

Saltos del Duero¹

Aprovechamiento de aguas del río Esla

III

Disposición y descripción general de los medios auxiliares

Proceso general del trabajo.—Expuestos estos datos básicos de la instalación, podemos pasar a describir la disposición general de los medios auxiliares, cuyas características unitarias y demás detalles de capacidad, coste, etc., serán objeto, como he dicho, de otro artículo redactado después de puesta en marcha y ensayada durante el verano la instalación total.

Me referiré en la descripción a los adjuntos planos, general de situación (pág. 359) y esquema longitudinal de las instalaciones (hoja aparte). Basta el examen de tales dibujos para comprender su finalidad, sin más explicaciones.

El proceso de la fabricación del hormigón y su colocación en obra se reduce a tomar los materiales, piedra, grava, gravilla, arena, cemento y agua, en los puntos de su procedencia; transportarlos hasta los silos correspondientes a cada material, desde los que, automáticamente dosificados, pasan a las hormigoneras situadas junto a aquéllos y sobre el estribo izquierdo de la presa; desde las hormigoneras, el hormigón ya elaborado se vierte directamente a los dos cazos que penden de los cables-grúas que están montados a lo largo de la proyección horizontal de la presa y colocan en ésta aquel material. Estos cables están ubicados en forma que abarcan prácticamente el espacio que en planta ocupa aquella proyección, o sea un rectángulo limitado hacia aguas arriba por la proyección de la tangente extrema en la que pudiéramos llamar clave del arco que forma la coronación de la presa o su trasdós, y hacia aguas abajo por la paralela a aquella tangente, trazada desde el punto extremo del repié del talud de la presa. He dicho que abarcan *prácticamente* la planta de la presa, porque en la realidad queda fuera del alcance de los cables-grúas una pequeña parte de aquel repié. Esa parte supone un volumen insignificante en relación con el total y fácil de colocar con los derricks que tenemos instalados para el desescombro de la excavación de cimientos, alimentados por los mismos cables-grúas. En tales circunstancias no hubiera estado económicamente justificado el que, sólo por ese pequeño volumen suplementario, hubiéramos ampliado la zona de acción horizontal de los cables-grúas en 16 metros más allá del ancho de los 60 metros que cubre la instalación proyectada, y que es así suficiente para abarcar el 94 por 100 del volumen total del macizo.

¹ Véase el número anterior, página 340. En este artículo anterior, página 342, segunda columna, se han notado las erratas siguientes:

Línea 15, dice: 120 mm y 50 mm; debe decir: 120 mm y 60 mm			
16, , 50 , 10 ,	60 , 10 ,	10, , 10 , 3 ,	3,5 , 0 ,
22, , 3 , 0 ,	3,5 , 0 ,	51, , Cemento, 3 200 kg	Cemento, 320 000 kg
52, , Agua.... 2 400 ,	Agua.... 240 000 ,	50, , capacidad de silos	capacidad de molinos

Veamos ahora de dónde proceden los materiales y cómo se preparan y transportan desde su origen hasta los respectivos silos.

Procedencia, preparación y transporte de materiales

PIEDRA.—(Véase plano general y perfil adjuntos.)
Procede en su casi totalidad (80 por 100, aproximadamente) de la cantera (1-2-3), situada a 500 metros de la presa y próxima al extremo de aguas abajo del aliviadero.

La excavación de este último dará el 20 por 100 restante.

El proceso de arranque, trituración y transporte de la piedra puede seguirse fácilmente en los planos y esquema longitudinal adjuntos.

La cantera tiene un frente de ataque de 120 metros de longitud y 32 metros de altura. Al pie de este frente está la explanada, en la que se sitúan las



Vista de la cantera y de las palas

palas (2) y las vías de maniobra del ferrocarril (3-4) que une la cantera con la estación de machaqueo primario, situada en (5-6-7).

La explotación de la cantera se hará con voladuras en grandes masas por sondas combinadas con taqueo o por aire comprimido.

Para ello se dispone de cinco sondas locomóviles (1) que se situarán en pistas que recorren longitudinalmente la coronación de la cantera. Estas sondas son capaces de practicar agujeros cilíndricos verticales; hasta de 120 metros de profundidad y 150 milímetros de diámetro. Está movida cada una por motor trifásico de 12 CV de potencia a 500 voltios.

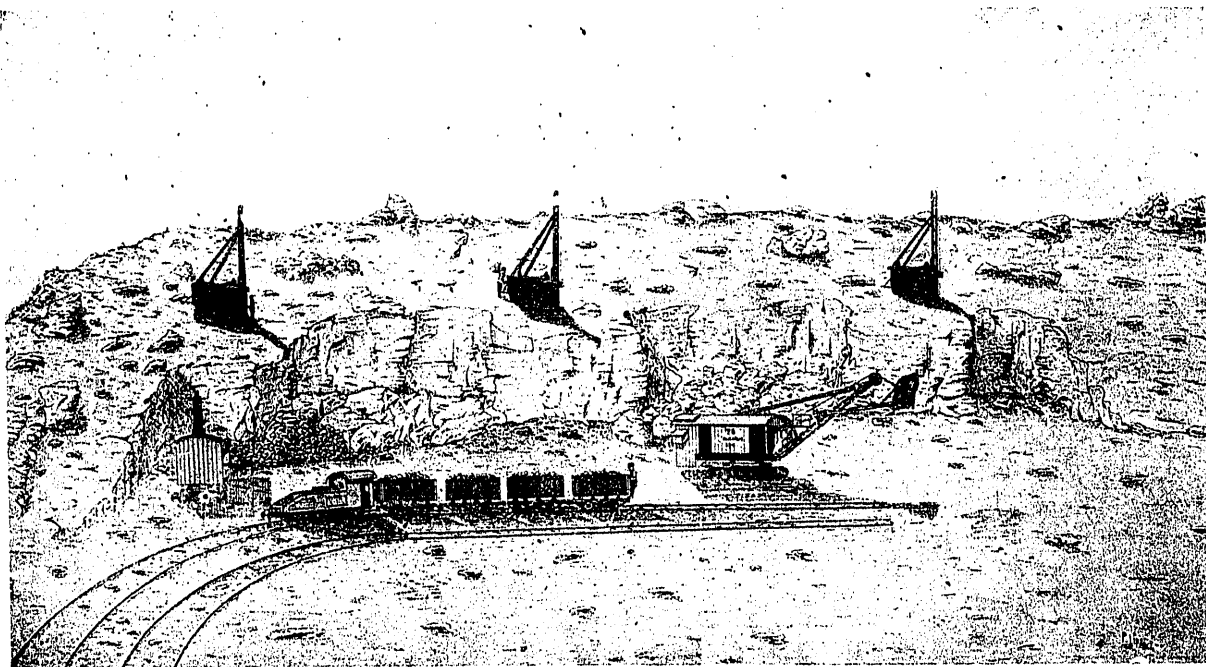
Fijadas por tanteos experimentales las distancias que deben guardarse entre el frente de cantera y las sondas y entre estas mismas, así como las cargas de explosivo convenientes para conseguir que las voladuras cotidianas den el volumen necesario de bloques lo suficientemente cuarteados para que su dimensión máxima no exceda de los 0,80 metros, se tiene ya el primer depósito de piedra al pie de can-

teras. Los bloques que excedan de aquella dimensión se taquean *in situ*.

Es sabido lo que estas operaciones de taqueo, posteriores a las voladuras, encarecen, perturban y retrasan las labores de explotación regular rápida y continua de una cantera. A evitar en lo posible esa per-

el muelle, junto y bajo el cual están las tolvas de entrada de la piedra en la estación de machaqueo primario.

Las locomotoras son cinco, estando previstas dos más como reserva en caso de que las circunstancias aconsejaren su empleo.



Sondas, palas y tren en la cantera

turbación obedece el que hayamos admitido un límite tan elevado para las dimensiones de los bloques a machacar, a pesar de que ello nos haya obligado, como luego veremos, a subdividir en dos etapas la trituración de los bloques procedentes de cantera: la que llamamos *trituration primaria*, que recibiendo bloques hasta de 0,80 metros, los entrega con dimensión máxima de 0,30 metros, y la que designamos con el nombre de *trituration secundaria*, que se encarga de ultimar el machaqueo desde la dimensión de 0,30 metros hasta la mínima necesaria.

Volviendo a la cantera donde, como decíamos, tenemos ya cuarteada la piedra en las condiciones indicadas, ésta es recogida por dos palas (2) eléctricas automotoras sobre orugas, cada una de las cuales tiene un cazo de 1,875 metros cúbicos de cabida. Están movidas por una serie de motores de corriente continua producida por motor generador de 125 CV. de potencia, corriente trifásica, 500 voltios de tensión, según el sistema Ward-Leonard.

Estas palas recogen la piedra del pie de cantera y la depositan directamente en los vagones que constituyen el tren (3-4) de transporte a la estación de trituración primaria. Las características de estos trenes son las siguientes:

Vía de 1 metro; vagones metálicos, fabricados en Beasáin por la Compañía Auxiliar de Ferrocarriles, con arreglo a características suministradas por nosotros. Los vagones son de 4,85 metros de longitud, 12 toneladas de carga. Cada tren de seis unidades es arrastrado por una locomotora Diesel, de 15 toneladas, cuya potencia es de 60-65 CV., suficiente para arrastrar en dos minutos el tren en el recorrido de 350 metros en horizontal, que media desde la cantera hasta

Los vagones son de volquete lateral, a fin de hacer más fáciles y más rápidas todas las maniobras de formación y movimiento de trenes, así como las de descarga a las machacadoras.

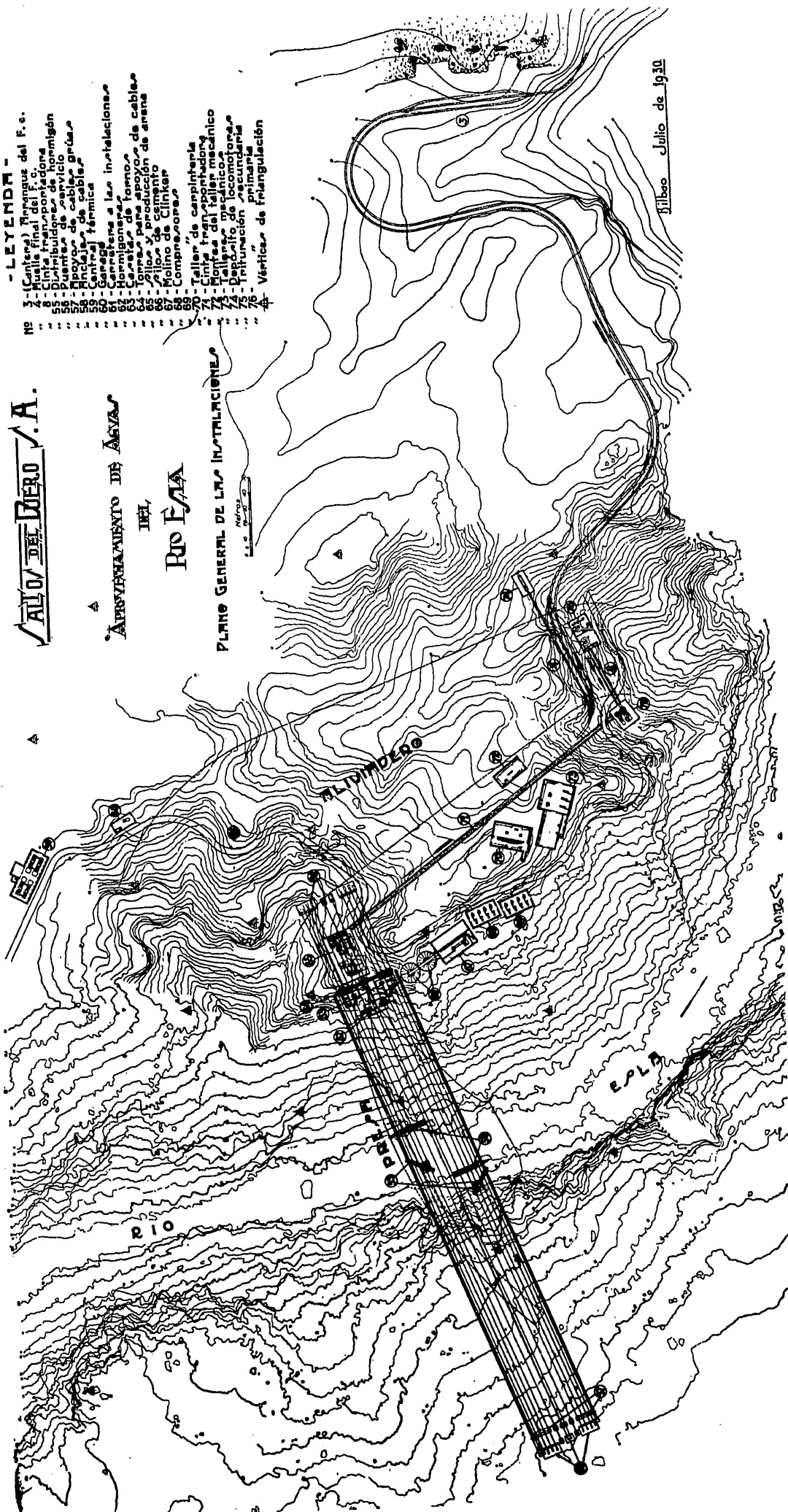
Con los elementos que quedan descritos puede, pues, extraerse de cantera, transportarse a la estación de trituración primaria y verter a las tolvas de entrada en ésta un volumen de unas 350 toneladas de piedra por hora, más que suficiente para producir (con la instalación suplementaria de molinos de arena, de que luego hablaremos) el total necesario de componentes pétreos que, como hemos visto, es de 214 metros cúbicos, también por hora.

Pasemos ahora a explicar la fase siguiente del trabajo, o sea la trituración primaria.

TRITURACIÓN PRIMARIA.—Las características a fijar para el material de esta instalación habían de ser las de tipo y capacidad de trabajo de las machacadoras. Las circunstancias especiales de nuestro caso simplificaban el problema de aquella fijación.

Anteriormente hemos visto que necesitamos triturar por hora un volumen de 214,40 metros cúbicos (unas 325 toneladas, considerando que los huecos rebajan la densidad aparente a 1 500); pero como la capacidad de las machacadoras está en relación con las dimensiones de su boca de admisión, y para restringir el taqueo al pie de obra es necesario, como hemos dicho, triturar bloques hasta de 0,80 metros de lado máximo, resulta que es la boca de la machacadora, más bien que el trabajo a realizar por la misma, la que impone, en nuestro caso, la elección en cuanto a capacidad.

Ahora bien, la circunstancia de que nuestra cantera de granito produzca, en general, bloques de formas



redondeadas o cúbicas, obliga a que al comparar las machacadoras de mandíbulas, cuya boca de admisión es rectangular, con las giratorias, en las que aquélla es anular, deba tenerse en cuenta el lado menor del rectángulo de las primeras a los efectos de paso de bloques vertidos directamente desde las tolvas.

Hecha la comparación con esa previsión resultó que, para capacidades como éstas, las machacadoras de mandíbula, a igualdad de peso, podían admitir bloques mayores que las giratorias; mas esta ventaja no se traducía en un menor costo total por el mayor precio unitario de las primeras.

Además, las giratorias de estas dimensiones dan mayor rendimiento a igualdad de peso y de precio; dan productos más uniformes y mejor dosificados en dimensiones; consumen menos energía y engrases por tonelada triturada; ofrecen más seguridad de funcionamiento regular y exigen menor previsión de piezas de repuesto. Es decir, que la elección no era dudosa, y optamos por las machacadoras giratorias.

Entre éstas, el tipo capaz de admitir bloques de 0,80 metros de dimensión puede triturar unas 350 toneladas que, como hemos visto, son, con algún exceso, las que exige nuestro programa de trabajo; y ese tipo es el que hemos adoptado.

Ahora bien, la labor de machaqueo es una de las esenciales desde el punto de vista de la continuidad del trabajo. Toda parada de las machacadoras supone la de los transportes por ferrocarril, y muy poco después la de la cantera.

La previsión más lógica para evitar interrupciones en el machaqueo es la de subdividir la maquinaria encargada de realizarlo, y en el caso general la solución hubiera consistido en instalar dos grupos, de los que cada uno hubiese tenido la capacidad mitad de la total necesaria; pero en nuestro caso tenemos el pie forzado a que hemos aludido, que nos obliga a una capacidad mínima exigida por el tamaño de los bloques, por lo que instalar unidades menores equivalía a disponer medios inservibles o muy deficientes.

Había, pues, que optar por no establecer unidad de reserva o por establecerla igual a la del trabajo, proyectando la instalación total de doble capacidad que la estrictamente necesaria; y optamos por esta última solución, a pesar de su costo, porque la experiencia nos ha enseñado que, a veces, se malogran los resultados de una gran instalación de éstas por no decidirse a completarla ante el temor de un aumento de gastos, que si en absoluto representan cifras de consideración, no lo son comparadas con el presupuesto total y con el perjuicio que ocasiona una interrupción del trabajo.

No hay que olvidar que en empresas de esta naturaleza debe buscarse la economía en el costo de unidades de obra, y que si bien sobre él pesa el importe de las reservas de medios auxiliares tanto más cuanto más importantes sean aquéllas, en cambio debe considerarse que constituye una disminución de tal

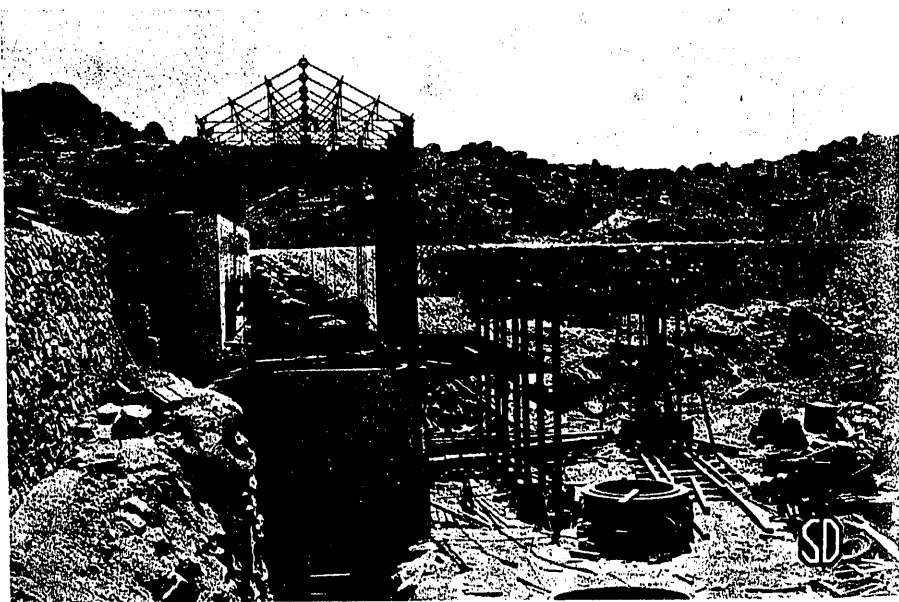
importe cada día que se adelante la terminación de la obra y su consiguiente puesta en explotación. Es, por lo tanto, esencial asegurar, dentro de límites razonables, el fin primordial de construir la presa en el mínimo plazo posible.

Estas consideraciones justifican, a nuestro juicio, la gran capacidad de la instalación de machaqueo primario (dos unidades que, juntas, pueden triturar, aproximadamente, 700 toneladas ó 470 metros cúbicos de producto), que a primera vista parece desproporcionada a la labor que le está encomendada, y que realmente lo sería si no constituyera un defecto mucho mayor que ese exceso de capacidad el disminuir ésta a costa de no prevenir los peligros de retraso que hemos indicado.

En vista de cuanto precede, se proyectó la instalación de trituración primaria, cuyo montaje está actualmente muy avanzado, con las características siguientes:

Está ubicada entre la cota 672,60 del muelle de descarga (4) y la cota 654,87 de la salida del producto triturado o arranque de la cinta transportadora (8). Ocupa, pues, una altura de 17,73 metros.

Las cimentaciones son de hormigón armado, y las cubiertas de estructura metálica.



Taller de trituración primaria, en construcción

La instalación consta de dos machacadoras, con las características unitarias siguientes:

Diámetro de la tolva de entrada	5 000 mm
Idem del arco quebrantador	2 400 mm
Tamaño máximo de admisión	820 x 820 mm
Límite de cierre	60 a 150 mm
Capacidad por hora	350 ton
Peso	102 000 kg

Las potencias que consumen en régimen normal cada machacadora y cada cadena alimentadora son, respectivamente, 200 CV y 13 CV. La instalación dispone, a tal fin, de dos motores (7) de 300 CV a 3 000 voltios, 50 períodos y 750 r. p. m.

Como dato interesante para juzgar de la importancia de cimentaciones y transportes, agregaremos que el conjunto de machacadoras, cadenas alimentadoras, puente-grúa, motores, transmisiones y tol-

Por último, la proporción de tamaños del producto triturado es función, en parte, del cierre de salida con que se haga trabajar a las machacadoras; aceptando para las nuestras el máximo de dicho cierre, que es el de 150 mm, aquella proporción será, probablemente, según datos experimentales, la siguiente:

CINTA TRANSPORTADORA (*desde salida de trituración primaria a entrada en la secundaria*).—Los productos resultantes de la trituración primaria son transportados hasta las cribas de entrada a las machacadoras secundarias, mediante una cinta (8) sin fin, con contrapeso, montada sobre rodillos espaciados de metro en metro.

Como vimos antes, el 33 por 100 aproximado de aquellos productos tenían dimensiones comprendidas entre 300 y 120 mm, o sea superiores a la máxima adoptada para la grava; por lo que deben ser objeto

Está comprendida entre las cribas planas de recepción (9) que tienen la cota 672,80 y la salida de machacadoras (10) que está a la cota 664,37. Ocupa, pues, esta instalación parcial, una altura de 2,50 me-



Taller de trituración secundaria, en construcción

Las cribas son dos, así como las machacadoras, y sus características unitarias las siguientes:

CRIBAS.—*Tipo plana oscilante:*

Dimensiones del marco	2 000 × 6 000 mm
Agujeros cuadrados	120 mm de lado
Peso	6 400 kg

MACHACADORAS.—*Tipo giratorio:*

Diámetro de la tolva de entrada	3 000 mm
Idem del aro quebrantador ..	1 500 mm
Tamaño máximo de admisión ..	490 × 490 mm
Límite de cierre	40 a 100 mm
Capacidad por hora	100 ton.
Peso	36 000 kg

El consumo normal de energía es de 14 CV por criba y de 94 CV por machacadora, yendo la instalación provista de dos motores de 135 CV cada uno, corriente trifásica, 50 períodos, 220 voltios y 750 revoluciones por minuto.

El conjunto de cribas, trituradoras, tolvas, transmisiones y motores pesa 96 800 kg, y la pieza aislada mayor 8 800 kg.

Para examinar, por último, las condiciones del material preparado al terminarse la trituración secundaria, expondremos los siguientes datos:

La proporción en que saldrán los productos triturados en esta estación trabajando con cierre de 60 mm, y hablando siempre por aproximación, en vista de datos prácticos, será la siguiente:

Entre 120 y 60 mm de dimensión máxima	15 %
» 60 y 10 mm » » »	72 %
» 10 y 0 mm » » »	13 %

que referidos al volumen total a triturar, del que estos últimos obtenidos en la estación secundaria constituyen el 33 por 100, representan, respectivamente, el 5 por 100, 24 por 100 y 4,3 por 100 de aquel total.

Sumados estos productos con los obtenidos en la trituración primaria, y que por tener dimensiones apropiadas pasaron, como hemos dicho, directamente desde las cribas oscilantes (9) a la salida (12) de las

machacadoras secundarias, resultará que en este punto tenemos reunidos los productos en la siguiente proporción:

Entre 120 y 60 mm: 35 % primaria + 4,95 % secundaria = 39,95 %
» 60 y 10 » 29,50 % » + 23,76 % » = 53,26 %
» 10 y 0 » 2,50 % » + 4,29 % » = 6,79 %

Comparando ahora esta distribución por dimensiones con la que en el apartado I vimos que correspondía a los materiales que habíamos de preparar por hora, para producir en calidad y cantidad los 214,40 metros cúbicos de áridos para hormigón, resulta:

	Déficit	Exceso
Grava 120/60 mm: necesaria, 41,04 %; obtenida, 39,95 %...	1,09	»
Gravilla 60/10 mm: » 26,12 %; » 53,26 %...	»	27,14
Arena 10/0 mm: » 32,34 %; » 6,79 %...	26,05	»

Es decir, que se obtiene la grava suficiente, ya que la cantidad obtenida es prácticamente igual a la necesaria, pues aparte de que barajamos cifras aproximadas, todas esas proporciones son modificables sin inconveniente a voluntad y entre límites suficientes mediante el simple juego o ajuste de los cierres de las machacadoras.

Asimismo se dispone de la gravilla necesaria, con un *exceso* de 27,14 por 100 del total, que pasará a los molinos de arena para compensar el 26,05 por 100 de déficit de este material que existe al terminar la trituración secundaria.

Veamos ahora cómo se realiza esa separación de materiales diversos para que la grava y parte de la gravilla pasen a sus silos y el sobrante de ésta entre en los molinos que han de convertirla en arena.

Esa separación se realiza en dos cribas cilíndricas de clasificación, a las que se transportan los productos mediante la cinta que describiremos en el apartado siguiente.

José ORBEGOZO
Ingeniero de Caminos

Los radiofaros españoles¹

Instalaciones radiogoniométricas a bordo

Los seis radiofaros descritos en artículos anteriores suponen una organización rápida, llegada a un estado bastante avanzado del servicio. (Actualmente se piensa instalar otro en Tarifa y convertir en radiofaro la estación radiogoniométrica de Ferrol.) Parejamente se ha desarrollado el tráfico, siendo 110 los barcos con instalación radiogoniométrica.

El principal estímulo para este desarrollo ha sido, naturalmente, la utilidad del radiogoniómetro como aparato orientador, que primero se empleó únicamente como medio de reserva, especialmente para casos de niebla; pero cada día avanza más en la dirección de aparato normal para la orientación del buque en competencia con el compás giroscópico. (Este cambio de criterio se ha reflejado en la organización de los radiofaros—influencia del tráfico sobre el servicio—, que al principio tenían el carácter de

sistema de señales marítimas para niebla, y actualmente tienden a constituirse en sistema para todo tiempo, emitiendo señales de una manera continuada.)

Otro de los motivos, que ha sido fundamental en los vapores pesqueros, consiste en la facilidad de dirigirse mediante el radiogoniómetro hacia un emisor cualquiera, lo que permite la constitución de flotillas con un barco nodriza, al cual pueden encaminarse los demás en cualquier momento guiándose por la radiación que éste emite, sirviéndoles de radiofaro. Esta propiedad ha resultado preciosa para el salvamento de buques, especialmente si por cualquier circunstancia el siniestrado no conoce su posición verdadera, pues la emisión de la señal de peligro sirve a los barcos que vienen de socorro, si llevan radiogoniómetro, para enfilarse en la dirección exacta. Así ocurrió en el naufragio del *Arnabal-Mendi*, barco de la Compañía Sota y Aznar, que el 25 de noviembre de 1928, a consecuencia del temporal, quedó a la deriva en las proximidades del puerto de Pasajes, en

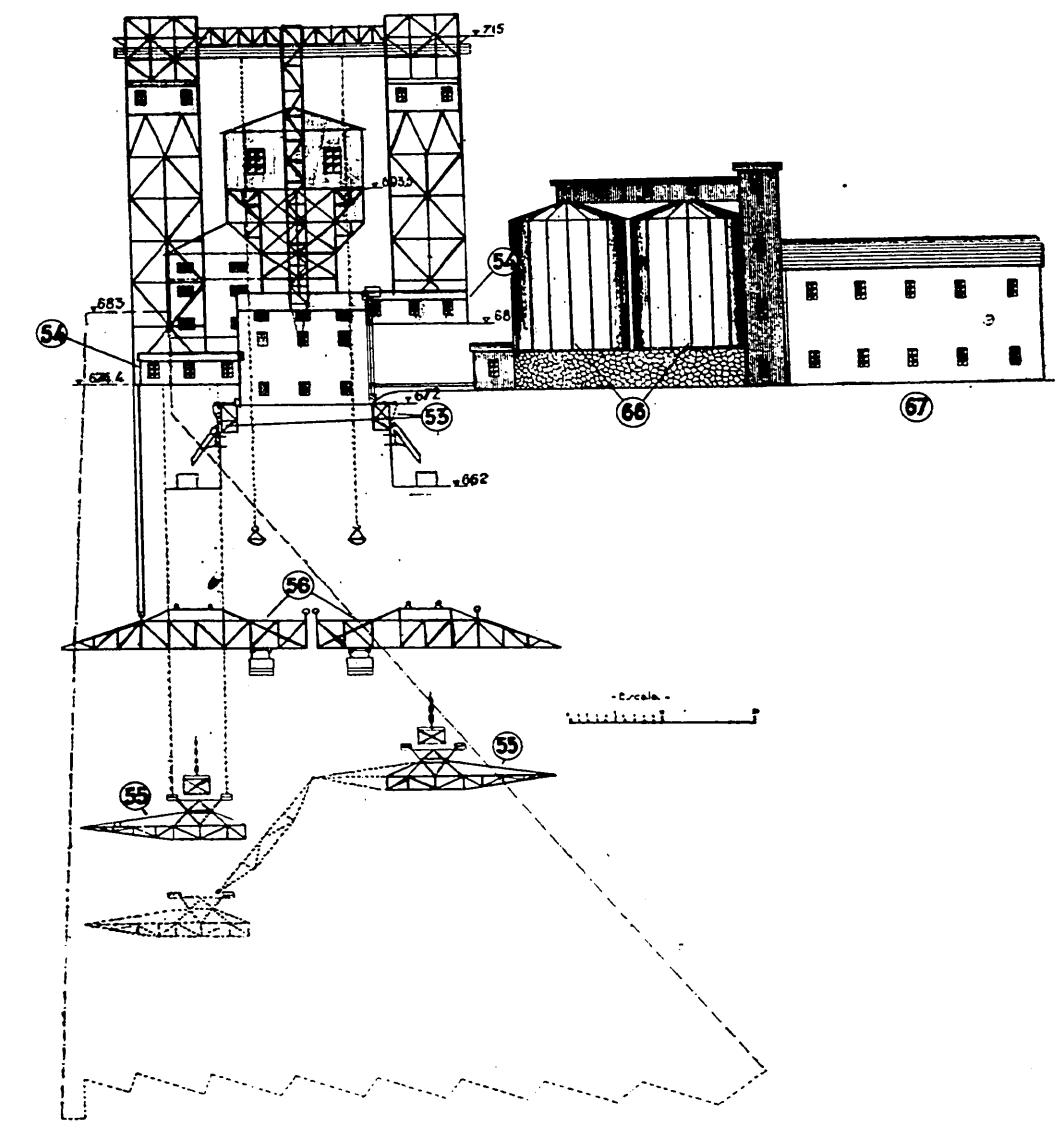
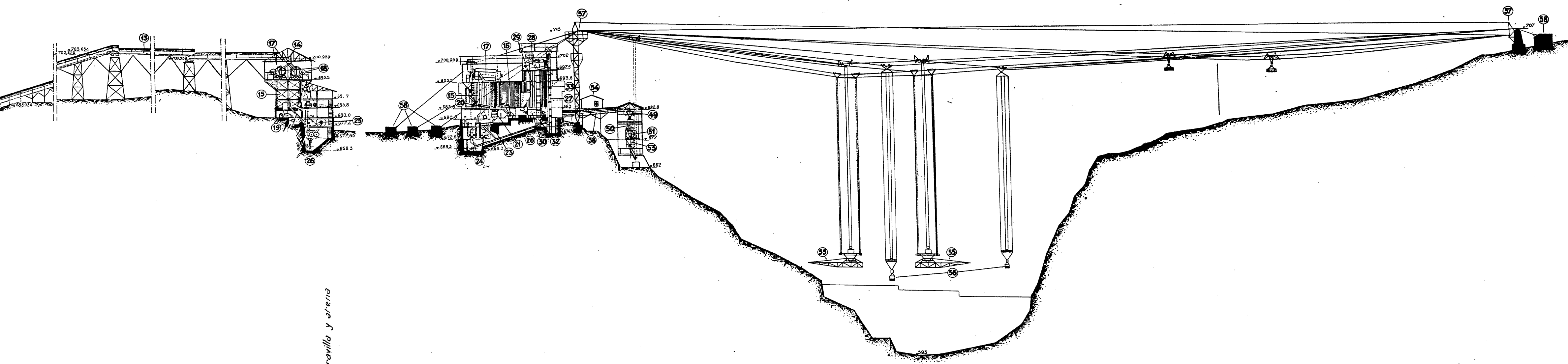
¹ Véase el número de 15 de marzo, página 126.

Aprovechamiento de aguas del río Esla

This technical drawing illustrates a dam and power station complex. The drawing includes the following elements:

- Numbered Components:** Various parts of the structure are numbered from 1 to 55, including the dam body, powerhouse, spillways, and auxiliary buildings.
- Elevation Data:** Numerous elevation points are marked throughout the drawing, such as 670.7, 672.6, 669.35, 664.574, 665.874, 672.2, 676.0, 672.8, 669.35, 664.574, 665.124, 685.54, 683.934, 702.824, 703.634, 700.932, 700.939, 493.5, 59.7, 583.8, 580.0, 577.2, 568.5, 780.039, 583.3, 580.0, 572.6, 569.3, 702, 697.5, 693.5, 683, 582.8, 572, 562, 55, 54, 53, 52, 51, 50, 49, 48, 47, 46, 45, 44, 43, 42, 41, 40, 39, 38, 37, 36, 35, 34, 33, 32, 31, 30, 29, 28, 27, 26, 25, 24, 23, 22, 21, 20, 19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1.
- Structural Details:** The drawing shows the dam's cross-section, the powerhouse with its internal machinery, and the spillways. It also includes a detailed view of the powerhouse's foundation and the dam's abutments.
- Annotations:** The drawing is annotated with the words "terreno" (terrain) and "situación" (situation) in the bottom left corner, and "da y arena" (dam and sand) in the bottom right corner.

Nombre y número de unidades medias auxiliares	Capacidad de trabajo en m³ por hora	Potencia eléctrica instalada	Potencia eléctrica total	Númº de obreros en la instalación	Númº total de obreros
Pondas	15 15 90 240 5	90	90	15	15
Artilleros	25 10			25	25
Taqueo a aire comprimido	43 18			43	43
Artilleros	45 2			45	45
Peones de desescombro	65 20			65	65
Palas	71 6 340 250 240 2	340	250	71	71
Servicio de mecánicos	76 5			76	76
Servicio de electricistas	80 4			80	80
Servicio de vía y estación (Cantera)	98 18			98	98
Material y Tracción	113 15			113	113
Vagones de 12 \$	250 42			250	250
Locomotoras de 15 \$ (Vía de metro)	250 5			250	250
Depósito de máquinas	116 3			116	116
Servicio de vía y estación (Trituración)	124 8			124	124
Trituración primaria	130 6 900 560 460	900	560	130	130
Cinta de transporte	935 35			935	935
Trituración secundaria	135 5 1205 270	1205	270	135	135
Cinta de transporte	137 2 1299 94 220 1	1299	94	137	137
Clasificadores de grava, gravilla y arena	143 3 1470 171	1470	171	143	143
Producción de arena	149 6 2203 813	2203	813	149	149
Servicio de mecánicos	153 4			153	153
Servicio eléctrico	157 4			157	157
Cables grúas (Tornos)	162 5 2803 554	2803	554	162	162
Hormigoneras	172 10 2931 126 160 2	2931	126	172	172
Distribuidores	178 6 2961 24 160 2	2961	24	178	178



137 2 1299.94 220 1 Cinta de transporte

143 6 1410.171 3 Clasificadores de grava, gravilla y arena

149 6 2283.813 Producción de arena

153 4 Servicio de mecánicos

157 4 Servicio eléctrico

162 5 2283.554 Cables grúas (Tornos)

172 10 2331.125 160 2 Hormigoneras

178 6 2361.24 160 2 Distribuidores

184 6 Plataformas de trabajo
Colocación en obra
Servicio de mecánicos
Servicio eléctrico
Encofrado

Apoyos de cables grúas