno de los blondines de 20 Tn. en la presa de Almendra (situación sin carga).
 (Sketch of the erection of one of the blondins of 20 Tn. in the Almendra Dam (loadless situation).)



Fig. 9.ª — Vibrado mecánico del hormigón en la presa de Almendra.
(Concrete mechanical vibration in Almendra Dam.)

adoptada y en servicio, fue la primera de estas dos últimas.

A continuación, describimos esta solución ya construída, e indicamos las características especiales que hubo de imponerse a las distintas máquinas e instalaciones, para que satisficieran las condiciones antes expuestas.

Esta solución es la que está representada en el plano, y fundamentalmente consiste en la instalación de dos blondines radiales, con camino de rodadura de torres móviles común y anclaje fijo teóricamente también común, aunque materializado en dos torres con separación de 6,8 m. entre ejes, a fin de independizar ambos blondines y que los movimientos elásticos producidos por la acción de la carga en uno de ellos no influyera de forma incontrolada en el otro, con el consiguiente peligro y falta de precisión en la carga y la descarga del hormigón.

La parte de la obra que queda fuera de la acción de los blondines, se sirve mediante la instalación, en dos posiciones sucesivas, de dos grúas Derrick. En la primera de estas posiciones hormigonan el estribo izquierdo, y en la segunda, la parte de bóveda no batida por los blondines.

Los blondines hormigonarán alrededor de 1 650 000 metros cúbicos y las grúas unos 350 000 m.³, que hacen el total de los 2 000 000 de m.³ que antes hemos citado.

Estos cuatro elementos, los dos blondines y las dos grúas, están servidos simultáneamente por una sola torre de hormigonado automática de 240 m.³/hora de capacidad de hormigón colocado y vibrado.

Aunque esta solución puede considerarse completamente clásica, por los motivos antes indicados resulta de unas dimensiones que nunca se han dado anteriormente.

LOS BLONDINES

Las características principales de los blondines son:

930 m. de luz; 20 Tn. de carga en el gancho; 190 m. de altura de cada torre fija metálica, desde su base al amarre del cable vía y 200 metros hasta su extremo superior; 44 m. de altura cada una de las torres móviles desde el carril posterior, hasta el amarre del cable vía, y 55 metros hasta su extremo superior. La casa de máquinas va montada sobre la torre móvil. Las casetas de mando van en el extremo del muelle de carga de los silobuses, en la ladera opuesta a la de las torres móviles, y a más de 70 m. sobre el terreno, desde donde se goza de una vista verdaderamente espectacular.

Una de las características originales de estos blondines es la forma asimétrica que hubimos de adoptar para sus torres móviles, a fin de poder cumplir con la condición expuesta en c), teniendo en cuenta su necesaria altura. Como se hacía necesario poder hormigonar con los dos blondines en un mismo bloque, se estimó como imprescindible el que los amarres de los dos cables-vía en las torres móviles pudieran llegar a acercarse hasta tener una separación de sólo 10 m., con lo que se conseguía un acercamiento aceptable en la zona de hormigonado de la presa. Todo esto ha dado como resultado que las torres móviles, al tener que ser asimétricas con relación al tiro del cable-vía, sólo tienen una pata en el carril delantero, en vez de las dos que se usan tradicionalmente, lo que a su vez da unos esfuerzos muy importantes sobre la misma, que transmiten los correspondientes trenes de ruedas vertical y horizontal, sobre el camino de rodadura. Al tiempo, las dos patas posteriores tienen que hacer funciones de guiado de las torres sobre la viga posterior del citado

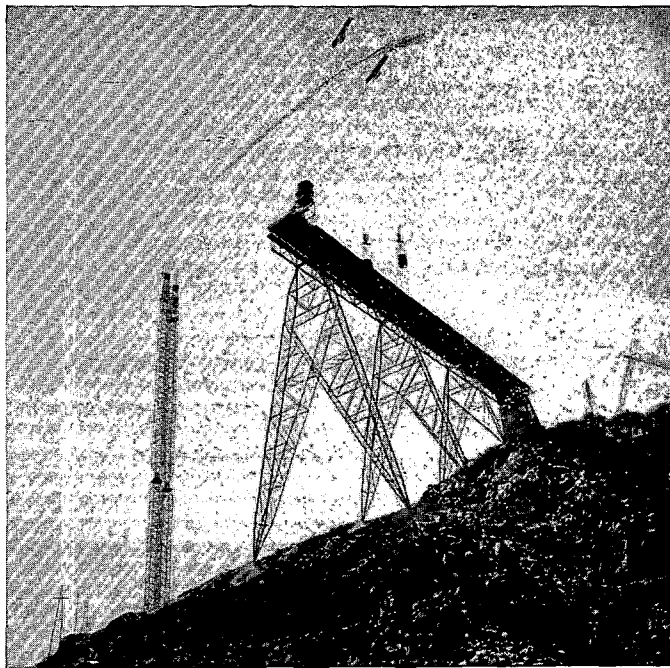


Fig. 10. — Muelle de carga de los blondines y torre fija de los mismos en la presa de Almendra.
(Blondins loading wharf and fixed tower in Almendra Dam.)



Fig. 11.— Blondines de la presa de Almendra. Torres móviles asimétricas.

(Almendra Dam blondins. Mobile asymmetric towers.)

camino de rodadura, dando también, por consiguiente, esfuerzos horizontales, por lo que en esta viga existen también carriles con el eje horizontal para la absorción de estos esfuerzos. Por otra parte, el conjunto del triángulo de base de las torres ha de tener una gran rigidez, capaz de absorber y transmitir el conjunto de los esfuerzos, que así se producen.

Cada una de las torres fijas tiene una rótula en su base y otra a 78,50 m. de la misma, que con el correspondiente venteado con cables cerrados de hasta 54 milímetros de diámetro, hacen de las mismas dos torres superpuestas, y que una vez montadas han hecho posible inclinar la parte superior, separando 2 m. del eje vertical su cabeza, en sentido contrario al de la situación de su torre móvil, para la iniciación del montaje del cable-vía, y que una vez montado y tensado éste, tomará su posición definitiva, en la que la cabeza oscila desde 1,27 m. en vacío a la posición vertical en carga. Esta forma de fun-

ciónar el blondín puede apreciarse en el esquema que se incluye.

El camino de rodadura que soporta a las torres móviles de los blondines, tiene una parte excavada sobre el terreno, dada la cota elegida, y otras dos, en ambos extremos, constituidas por estructuras de hormigón armado con pilares trapezoidales y vigas en forma de *e*, y 6 m. de canto la delantera y en cruz y 5 m. de canto la trasera. El pilar más alto de esta estructura tiene 60 m., por lo que cuando se encuentra una torre móvil sobre él, el correspondiente cable vía queda amarrado a 109 m. del terreno en este lado y a 190 m. en la torre fija.

El hormigón se transporta en silobuses de 6,5 metros cúbicos de capacidad en hormigón vibrado, desde la torre de hormigonado antes mencionada, hasta el muelle de carga de los cubos del blondín, constituido por una estructura metálica, también de carácter gigantesco por la citada situación de las curvas de nivel, que hacen que tenga en su extremo pilares de 66 m. de altura. Sobre esta es-

estructura pueden circular, girar y cruzarse, en cualquier punto, los silobuses necesarios para alimentar ambos blondines.

LAS GRUAS

Las dos grúas que sirven a la parte no alcanzada por los blondines son del tipo Derrick de Tetraedro, con un alcance de 80 m. y 12 Tn. de capacidad en el gancho. Aunque desde el punto exclusivo del plazo, hubiera bastado con la utilización de una sola grúa, la repetida condición c) del tiempo del recubrimiento de una capa de hormigón de 50 cm. con respecto a la inferior, ha hecho necesario el montaje de dos grúas en cada una de las posiciones previstas para que pueda satisfacerse hormigonando con ambas en un mismo bloque.

A fin de que estas grúas puedan servir para el hormigonado de las zonas que les corresponden hasta la coronación, ha sido preciso montar cada una de ellas sobre tres torres metálicas, una bajo cada uno de los vértices del triángulo de su base. Estas torres de sustentación están proyectadas de forma que puedan ser utilizadas en las dos posiciones de las grúas, sin más que aumentar o disminuir tramos acoplables. La mayor de ellas tiene 40 m. de altura.

El transporte del hormigón desde la torre de hormigonado hasta los cubos de las grúas, se hace con silobuses iguales a los utilizados para la carga de los blondines a lo largo de un muelle con varios brazos, representado en la planta y a la misma cota que el muelle de carga de aquéllos, por lo que, en definitiva, los mismos silobuses sirven indistintamente para ambos cometidos, si bien para el transporte a las grúas se utilizan con una carga menor, y su caja reducida con chapas desmontables en caso necesario.

Como puede observarse, este muelle de carga ha tenido que proyectarse atravesando la presa a la cota 865. Sin embargo, según el plan de hormigonado estudiado, este paso a través de la presa, que hoy ya está en servi-

cio, puede suprimirse en el momento preciso, debido a que al disminuir entonces la dimensión de los bloques a hormigonar, una sola de las grúas puede cumplir la condición del tiempo de recubrimiento entre una capa de 50 cm. de hormigón y la inferior. **22**

EL EMBALSE PARCIAL ANTICIPADO

La cota de la explanada sobre la que va montada la torre de hormigonado, que como es natural es la misma que la de los distintos muelles de carga por los que circulan los silobuses, es la citada 685, es decir, 5 m. más alta que la que puede alcanzar el previsto embalse parcial. Por otra parte, tanto las casetas de máquinas de la grúa de aguas arriba, como sus elementos de giro, así como los silos de cemento y el resto de la instalación, quedan por encima de esta cota para que el conjunto pueda seguir trabajando llegado el caso. Por ello, también ha sido prevista la posibilidad de que queden inundados hasta la cota 680 la parte baja de las torres fijas de los blondines, de los vientos y sus macizos de anclaje, así como la de las estructuras del muelle de carga y del camino de rodadura de las torres móviles.

Notas.

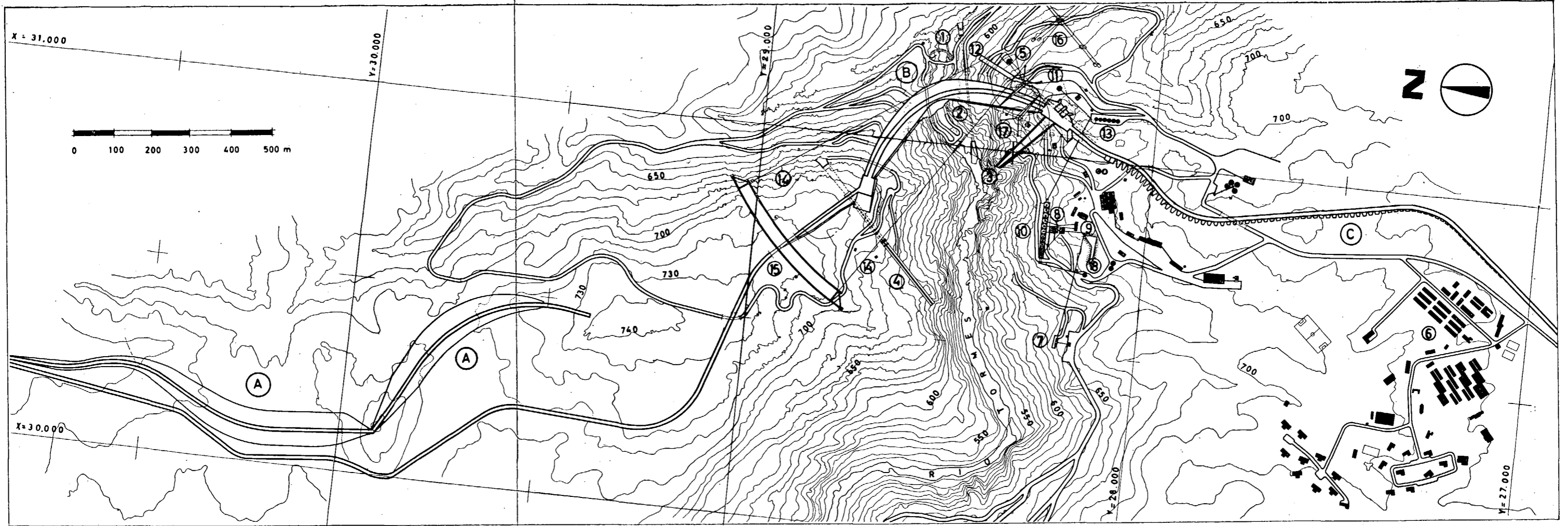
(1) En Asociación.

DEZEA son las iniciales de "Dragados y Construcciones, Sociedad Anónima; Entrecanales y Tavora, S. A., y Sociedad Anónima Conrad Zschokke, Empresarios Agrupados".

Los blondines han sido suministrados por Ceretti e Tanfani; las grúas Derrick por Loro Parisini y la torre de hormigonado por c. i. f. a.

Las estructuras metálicas de las torres fijas y móviles de los blondines han sido fabricadas por EMESA.

La estructura metálica del muelle de carga de los blondines ha sido fabricada por Talleres San Miguel.

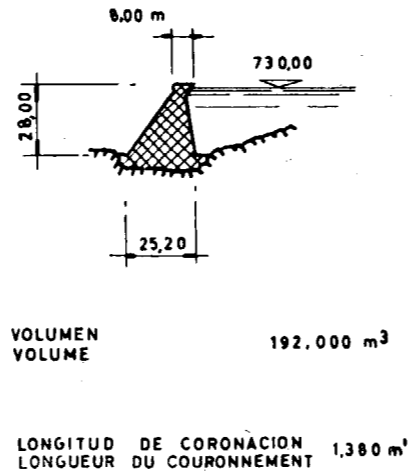
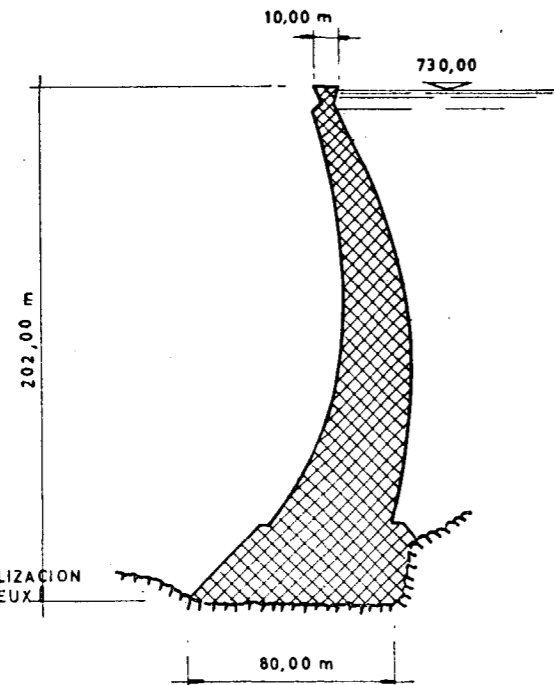
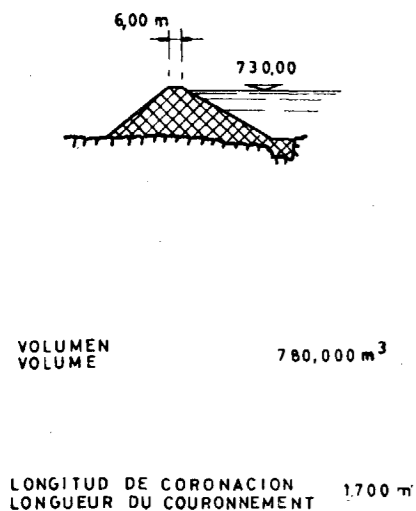


A Dique de escollera
Digue en enrochement
MARGEN DERECHA
RIVE DROITE

B Presa bóveda
Barrage voûte
VOLUMEN
VOLUME 2.060.000 m³
LONGITUD DE CORONACION
LONGUEUR DU COURONNEMENT 576 m'

C Aleta
Mur en aite
MARGEN IZQUIERDA
RIVE GAUCHE

LEYENDA
LEGENDE



- ① ATAGUIA AGUAS ARRIBA
BATARDEAU AMONT
- ② GALERIA DE DESVIACION
GALERIE DE DEVIATION
- ③ ALIVIADERO
DEVERSOIR
- ④ DESAGÜE DE MEDIO FONDO
VIDANGE INTERMEDIAIRE
- ⑤ TOMA DE AGUA
PRISE D'EAU
- ⑥ POBLADO
VILLAGE
- ⑦ MACHAQUEO PRIMARIO Y SECUNDARIO
CONCASSAGE PRIMAIRE ET SECOND.
- ⑧ CLASIFICACION - LAVADO
TRIAGE - LAVAGE
- ⑨ MACHAQUEO TERCARIO
CONCASSAGE TERTIAIRE

- ⑩ SILOS DE ARIDOS
SILOS DES AGREGATS
- ⑪ TORRE DE HORMIGONADO PRINCIPAL
TOUR A BETON PRINCIPALE
- ⑫ MUELLE DE CARGA
QUAI DE CHARGEMENT
- ⑬ SILOS DE CEMENTO
SILOS A CIMENT
- ⑭ 2 BLONDINES RADIALES DE 20 tn.
2 BLONDINS RADIAUX DE 20 to.
- ⑮ CAMINO DE RODADURA
CHEMIN DE ROULEMENT
- ⑯ PUNTOS FIJOS H=200 m.
POINTS FIXES
- ⑰ DERRICKS DE 12 Tn A 80 m.
DERRICKS DE 12 To A 80 m.
- ⑱ TORRE DE HORMIGONADO AUXILIAR
TOUR A BETON AUXILIARE

Fig. 6.ª — Planta de presa e instalaciones.
(Layout of the dam and plans).

PANTALLA BITUMINOSA DE IMPERMEABILIZACION
MASQUE ETANCHE EN BETON BITUMINEUX

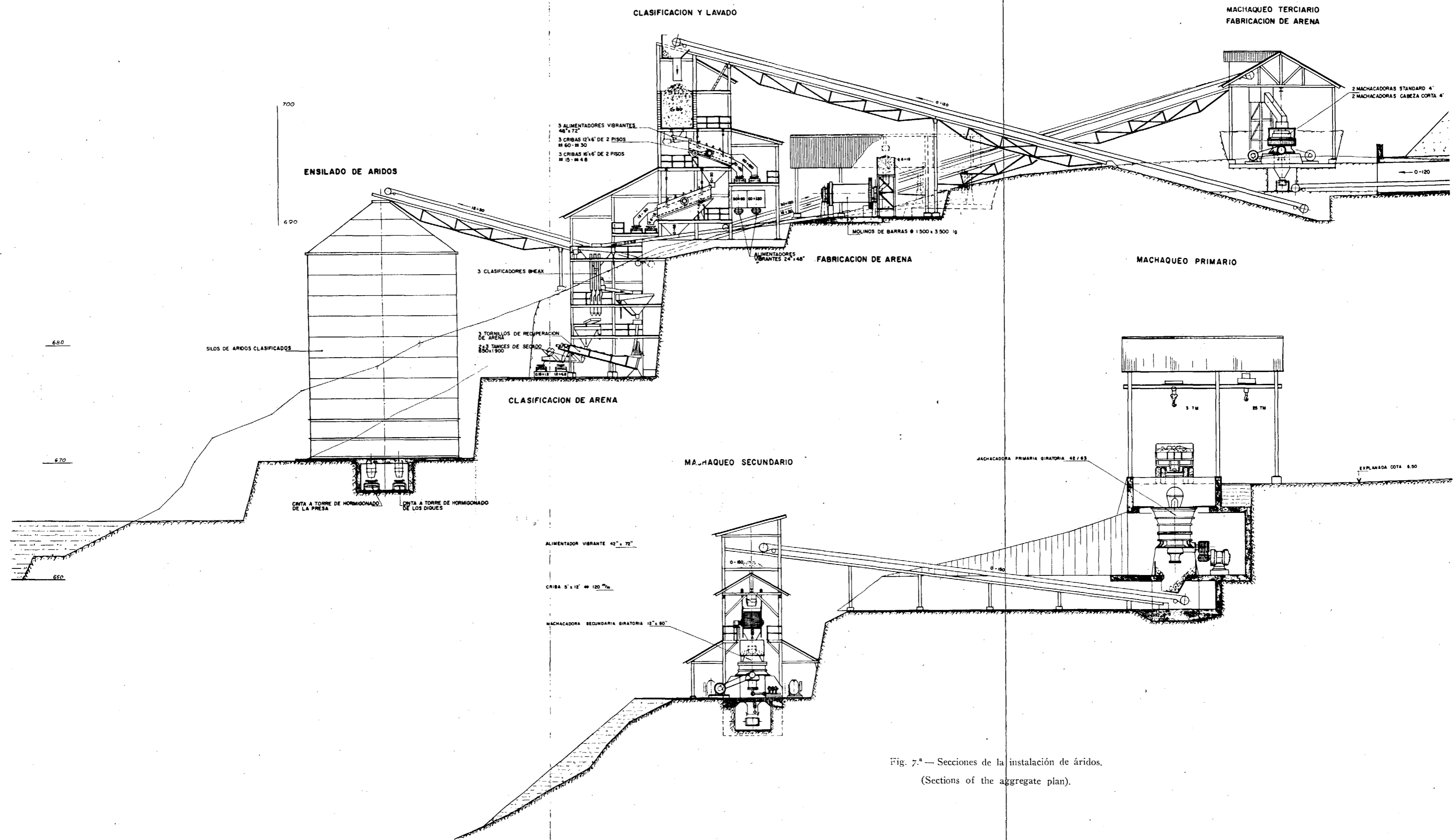


Fig. 7.^a — Secciones de la instalación de áridos.
(Sections of the aggregate plan).

INSTALACION DE ARIDOS ESQUEMA

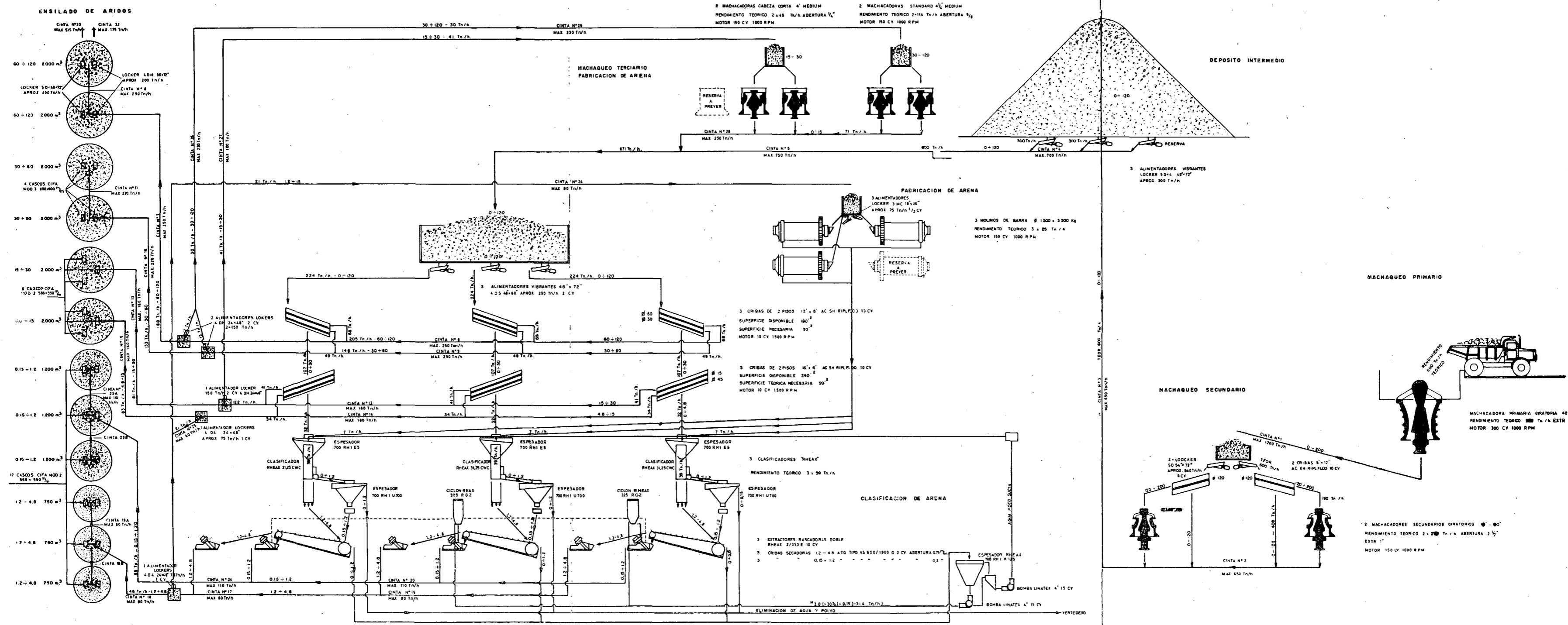


Fig. 8.^a—Esquema de la instalación de áridos.
(Scheme of the aggregate installation.)