

Estudio geológico acerca de la resistencia e impermeabilidad de un embalse y su presa de cierre en el río Cóa, región de Beira Baixa

Por PRIMITIVO HERNÁNDEZ SAMPELAYO, Ingeniero de Minas.

Nos es grato dar a conocer a nuestros lectores, en el presente artículo, un resumen del informe que el eminente geólogo Sr. Hernández Sampelayo ha emitido para la construcción de un importante aprovechamiento hidroeléctrico en Portugal.

En el plan bien meditado del Gobierno portugués para el desenvolvimiento de la energía total de Portugal, el aprovechamiento del río Cóa representa uno de los pasos importantes, puesto que por la central proyectada en el puente Chinchela, a los dos tercios de su nacimiento, pasarán unos 600 millones de m.³, con potencia, instalada, de 80 a 90 000 Kw.

La idea del dominio sobre el bravo y torrencial Cóa, en su parte de río de montaña, es perfecta y eficaz, pues con la regularización del alto Cóa entra en marcha normal el tercio inferior del río hasta el Duro, en Fozcóa.

Geología y fisiografía de la cuenca (1).

En los 90 ó 100 Km. desde el principio del Cóa hasta la casa de máquinas, en el puente Chinchela, la geología expresa sólo dos clases de litología: una, pizarras, con alguna cuarcita y diques aureolares de granito, en isleos de estratos precambrianos y cristalinicos, y otra, granito porfídico, de tendencia gneíscica y hasta aplítica en muchos de sus trozos y manchones, circunstancia que contribuye a su avanzado grado de erosión. Los isleos o manchas, que para más sencilla expresión llamaremos pizarrosos, se encuentran en los extremos: nacimiento, de Foios a Sabugal, y segundo, el contorno próximo a Pinhel, desde Madeira hasta el cierre de la presa, más una pequeña cuña en la proximidad de Chinchela. El resto, hasta los 75 Km., entre Sabugal y Valle de Madeira, son de granito, bastante alterado en la superficie.

Geología.

El dominio es de granito aplítico, rodeado de estratos precambrianos.

El resumen de la conclusión es que el granito, al tocar la cuarcita armoricana y rocas cambrianas que

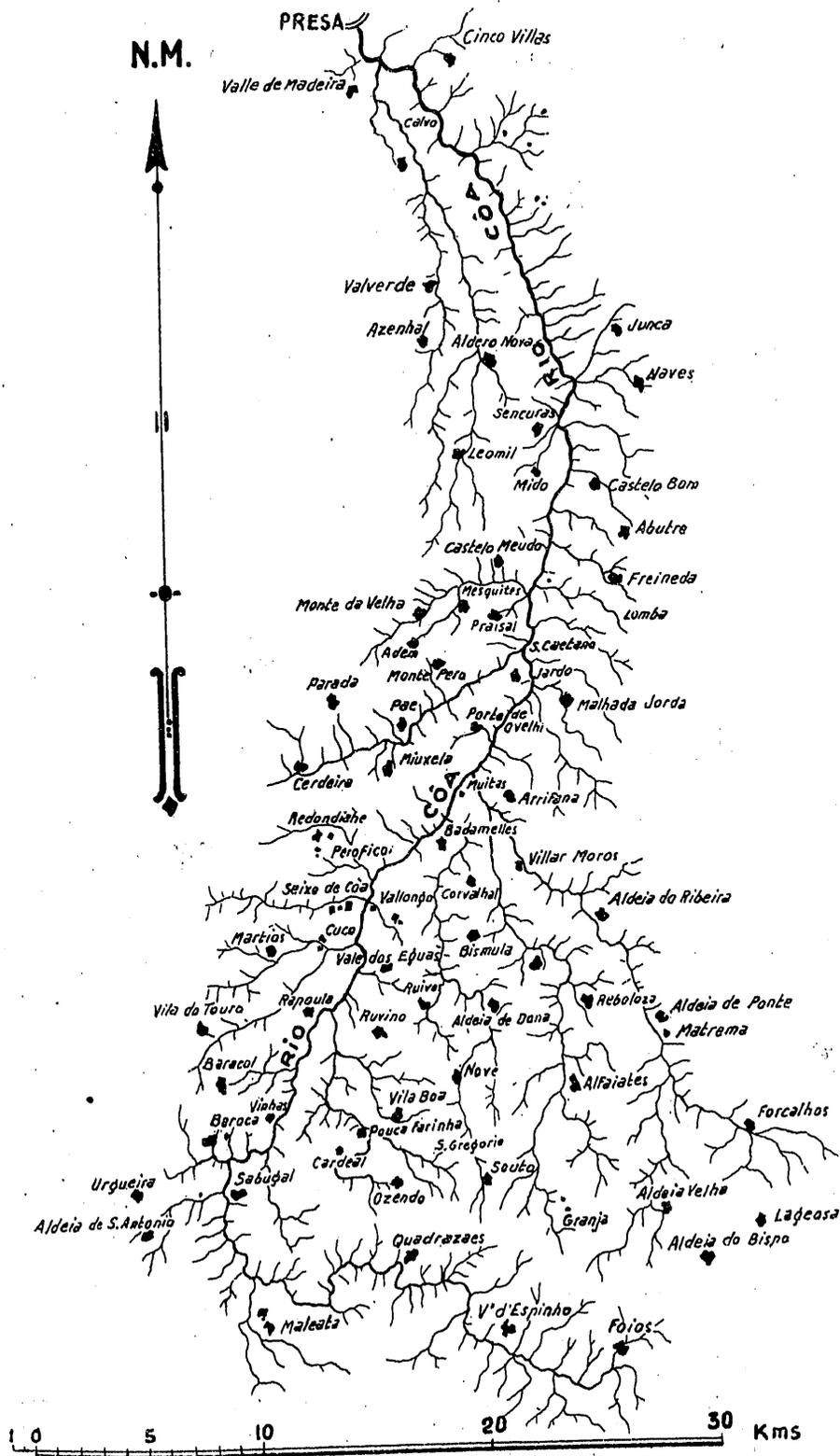
la sostienen, atestiguan un límite inferior a la edad de la erupción, en roca intrusiva cobijada en su principio por los plegamientos pizarrosos que evitaron su vitrificación, obligándola a lentos enfriamientos con la ley de los puntos eutécticos de los magmas. Ahora bien: como es reconocido el hiato o ausencia de todo el Devoniano en el N. de Portugal, las rocas base del siluriano están levantadas, al elevarse el carbonífero, desde el *viseano* hasta el *estefaniense*; este movimiento debe corresponder al más generalizado contacto (Cb_1 , con S_1 y granito) y al primer movimiento herciniano o Bretón, al cual seguirían los sudéticos (Namuriense) y la fase asturiana, hasta la urálica, evidenciada en las pequeñas cuencas del carbonífero superior, al N. de Coimbra (Cb_1 -Estefaniense-granito). Es decir, que los movimientos primeros parecen referirse a los hercinianos de la época carbonífera.

Tectónica.

La disposición más rectilínea y seguida de los 70 kilómetros de río, entre los isleos pizarrosos de Sabugal y Madeira, demuestra el levantamiento de un gran bloque o reunión de bloques, con hundimiento probable en la costa, a juzgar por la dirección rápida N.-NO. hacia Galicia.

Para reforzar este supuesto juzgamos precisa la exposición de una línea tectónica considerada modernamente; nos referimos al chaflán de La Coruña, línea tajante que, orientada de NE. a SO. en una longitud de unos 15 Km., trunca verdaderamente el territorio gallego del Cantábrico (NE.) al Atlántico (SO.), señalando, como veremos por la fisiografía y colocación de los ríos, la existencia de una fosa hacia el océano, reconocida años después, muy modernamente, como importante línea sísmica en la Isostasia Ibérica por el eminente sismólogo Sr. Rey Pastor en sus interesantes mapas. Si examinamos sin digresiones científicas, los ríos que a uno y otro lado de la truncadura vierten al Cantábrico, veremos cómo, dentro de ser

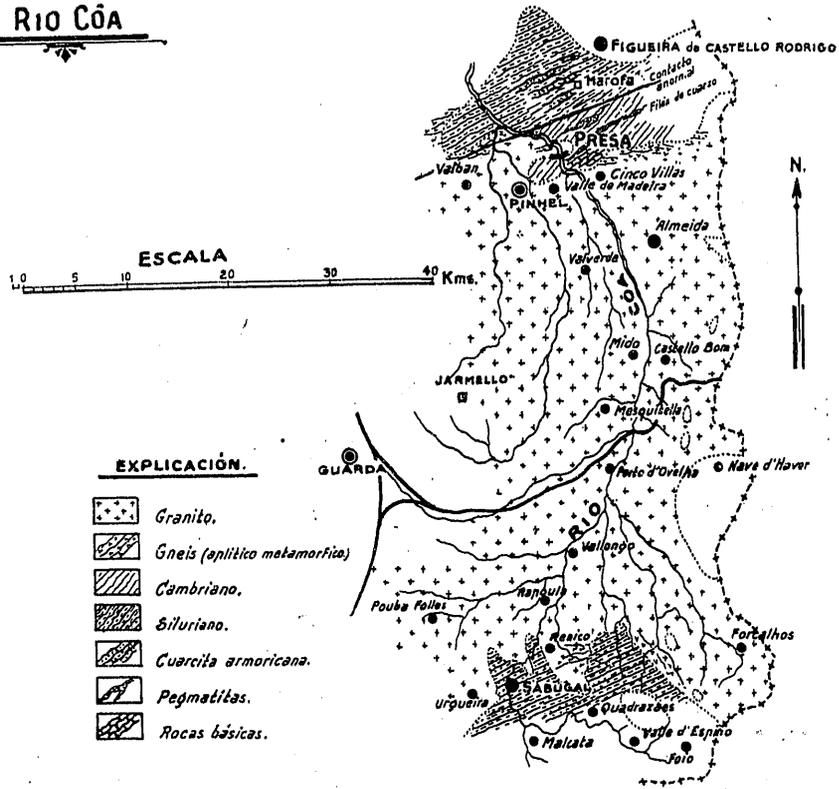
(1) Véanse planos 1.º y 2.º.



Plano de la cuenca del Cõa, desde el nacimiento de Foios hasta el estrecho de cierre.

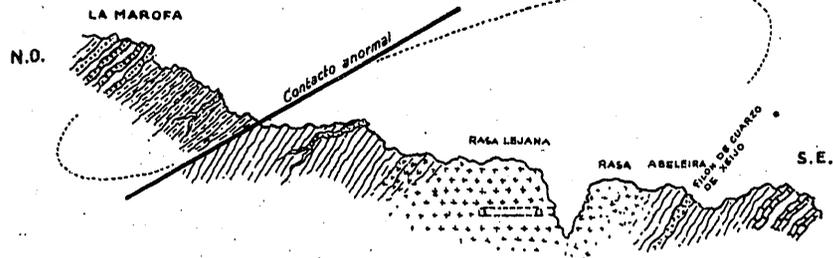
**PLANO GEOLÓGICO
DEL
RIO CÔA**

PLANO 2.º



EXPLICACIÓN.

- Granito.
- Gneis (aplítico metamórfico)
- Cambriano.
- Siluriano.
- Guarcita armoricana.
- Pegmatitas.
- Rocas básicas.



EXPLICACIÓN

- Granito.
- Gneis (aplítico metamórfico).
- Cambriano.
- Siluriano.
- Guarcita armoricana.
- Pegmatitas.
- Rocas básicas.

torrenciales, los ríos de la cordillera que se arrumban hacia el océano toman una modalidad especial, derivada de las líneas orogénicas que marcan sus direcciones, en una disposición poco tenida en cuenta y que deseamos subrayar.

El cambio orogénico que señalamos (1) tiene casi seguramente relación con los escalones paralelos que, en dirección ortogonal al chaflán coruñés, desde Finis-terre a la Estaca de Vares, se van produciendo, paulatinamente, hasta suprimir el desnivel en ese sentido transversal, desde las líneas de más de 2 000 m., sobre Caurel y San Mamed, hasta el borde del mar, de Ortigueira a Corcubión.

Por completar el índice de las modernas teorías tectónicas, aplicadas al macizo Galo-Duriense, haremos referencia a un estudio del geólogo alemán Walter Carlé (*Geologische Rundschau*, 1940), de amplitud de miras y coincidente, en cierto modo, con las orientaciones españolas.

Galicia se compone de rocas antiguas, plegadas, afectadas por la pizarrosidad y atravesadas e inyectadas por los plutones o batolitos graníticos; su estructura interna fué creada por el movimiento orogénico del carbonífero superior. Junto con Portugal, Galicia forma una bóveda ascendente, lo que permite compararla (Carlé) con Escandinavia. Mediante investigaciones petrográficas de los terrenos posteriores de Asturias y León, se podría, probablemente, averiguar la historia del abovedamiento galaico-portugués. Las observaciones de la morfología de la costa, temperatura de fuentes y de la evolución fluvial, demuestran que todavía duran estos movimientos ascensionales.

Para terminar, Galicia y el N. de Portugal constituyen una bóveda, formada en partes antiguas de la corteza; el ensanchamiento resultante se compensa por fallas de tracción. Estos movimientos de ascenso duran en la actualidad, como se demuestra innegablemente por las observaciones de la evolución de la red fluvial.

Corte y estrecho.

El mejor sitio de la cuenca para apreciar un corte geológico con las relaciones entre los estratos pizarrosos, los metamórficos y las rocas del batolito eruptivo, es el recorrido desde el pueblo de Valle de Madeira hasta el emplazamiento de la presa, en el cañón de Abeleira. El recorrido se hace casi de Sur a Norte, en unos 3 Km., desde los 660 m. de altura del pueblo hasta el río, con 424 de cota en el fondo.

Las últimas rocas estratiformes que se aprecian desde los labrantíos de Val das Ortas, en el estrecho, son las azuladas, alguna cuarcita negra, con re-

cuerdos de formaciones presilurianas, muestras iniciadas desde un ancho de isleo de más de 1 000 m. antes de llegar a la falda alta de la Marofa; la disposición sigue siendo NO., en rumbo, y NE., en vergencia.

En todo el estrecho se inicia la textura aplítica, tanto granitoide como gneísica, suave; hay alguna parte de la roca matizada, en el estribo izquierdo, con finas pajuelas de biotita o anfíboles; pero, en cambio, en el derecho es más sana y resistente la piedra, particularmente desde las cimas de 510 a 530, ya dando vista (en Abeleira) a la depresión de Val de Area, con filoncillos de cuarzo (Seixoes), que dan capacidad y dureza al conjunto de la roca. En las cuarcitas de la Marofa ya se han encontrado *cruzianas*, como en Poiães (Moncorvo) (1).

Todo el paramento rocoso puede afirmarse que no es muy duro, pero compacto y resistente.

La soltura de la arena en el granito alterado quizás haga recordar el meteorismo intenso que se ofrece en el Pantano de Evarosa, entre Regua y Iamiego, cerca de una estrada de Vizeu.

Hidrotimetría (2).

La "Hidrotimetría y líneas generales del Proyecto" son debidas al destacado Ingeniero D. Agostinho de Tavares, en unión del cual hemos efectuado nuestros recorridos.

De los 150 Km. de longitud del Cóa, son los 120 de la parte alta los que entrarían en juego. En cuanto a la superficie de la parte de cuenca que se ha de aprovechar, será aproximadamente de 800 Km.², y la mitad de la total del Cóa, 1 000 Km.². La altura máxima de la cuenca es de algo más de 1 000 m., y la precipitación media, de más de 600 mm., juzgando por las curvas hipsométricas y pluviométricas del mapa de Quijano. Por fin, la escorrentía, en un país granítico o proterozoico, debe elevarse a 0,6 ó 0,7. Es decir, que por pocos litros que se adopten para el cálculo, pueden suponerse riadas de unos 1 000 m.³, elemento destructor de importancia y, por consiguiente, de obligada previsión; es punto acerca del cual insistiremos al tratar del aliviadero. La cuenca del Cóa, sobre la presa, es de 1 250 Km.².

Las mediciones del caudal del Cóa han sido hechas por intermedio de la Dirección General de Servicios Hidráulicos. Los centros de observación pluvial más importantes han sido Guarda y Sabugal.

Damos, por meses, los caudales de los años 1946-47 y 1947-48, así como el total de agua pasada.

(1) Estudio de los criaderos de hierro, 1924. P. H. S.

(2) Plano y corte de las líneas generales del Proyecto. P. 223.

(1) Discurso en la Academia y 1938, Santander, Congreso para el Avance de las Ciencias.

Caudales del río Cóa (Guarda-Sabugal).

(Años 1946-47.)

Octubre. — Media mensual.....	00,00	Abril. — Media mensual.....	65,00
Millones de m. ³	00,00	Millones de m. ³	168,00
Noviembre. — Media mensual.....	2,10	Mayo. — Media mensual.....	11,90
Millones de m. ³	5,40	Millones de m. ³	31,80
Diciembre. — Media mensual.....	3,40	Junio. — Media mensual.....	4,10
Millones de m. ³	9,00	Millones de m. ³	10,60
Enero. — Media mensual.....	7,60	Julio. — Media mensual.....	0,80
Millones de m. ³	20,00	Millones de m. ³	2,10
Febrero. — Media mensual.....	63,30	Agosto. — Media mensual.....	00,00
Millones de m. ³	153,00	Millones de m. ³	00,00
Marzo. — Media mensual.....	77,00	Septiembre. — Media mensual.....	00,00
Millones de m. ³	206,00	Millones de m. ³	00,00
Total del paso anual: 605 900 000 m. ³ .			

(Años 1947-48.)

Octubre. — Media mensual.....	0,70	Abril. — Media mensual.....	10,30
Millones de m. ³	1,80	Millones de m. ³	27,00
Noviembre. — Media mensual.....	4,30	Mayo. — Media mensual.....	22,00
Millones de m. ³	11,00	Millones de m. ³	63,00
Diciembre. — Media mensual.....	9,00	Junio. — Media mensual.....	2,30
Millones de m. ³	24,00	Millones de m. ³	6,00
Enero. — Media mensual.....	53,00	Julio. — Media mensual.....	0,66
Millones de m. ³	142,00	Millones de m. ³	1,70
Febrero. — Media mensual.....	32,70	Agosto. — Media mensual.....	0,50
Millones de m. ³	82,00	Millones de m. ³	1,30
Marzo. — Media mensual.....	20,40	Septiembre. — Media mensual.....	0,50
Millones de m. ³	55,00	Millones de m. ³	1,30
Total del paso anual: 414 300 000 m. ³ .			

En cuanto a las líneas generales del proyecto, el fundamento es de una garganta apretada a unos 2 500 metros agua arriba del puente de Chinchela sobre el río Cóa, cerca de la carretera que conduce desde Pinhel a Figueira de Castelo Rodrigo; más arriba, en Valle de Madeira, se ensancha el valle en depresiones de las laderas.

El cañón se ofrece como una excelente ubicación de roca granítica, con aspecto compacto e impermeable.

La altura de la presa puede llegar a cerca de 100 metros, y desde su pie, por medio de un conducto forzado, lleva la energía a la central del puente de Chinchela en su margen izquierda.

Los croquis de la central de Ntra. Sra. de Mon-

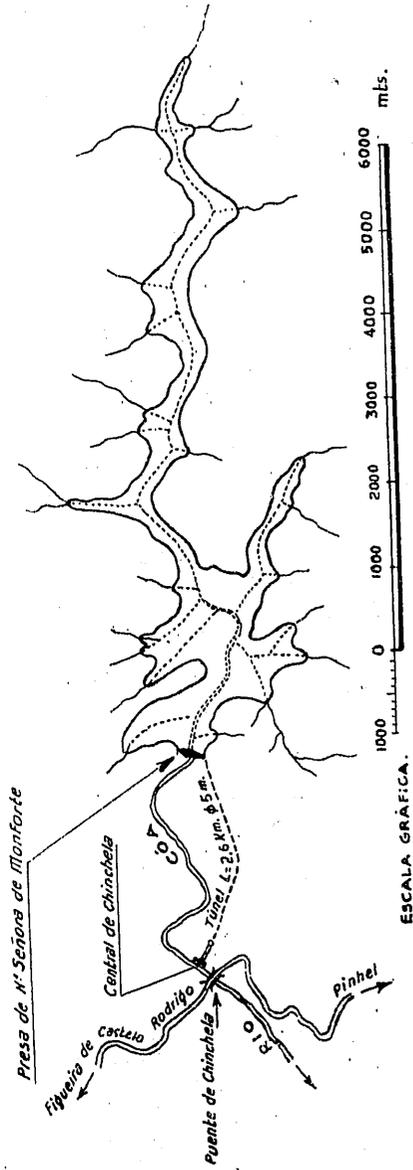
forte (Ingeniero Sr. Tavares), dan idea, en planta y alzado, de los proyectos iniciales (1).

Impermeabilidad y resistencia del vaso para el embalse.

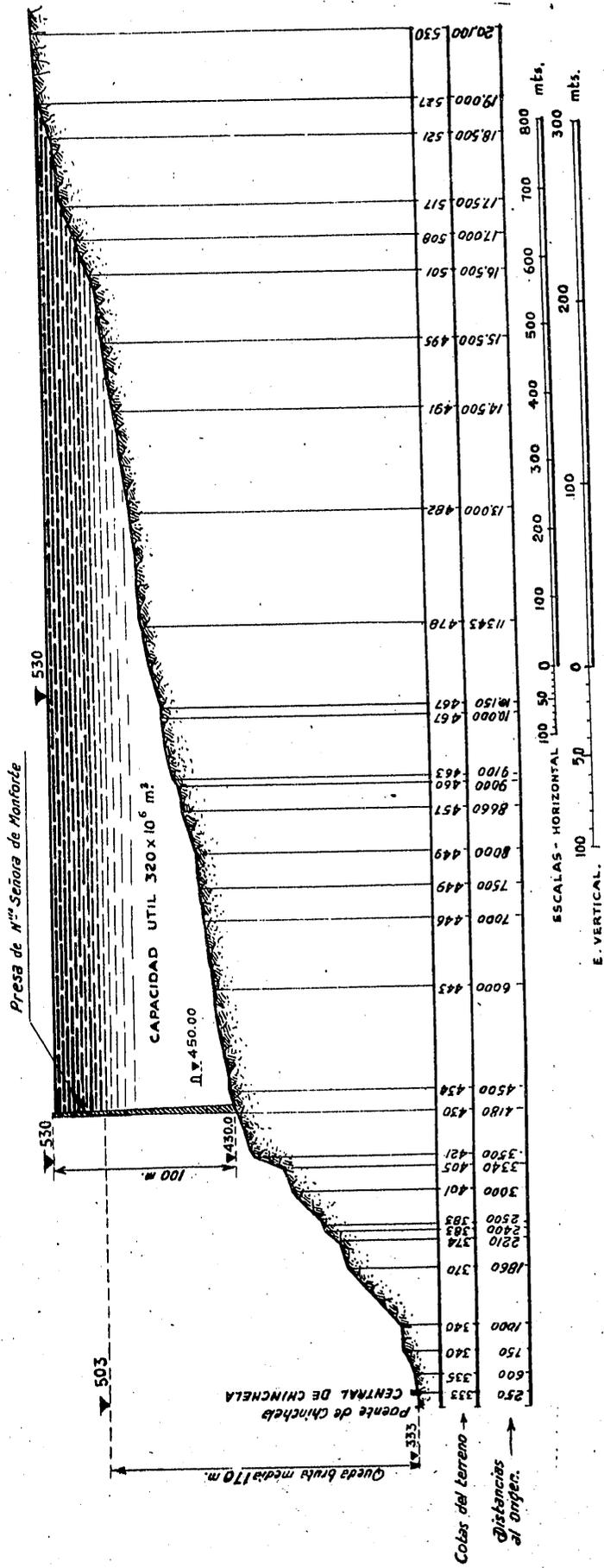
Las consideraciones hasta ahora hechas, y una mirada atenta al mapa de la cuenca del Cóa, evidencian la seguridad de ambas condiciones: de *resistencia*, para las obras y cargas del embalse, y la *impermeabilidad*, pues las cuencas más próximas al Cóa son: a la izquierda, los ríos Lamegal y Cabreira, y a la derecha, el fronterizo Turones, los tres, paralelos y hacia el Norte, con una pared mínima de 8 Km. de granito, y además, ríos de cuencas más altas que la del Cóa. El juicio de seguridad es definitivo.

(1) Plano 3.º: Líneas generales.

PLANO 3.º



Líneas generales del proyecto. Primera solución.



Perfil longitudinal. Líneas generales.

Ubicación y cierre (1).

Entre la incidencia del barranco de Valle de Madeira y el puente de Chinchela hay un estrecho muy adecuado a la ubicación de una presa de contención. De modo preciso se encuentra el cañón a unos 2 500 metros del paramento montante del puente de Chinchela y próximo al camino de Pinhel a Figueira de Castro, por el estribo derecho. Los 100 m. de longitud del estrecho se encuentran entre dos meandros, más suave el de entrada, enfocando, hacia las aguas altas, al destruído puente de la carretera y con un anchurón que, desde el molino a la entrada del cañón, en las curvas de los pequeños barrancos representará una expansión de más de un hectómetro cuadrado, superficie no muy repetida en las alternativas del río Cóa; esta dilatación en el álveo está colmada de arena. El cañón, orientado de SE. a NO., tiene, poco más o menos, 100 m. de largo, en los cuales el ancho del alvéolo será de 30 a 40 m.; cantiles casi verticales en 35 a 40 m., en poca extensión del cañón, a poco de pasar los vallejos (altura entre las curvas 430 a la 465, por ej.), y en cambio, desde las curvas de nivel de 465 a 500, se aplanan tanto las paredes que, de escarpes casi verticales, pasan a paredes inclinadas, las cuales, en las curvas gemelas de 500 m., dan una distancia, ortogonal al río, de 200 a 250 m., es decir, que la estrechez, en el perfil, no se sostiene aparentemente en más de 30 ó 40 m., menos de la mitad de la altura del cierre propuesto. La salida de la angostura, a poco más o menos de 150 m. agua abajo, produce otro angosto más cerrado en la ladera derecha y más abierto en la izquierda, dejando una torta grande de arena, aplanada, de unos 70 m. de ancho por 30 o más en sentido de la longitud del río, que, con 3 ó 6 m. de espesor, contendrá al menos unas 3 000 ó 4 000 Tn. entre guijos menudos y arena fina, casi lavada, y la cual, aunque escasa en cantidad, puede emplearse para la construcción.

Desde este estrecho, apropiado para encajar una presa, hasta el puente de Chinchela, a 2 500 m. agua abajo, hay un desnivel de unos 97 m., dato que avalora ampliamente la ubicación elegida, pues ambas circunstancias: fácil contención en presa alta (hasta más de 90 m.), y aumento de otros tantos (90) por túnel hasta Chinchela, son de gran importancia en un río de montaña con escasos recursos hidráulicos; es decir, que se puede aumentar la altura de agua acumulada y guardar embalse para las puntas en épocas de escasez.

(1) Véase plano 4.º: Cierre y Labores.

Examen del estrecho, su fondo y estribos, desde el punto de vista constructivo (1).

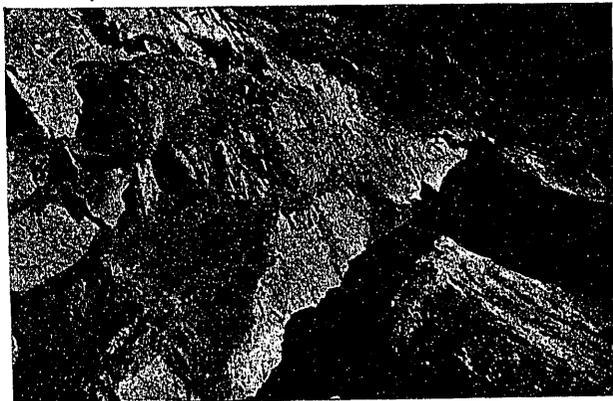
La entrada más fácil al estrecho, desde Valle de Madeira, es viniendo por la margen izquierda, llamada Pozo del Barco, y atravesando Valle de Areal por encima del molino y dejando agua arriba el arroyo llamado Ribeira dos Gaiteiros, cuya enfiladura se aprecia agua arriba hacia el puente de carretera destruído.

Contando toda la porción estrecha del cañón, su longitud no excederá de unos 200 ó pocos más metros, mientras que la recta entre los meandros de arriba (Abeleira) y abajo (Areia-Casa), apenas excederá de 100 m., y desde el primer examen, este trozo se impone como ubicación de la presa: por sus paredes más acantiladas, por el menor cubo de su sección y por las mejores condiciones de toma y desagüe. Antes de entrar por la margen izquierda a este cañón, dejamos los arenales de Areal y Abeleira enfrente, es decir, al final del meandro guiado por la margen derecha. Para que sea riguroso el examen, bajamos primero al cauce y ascendemos por las ásperas paredes del estribo izquierdo. La parte mojada es pequeña, quizás a la entrada no pasa de 10 m. de ancha en unos sitios y de 15 m. en otros, y pocos de profundidad hasta el fondo (mediados de septiembre de 1948); el agua circula entre abundantes holos de granito desde varios decímetros cúbicos a varios metros, y la apreciación del gasto es deficiente, pero no parece pasar de 4 a 6 m.³ el caudal. En esta entrada del estrecho, como en su parte distal, de salida, se encuentran pequeñas marmitas de gigante, llamadas *Caldeiros* en el país, que testimonian la existencia de cascadas en ambos extremos, o sea, que todo el cañón recto, del principio al fin, ha sido excavado en retroceso por *rabiones* (*rápidos*) y caídas que avanzaron en retroceso, marcha producida por un movimiento positivo o de realce, en su perfil de base; en nuestro caso constructivo parece comprobarse la dureza y compacidad de la roca sana en los cantos que efectuaron la excavación y en las calderas, bien redondeadas y suaves, con el granito blanquecino descubierto en su erosión, contrastando con el aspecto de líquenes y musgos de tono verde adheridos a la superficie oscura y caolinizada de la mayoría de los bolos y canchales. En realidad, y fuera de esa roca fresca de las marmitas y alguna esquina de los cantiles mojados, casi todo el conjunto de la roca berroqueña es oscuro y sólo se aprecia el blanco de la alteración caolinica en las labores o en los movimientos desplazados de rocas que ofrecen sus asientos des-

(1) Véase plano 4.º y fotos.



Roquedo desde el lecho del río, cota 460, visto de frente (margen derecha).



Trinchera en la cota 470 hacia aguas arriba (margen derecha).



Roquedo desde el lecho del río, cota 460, visto de frente (margen derecha).



Trinchera en la cota 500, vista de frente (margen izquierda).

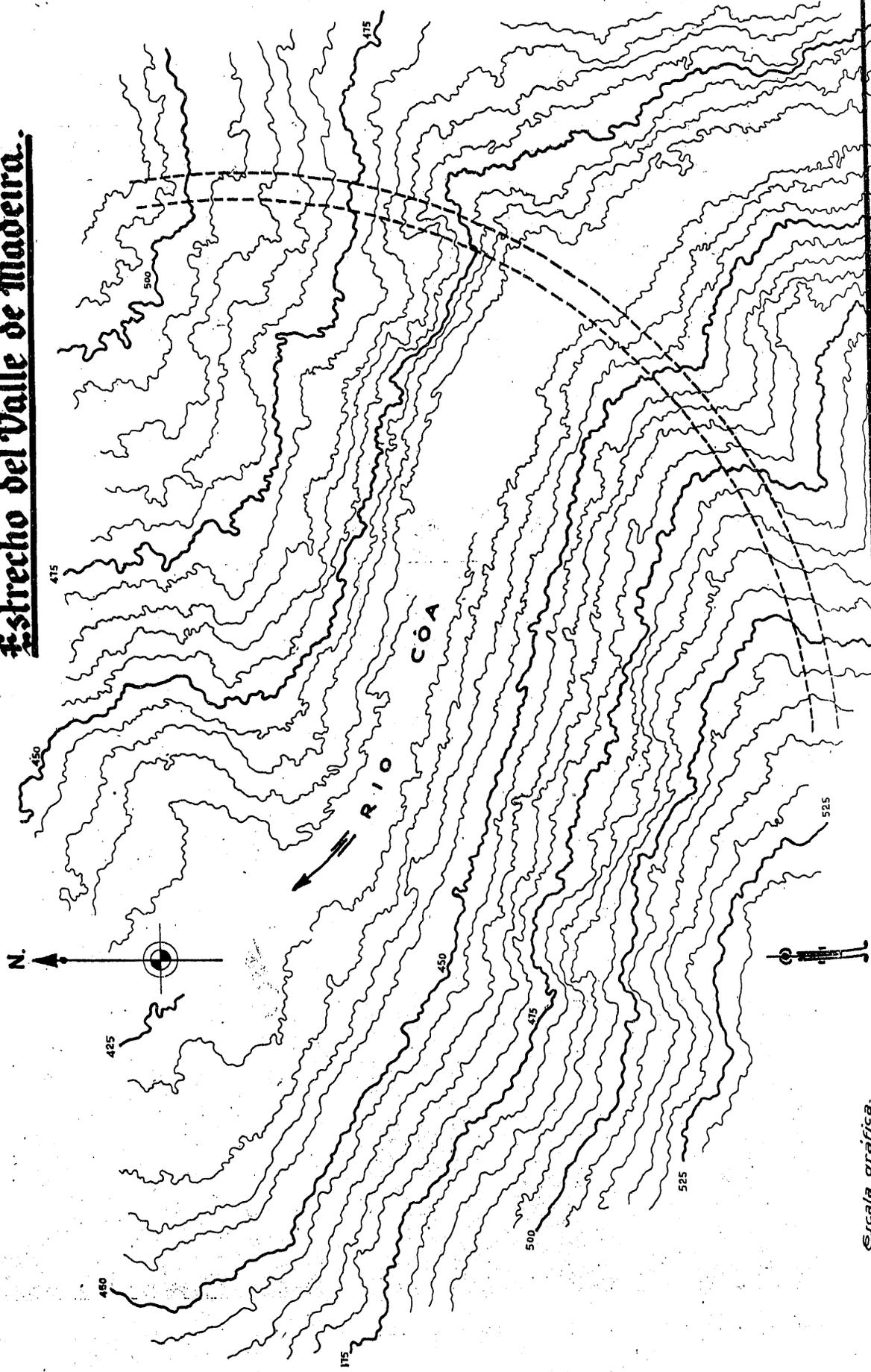


Trinchera en la cota 460 hacia aguas arriba (margen derecha).



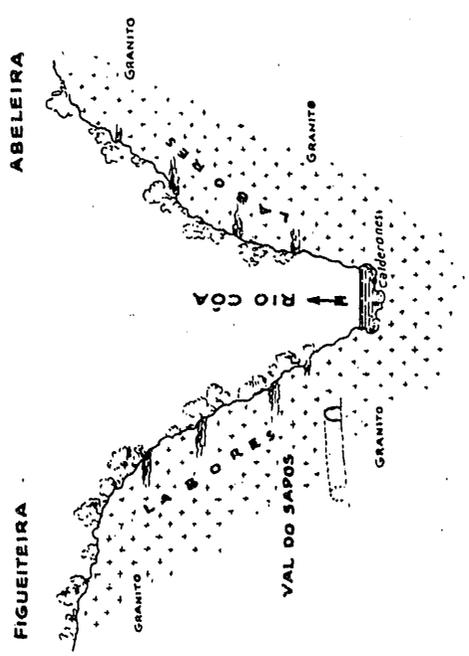
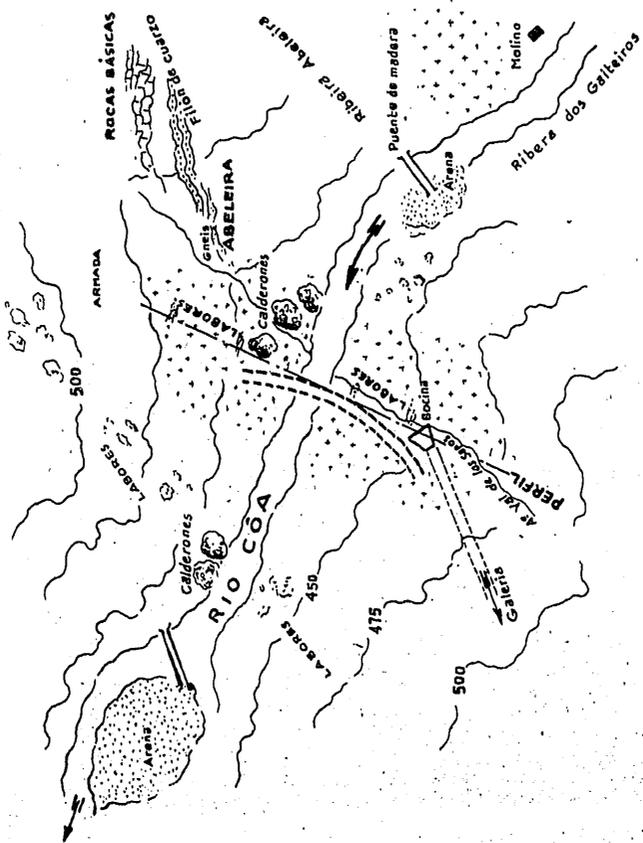
Trinchera en la cota 500, vista hacia aguas arriba (margen izquierda).

Estrecho del Valle de Madeira.



Croquis del estrecho.

Perfil del estrecho.



PLANO 4.º

cubiertos en caolín. Así, blanquecinas por contraste, se ofrecen las labores de ambos estribos, demostrativas de la compacidad y de la alteración al mismo tiempo, de todas las superficies investigadas. Antes de llegar a los reconocimientos en esta ladera izquierda, lo hacemos a una línea de depresión, la cual apenas llega a señalarse como arroyo, que en el Mapa figura como Vale dos Sapos, antecede de un modo inmediato a la parte más acantilada que haya de destinarse al apoyo del estribo y, en opinión que se impone como adecuada, para recibir, en su porción más ancha y baja, la bocina de entrada, en la galería de toma; el sitio preciso parece a unos 15 ó 20 m. del cauce, es decir, algo más alto que el nivel medio que marcan las piedras blanquecinas, donde pueden, con más facilidad, quedar los detritos, o hasta las arenas, si afluyen en gran cantidad.

Las labores de esta ladera izquierda están naturalmente concentradas hacia la garganta más estrecha y de cantiles más verticales, zona representada en el mapa fotogramétrico. Consisten las investigaciones en zanjas y pequeñas canteras llevadas a lo largo de la ladera y en planos horizontales próximamente paralelos al cauce; serán cuatro niveles los reconocidos: uno, en el nivel medio saneado, a unos 8 ó 10 m. sobre el cauce, que confirma el granito porfídico sano ofrecido en los bloques lavados (cota aproximada de 440). Más arriba, en cotas aproximadas de 480, 500 y 510, se descubren en longitudes de 12 a 25 m. y entrada media de 2 a 5 m. hacia el interior de la roca, sólo superada en una pequeña gale-

ría, casi en los 500 de altura y compenetración de 6 a 8 m. Prescindiendo de las rocas inferiores y sanas del cauce, todas las investigaciones descubren una masa granitoide bastante avanzada en su caolinización y con los oristales idiomorfos alterados y hasta destruidos. La significación de este resultado, general por otra parte fuera del nivel del cauce, en profundidades que lleguen a unos 10 m., en entradas normales a las curvas de nivel, es, decimos, la seguridad de una roca compacta, sin fisuras y de resistencia suficiente para aguantar la presa proyectada, pues acusará una resistencia de 300 Kg./cm.²; pero esa roca descubierta por las labores de investigación, capaz de soportar como cimiento, no es aceptable como roca para ser troceada y entrar en la composición de un buen hormigón de 250 a 300 Kg., pues podría dar fallos en las tongadas con trozos que podrían crear zonas de menor resistencia; es decir, que las canteras, en esa misma disposición horizontal sobre el borde que domina el río, han de entrar en la roca hasta alcanzar piedra sana.

A 100 ó 150 m., continuando (margen izquierda) hacia fuera del cañón recto, en la curva cóncava del gran meandro que dobla el río, hay explanaciones antiguas que se hicieron hace unos veinte años, en un intento, fracasado, de construcción de una presa mucho más modesta que la que ahora se estudia; los resultados fueron idénticos en la roca: granito compacto y alterado, completamente impermeable y bastante resistente para aguantar las fábricas proyectadas, con demostración en esos pocos años, pues en

una rasante poco más alta de las mismas explanaciones se encuentran los hermosos lienzos de un edificio de viviendas, hoy desmantelado de cubiertas, pero que ha resistido perfectamente en la piedra fuerte de sus paramentos, aunque siempre con un pequeño principio de meteorización, fenómeno general del clima, y del que, para verse libre, hay que penetrar de 8 a 15 m. (medida empírica) en la roca, alejados de la superficie.

De modo que de la arena se puede pasar a la disyunción en bancos; luego, a la de bolas en la superficie; después, a las bolas iniciadas por las fisuras dentro del terreno, y por fin, el granito sano. Esta escala sin medidas exactas y de fondo vulgar y costumbrista, se cum-



Cierre. Vista aguas arriba.

ple de modo bastante general. El granito que sólo tenga un principio de caolinización, sirve bien para el troceo y para la construcción.

En esta misma ladera izquierda, entre las explicaciones antiguas y las edificaciones incompletas, en una depresión del cóncavo meandro y en la curva 500 (aproximada), hay una fuente, la única que hemos visto, que dura todo el tiempo y aumenta ligeramente de caudal después de las grandes lluvias; nos ha parecido procedente de la filtración del agua en las antiguas fisuras, ya convertidas en arena, al modo de los terrenos, en las depresiones agrícolas del granito, explotadas por las picotas como pequeños depósitos acuíferos.

La fuente llamada Fieiteira, fuera del embalse, es de poco gasto, y desde nuestro punto de vista constructivo, la consideramos insignificante, puesto que no se repite el fenómeno y carece de importancia.

Subiendo, por fin, a las mayores alturas de esta ladera, vemos cómo desde las cotas 550 a 650, quizás como término medio, se ofrece en la lejanía de la derecha el aspecto irregular, pero aplanado en conjunto, con el aspecto de una rasa o gran terraza continental, facies de movimientos positivos, de isostasia de los bloques y muy concordantes con la idea del alzamiento en la bóveda de Carlé, para la masa intrusiva, hoy ya denudada y arrasada irregularmente, después del encaje y hundimiento de sus ríos.

El paso del estribo izquierdo al derecho se hace marchando sobre bolas de granito y cantos de cuarcita, pizarra y grawaka, atravesando el río por un puentecillo de árboles de unos tres metros de largo; la impresión del agua colada entre piedras y por el puentecillo es de unos 5 m.³ por segundo (mediados y fines de septiembre).

Cruzamos también por el gran banco de arena situado al desembocar el cañón recto en el meandro, el cual, en su borde cóncavo, ofrece el banco de arena tan aplanado y ancho que tapa todo el álveo y llega hasta los cantos enmohecidos de musgo y líquenes. Las dimensiones de este banco quizás puedan apreciarse en 50 m. de ancho por 30 de largo y 2 a 4 de grueso, lo cual quizás representase unas 6 000 ó más toneladas aprovechables para la obra. Al llegar al paramento del estribo derecho, vemos en la base los mismos caldero-

nes o pequeñas marmitas, confirmando la hipótesis del trabajo en retroceso de las cascadas sobre el granito al labrar el estrecho.

Por dar un dato de orientación, desde la casa antigua (sin cubiertas), Fieiteiro de Pago, hasta Vale d'Arial (?), hay unos 300 m.

La anchura, dentro de las señales más usadas por el agua, cantos blancos suaves y desgastados de granito, será de 30 a 40 m.; las cotas en el sitio más estrecho y acantilado, varían de 428 a 438 del fondo a las orillas. Al subir por las labores (e. d.) se asciende más difícilmente que por la ladera izquierda, y ello es debido al mayor acantilado, hacia la vertiente del estribo derecho, en el cual las labores se reparten, lo mismo que en el estribo anterior, en zanjas y explanadas según varias curvas de nivel que aquí, a la derecha, parecen afincar en las curvas 480, 500 y 510 entre las principales, y algún intento de galería.

El resultado es casi exactamente el mismo; el granito avanzado en su meteorización, pero tan compacto y bien sostenido que sirve perfectamente, después de algún desmonte, para sostener una presa de gravedad. Quizás el escarpado mucho más vertical de la ladera derecha es causa de que al apreciar, a la vista, la distancia que a los 90, sobre los 428-518, mediría la línea de coronación, nos parece que el perfil de gravedad no bajaría de 300 a 350 m., anuncio de volumen respetable para el embalse producido. Las apreciaciones que indicamos están vistas desde la caseta de madera sita entre las curvas 500 y 510.



Vista del vaso hacia aguas abajo.

La entrada abocinada en la depresión de Vale dos Sapos, del estribo izquierdo, parece muy bien dispuesta para recibir, a los 20 m. de altura del cauce, la entrada de la galería de conducción a la fábrica.

Hay varios puntos de interés en esta ladera; en primer lugar, una depresión llamada Abeleira, que sin ser completamente opuesta en normales al río, a la depresión de los Sapos puede servir de entrada homóloga en las opuestas laderas para apoyar los estribos correspondientes. El segundo punto importante es la depresión que sirve para conducir el camino que, paralelo al río, viene, creemos, que desde el puente Chinchela. Esa depresión o puerto secundario no es tan bajo como para necesitar presa artificial de suplemento esta ladera derecha, pero sí podría ahondarse para dejar algo aislado el estribo derecho y en ese caso aprovechar el hueco para labrar un vertedero de superficie en el mismo lado y al NE. del estribo derecho. Consideraremos este caso al hablar del aliviadero más conveniente. Por fin debemos examinar esta ladera desde el punto de vista de cantera; tiene, para ello, dos circunstancias que inclinan a su favor: una, que la carretera de abastecimiento de cemento y material tendría buen acceso a la obra, y otra, que la roca de esta ladera es más sana, quizás por más resguardada del Norte, precisamente porque su cantil, bastante vertical, mira al Sur, es decir, que la cantera que se organice desde la cota 520, por ejemplo, será de mejor clase y en posición más favorable para su manejo y mezcla.

Hay que advertir que esta roca más dura del estribo derecho lo será en parte en la cantera un poco al NE. en el estribo, es decir, frente al Val de Areal y el molino, ya en la ladera de la depresión que contiene el camino al puente de Chinchela (señalamos el punto en el plano con el nombre "Examen para cantera"). Esa zona está muy cruzada, no solamente de filones de cuarzo y otros pegmatíticos también muy cuarzosos (Xeijo), sino con batolitos de rocas melanócratas, de aspecto dolerítico, y las cuales, aunque no frecuentes, tampoco son raras en las formaciones de estos granitos ibéricos hercinianos; en resumen: aconsejamos examinar esta zona alta de la cima (520) hasta una casita adquirida por la Compañía recientemente con miras a la colocación de una amplia y bien establecida cantera.

Precisamente estas circunstancias, y desde luego la muy particular del transporte desde el puente de la carretera, tenderán a reunir en estos altozanos el conjunto de instalaciones, al menos las de elaboración del hormigón y punto de distribución de las principales canaletas. Ya que tocamos incidentalmente observaciones acerca de la cantera, mencionaremos, como motivo de estudio, la posible incorporación de bolas, más o menos quebrantadas en bloques, a un hormigón de tipo ciclópeo, organizado desde esta ladera.

Clase de presa; consideraciones acerca de su construcción (I).

Desde luego, el punto de vista más importante es el de la más práctica y fácil construcción, siguiendo la economía, según el perfil más estrecho y resistente.

El ofrecimiento del cañón en roca compacta y apropiada, con angostura resistente en el cauce; parece que intuitivamente impone una presa de tipo gravedad.

Desde luego, esta presa con 40 m. de fundación en ancho y perfil que desde el final del tercio inferior va aumentando hasta 300 ó 350 m, representa un volumen que ha de justificarse con cumplidos recursos hidráulicos o con disposiciones favorables, como en nuestro caso, de puesta en marcha de una gran caída, con reserva estival de regularización eléctrica en las puntas y vaso suficiente para el estiaje.

Suponiendo decidido el tipo de presa y por supuesto que la mayor parte de las consideraciones sirven para cualquier tipo de cierre, iremos examinando atentamente la escala de obras y comprobaciones que hayan de tenerse en cuenta en este estrecho de este río Còa.

La escalilla de obras que deberá seguirse es la siguiente:

Primero, con sondeos en el centro y ambas laderas, y en segundo lugar, con desmonte de la roca meteorizada.

La altura, bastante excepcional, hasta ahora, de la presa, obliga a realizar algunos sondeos por compacta que sea la roca, pues una pequeña fisura podría originar un tubo lanzador de piedras hasta producir una grave avería en muy corto tiempo. En esta roca, sea en estado de *Saibro* o sana, es improbable cualquier filtración, por lo cual quizás basten dos cortinas de seis sondeos cada una: dos, en una ladera; dos, en el centro, y dos, en otra; testigo continuo y pruebas de agua a 15 atmósferas, por lo menos. La distancia entre las dos series será la de separación de uno a otro paramento, el mojado y el seco de agua abajo. Si, según las pruebas, se comprobasen escapes, por pequeños que fuesen, deberían realizarse inyecciones de impermeabilidad con cemento líquido a 13 ó 18 atmósferas, y además, en las dos cortinas se interpolarian más sondeos hasta unirlos y colmatarlos, acortando los paramentos, y lograr impermeabilidad en rastrillo que comprendiesen el bloque de fundación en el álveo, imposibilitando las subpresiones.

La monda en las rafas de los estribos de la roca arenosa daría idea, no sólo de la excavación precisa, sino de la posibilidad de dejar parte ligeramente cao-

(1) Ténganse a la vista los planos 5.º, 6.º y 7.º de los diferentes proyectos de presas y sus disposiciones.

linizada, y conveniencia de inyecciones de cosido de la obra de la presa a la roca de los estribos.

Ya hemos dicho que la toma iría bien en el vallejo y a una altura como de 20 m. para evitar la entrada de detritos; la bocina, aunque con rejilla de barrotes, debe ser amplia.

La excepcional altura de la presa hace que llamemos la atención acerca de algún punto especial, como es la cresta del estribo derecho, la cual alcanzará los 100 m., pero debe replantearse con atención ese muro de corona por si conviene rematarlo artificialmente con más refuerzo del natural, pues el granito alterado es compacto y resistente, pero si su espesor no es grande, podría empaparse de agua y disminuir sus propiedades de resistencia e impermeabilidad.

La mayor alteración caolínica del granito en el estribo izquierdo le hace más apropiado para la excavación de la galería de conducción, pues sus detritos, fáciles de moler, darían rápidamente una arena fácil de lavar y aprovechar inmediatamente.

La galería de toma conviene perforarla en roca fácil de excavar, ya que, aparte de la economía, su resistencia ha de estar en el entramado de armadura: hélice y generatrices.

El estribo derecho, más resistente, reunirá canteiras, edificios y carretera de abastecimientos y arrastre de máquinas y materiales.

Como razón importante de esta distribución de obras en cada estribo, citamos la más fácil entrada de la galería por el macizo de la margen izquierda a la banqueta litoral de la misma margen, pegando al estribo, también izquierdo, del puente de Chinchela, a unos 8 Km. de Pinhel. Tiene, además, de roca blanda, buen macizo para la chimenea, sitios de ventanas para varios frentes de ataque y escombreras en el río.

Aliviadero.

Ha de tenerse en cuenta que si bien las avenidas han de ser escasas, en cambio, si llegan a importantes, es presumible que puedan ser graves en cuanto a su volumen y al arma mortífera de su ariete, compuesto de árboles, detritos y aun de bolas de granito en trayectos cortos, pues las movibles van siendo renovadas, según su volumen, figura fácil de rodar y estado de equilibrio en cantiles y pendientes; es decir, que al llegar la riada a la presa, una parte de residuos alcanzará el fondo y la otra, más ligera y movediza, buscará su alivio en la caída.

Casi por exclusión y desde el primer momento se impone la solución del Director Sr. Tavares, de alzas automáticas, cumpliendo el cuidado escrupuloso de atención que exigen los mecanismos bien contruidos, es decir, máquinas acreditadas, y vigilancia cuidadosa, pues el momento de actuación amenaza entre nubes y tiempos desconocidos y traidores.

La descarga por las alzas, y siempre fuera de entorpecimientos, puede hacerse perfectamente desde lo alto de la presa; el inconveniente del colchón y rulo que parasen el aluvión ante la fábrica, aquí está orillado por la galería de toma, y únicamente podría ocurrir que el desagüe, en su curva y torbellino, alcanzase la pared cóncava en la curva de salida del meandro y allí dejase un cúmulo de restos más importantes que el de deyección de esa ladera izquierda que tampoco faltaría, y si las averías se repitiesen con intensidad y frecuencia, podría acontecer que las aguas del remanso accidental volviesen en rollo sobre la presa, produciendo escasos y reparables trastornos, como no fuese en la salida de fondo, si se conservase. Un aliviadero por túnel sería caro y no fácil, pues así son los túneles amplios para instantes de violencia y conservación de cuidado en rocas caolinizantes, que pueden sostenerse más o son caras de revestido. Por fin, la solución por la presa o aliviadero artificial que se lograse por la pseudogarganta del camino del puente de Chinchela tendrá muchos inconvenientes por la obra, y más que nada por la defensa de los terrenos al vencer el camino hacia la Ermita y labrantíos de las laderas de la derecha.

Para terminar las observaciones sobre el aliviadero, hemos de confesar que sólo la preocupación de la colmatación que en el vaso pueda producir la integración erosiva de las arenas es la que nos conduce a recordar aliviaderos en torre, comunicándose con la presa en diámetro suficiente para absorber la avenida, con altura poco menor de la presa, por diversas ventanas ampliables a diferente altura. En el funcionamiento hay una succión violenta de arena, fenómeno que podría enlazarse con una remoción, por aire comprimido, por ejemplo, de las arenas anteriormente depositadas y las cuales es de suponer se pondrían en marcha con la tromba del agua para un vaciado y limpieza inmediata, aun cuando con la duda de que fuese perfecta, porque las arenas depositadas por el río, vistas al binocular, se componen de granos cuarzosos y redondeados de pocas décimas de milímetro a 2 mm.; otros granos son cristalinos, pero con inclusiones, menos de feldespato sano, micas blancas, negras y paragonitas, granos de óxido férrico y alguno de wolfram, turmalinas, magnetita, ilmenita, etc., etc., es decir, un conjunto perezoso y sólo movible en el sitio en que le hostigase un flúido violentamente; dudo si este problema merecerá estudio especial.

Ataguío.

Los prolongados estiajes debidos a las condiciones climatológicas de esta cuenca dan lugar a la extraña condición de la facilidad para comenzar la construcción. La escasa cantidad de agua para el álveo permite, en tiempos prolongados de sequía, la construcción de

un muro que aisle un estribo, dejando circular el agua entre el otro y la ataguía levantada, y después de la mitad de la fundación se procede a la inversa, estando en esos tiempos en condiciones de dominar el río, que en el estrecho tiene poco aluvión y descubierto el álveo sano, a poco que se limpie de los cantos. Tampoco habría inconveniente en perforar con una galería curva el estribo izquierdo, desde el Vale dos Sapos a la curva de la *Fieiteira*, y en ese caso se facilitaba aún más la construcción de fondo y aun la excavación de dos zanjas profundas que abarcasen la obra para rellenarlas con rastrillo, y las cortinas de prolongación contra las subpresiones en sondeos más próximos que se necesitasen para enlazar las inyecciones de unas a otras fisuras, si las hubiese dado, observaciones ya insertas al hablar de las condiciones de la roca y que variaran según las incidencias de testigos, fisuras y pruebas de agua e inyecciones de impermeabilidad.

Clase de presas. - Consideraciones acerca de su construcción. - Toma, Central y desagüe (1).

En la obra es tan importante la decisión de la clase del muro de cierre como la disposición relativa de la Central con la entrada y salida de agua; es decir, colocación subterránea o externa de la fábrica de electricidad.

Las distintas clases de presas que han de ser propuestas a la elección de los Ingenieros civiles del Estado son:

- 1.^a Presa de gravedad, recta o arqueada.
- 2.^a Presa-bóveda o en arco.
- 3.^a Presa de arcos múltiples, sin armadura.
- 4.^a Presa recta de contrafuertes.

En el caso de presa de gravedad, que iría bien en este emplazamiento por su fácil ejecución, quizás fuese conveniente abrigar los estribos en las sendas, depresiones o pequeños barrancos de los estribos: Val dos Sapos, en el izquierdo, y Abeleira, en el derecho.

La fácil construcción de esta clase de presas, el estrechez del cañón, abundancia de roca para hormigón corriente o ciclópeo y la posibilidad de rápida distribución con canaletas sin separación de áridos o con vibración, hace que la consideremos como la más factible, y a ella referiremos los argumentos y la organización general, por lo cual no insistimos como apartado especial.

(1) Véanse planos 5.^o y 6.^o con clase de presas y casa de máquinas.

Presa-bóveda. — Algunas consideraciones acerca de la posibilidad de cierre con presa de arco.

El estrecho de Madeira, solamente en su tercio inferior, podría ser utilizado para instalar una presa en arco, y ello después de llegar en ambos apoyos a la roca sana y elástica, lo que desde luego ocurriría a poca penetración que se diese a la labor en esa zona inferior; pero el resto del corte, en nuestra modesta opinión, no ofrece perfil apropiado para resistir el arco. No obstante, el natural deseo de reducción del cubo de la presa de gravedad nos lleva a la consideración de que si la altura de la presa tuviese menos elevación, por ejemplo, de 30 a 40 m. de altura, de la cota 428 a las 465 (37 m.) o 475 (47 m.), se podría levantar en el apoyo izquierdo otro estribo artificial, pues el derecho es casi seguro que daría pronto roca sana y unida para buena propagación de la onda elástica. Por fin, aun podrían levantarse dos sendos apoyos, bien contruídos, delante, y bien afianzados en los paramentos de los dos estribos, y en ese caso, y según lo que, con economía ventajosa, se pudiesen levantar estos estribos artificiales, se podría hacer el proyecto de cierre-bóveda hasta la altura que no nos decidimos a proponer sin la colaboración del Ingeniero proyectista, que orientase el formulario a contestar. El o los estribos elásticos han de estar apoyados en granito absolutamente sano; a poca deformación, podría correr peligro el arco calculado.

En nuestra experiencia de presa en arco, por contribuir en un dato, contamos el consejo del apoyo derecho de la de Alloz (Navarra), cuya presa, después de construída y lleno el embalse, no dió en la triangulación más deformación que 2 ó 3 mm., aguantando ambos apoyos, natural y artificial (derecho), con la elasticidad de la caliza unida.

El estudio del Cóa se refiere a un arco puro, altura de 100 m.; espesor en la base de 21 m., con apoyos de contrafuertes en la parte superior.

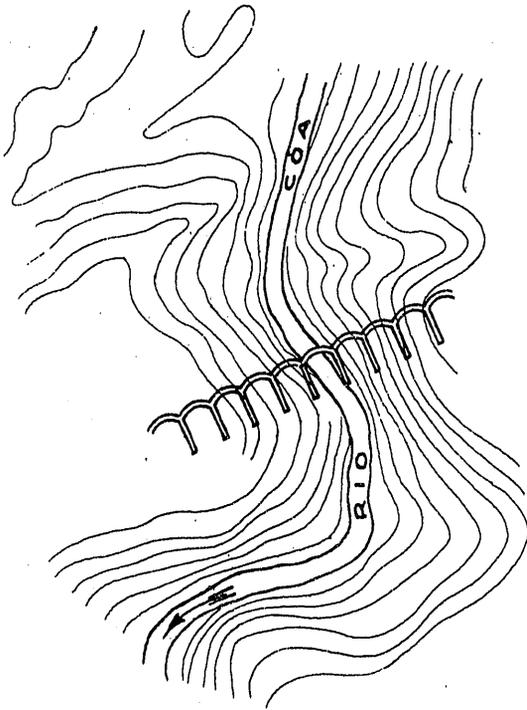
Presa del Cóa, de arcos múltiples.

Perfecta en teoría, encontramos ampliado el defecto del apoyo desigual de los arcos: unas veces, logrado en roca sana, con posible transmisión de onda elástica, y otras, en apoyo compacto, pero caolinizado y absolutamente algo deformable ante una carga empujada con rapidez. La agravante se encuentra en el arrastre de unos a otros arcos, tengan o no armadura.

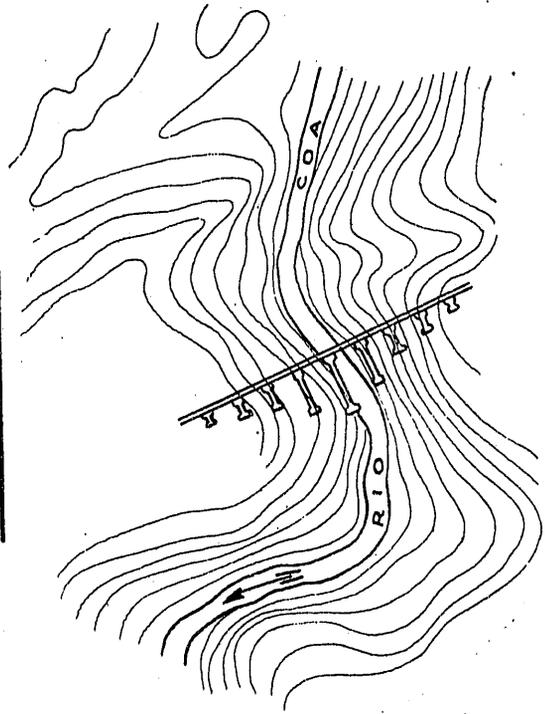
Por fin, la economía de menor cubo quedaría anulada por la hechura más perfecta de los arcos y el esmero en apreciar la mayor igualdad en los apoyos de la roca y en la altura a que se llegase.

FIGURA Y COLOCACION DE LOS DISTINTOS DIQUES DE CIERRE.

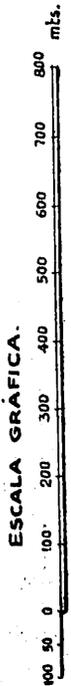
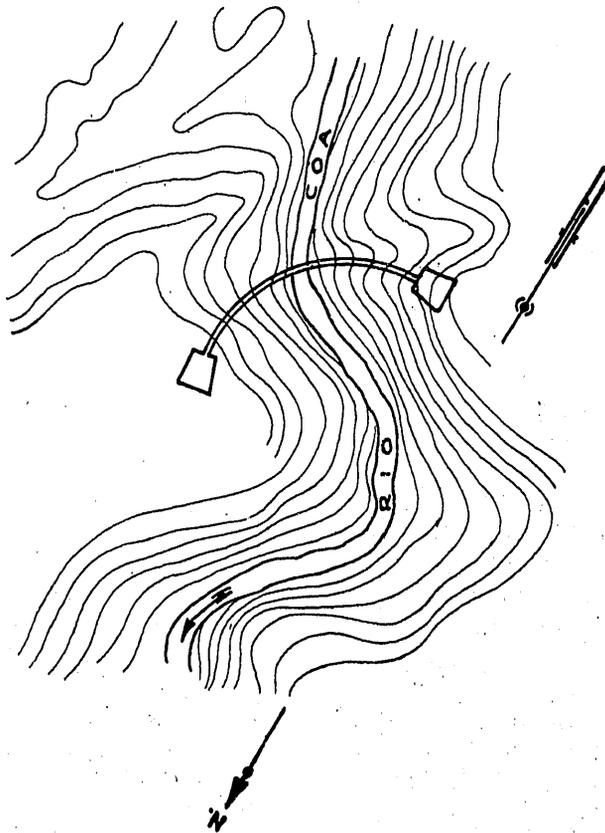
ARCOS MÚLTIPLES.



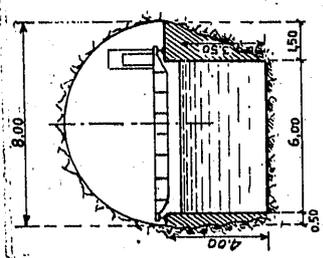
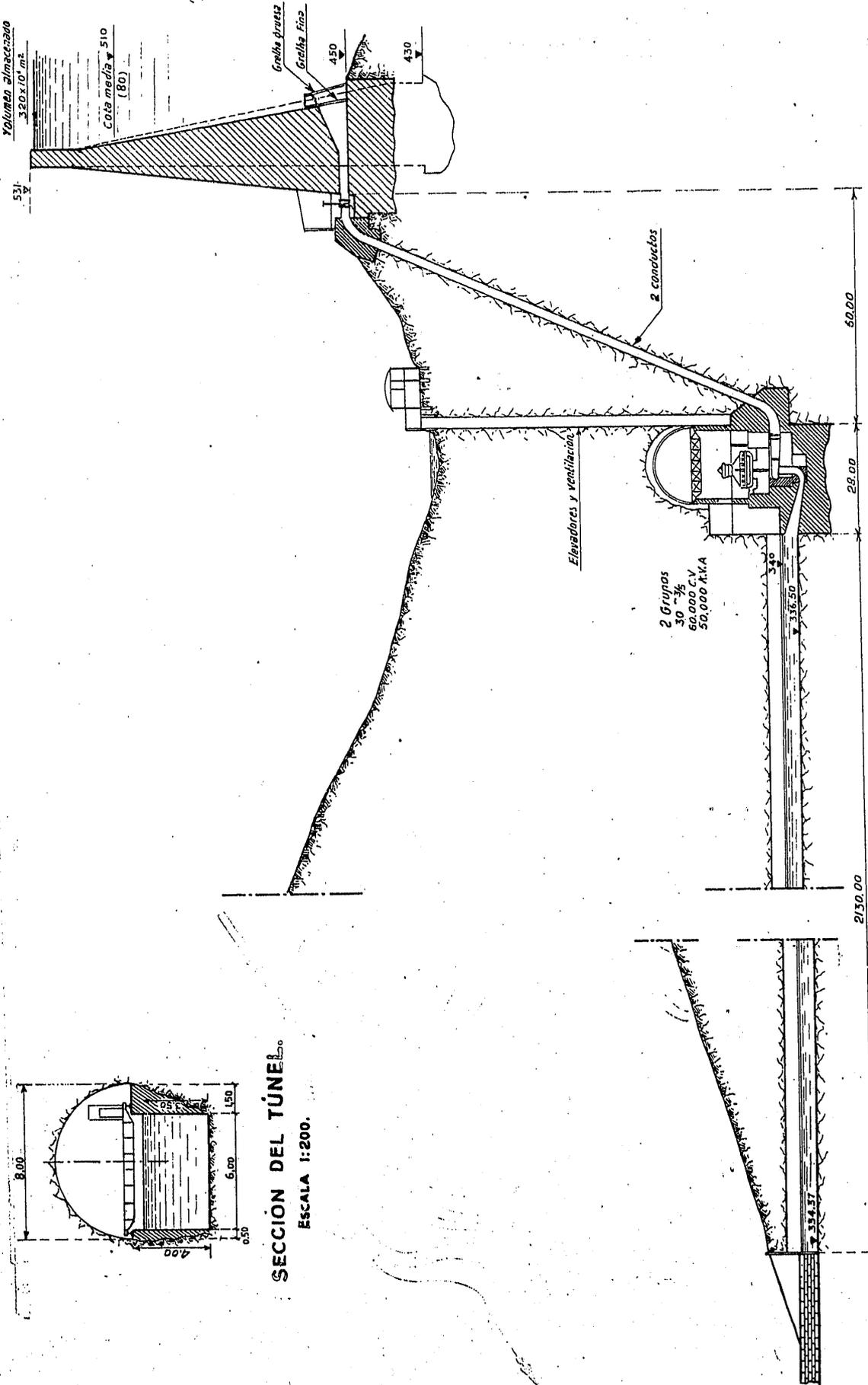
CONTRAFUERTE.



ARCO PURO



PLANO 6.º



SECCION DEL TUNEL.
ESCALA 1:200.

Tercera solución. Central interna.

Presa recta de contrafuertes.

Parece mucho más lógica esta solución en nuestro cañón estrecho. El volumen de la presa, por su delgadez y forma recta, representaría una cubicación mucho menor, y los contrafuertes, de factura y colocación más fácil, tendrían apoyo casi individual mejor que en los arcos. Quizás convendría hacerlos bastante en contacto, con cabeza poligonal y junta de dilatación en las cabezas y sólido empotramiento en los puntos distales de la presa.

De cualquier manera, recomendamos la fundación en granito sano de los contrafuertes y la observación de mayor gasto en la construcción de las presas que no sean de gravedad.

Central subterránea.

Esta práctica de construcción de la Central internada en la roca, llevada a cabo en fábricas de Saboya y Suiza, es, sin duda, más económica que el túnel forzado con chimenea de equilibrio. En nuestro caso, según los diseños recibidos del Consejero Sr. Tavares, se disminuye la longitud del túnel de 2 000 m. en esta descarga subterránea a 2 600 más la chimenea en la marcha forzada y Central externa; además, es muy importante tener en cuenta que el túnel de vaciado no necesita revestimiento de cemento armado y cualquier defensa sería mucho más sencilla y menos costosa.

El reverso o contrapartida de esa solución, que ha de apreciarse en evaluación económica, está en el examen atento de los puntos siguientes:

1.º Cámara grande, en roca sana o bien revestida a profundidad (100 m. (?)). Requiere un reconocimiento por labor de pozo (elevación de escombros) y probable desagüe, con sus contingencias. Hay que emplear medios mecánicos con fuerza auxiliar.

2.º Previsión de ondas de ariete, tanto en el pozo de bajada como en el empuje del aire por el túnel de descarga desde la salida, por elevación rápida de la riada.

3.º Sobreprecio en todas las labores de excavación y fabricación de la Central, y más todavía en la perforación del túnel, sobre la traza del cual tendrán que profundizarse uno o dos pozos (de unos 60 m.), a más del que haya de servir para la excavación y ensanche de la Central subterránea.

Presa de gravedad.

Sobre las observaciones generales que han sido hechas en el lento y ordenado recorrido del cañón, deseamos subrayar, a modo de pronunciamiento, si no favorable al menos de atención, acerca de la primera solución de presa de gravedad y Central exterior, con los puntos de vista siguientes:

A) Economía en el metro cúbico de hormigón por perfil fácil y costumbre en manejo de mezclas y conducción de canaletas, pudiendo emplearse hormigón ciclópeo.

B) Facilidad en la perforación de la galería a presión y chimenea de equilibrio, si se practica embutida en la roca, porque los escombros, lo mismo en las ventanas de los barrancos, en los cortes con la galería, que en la subida de la chimenea desde la Central, los escombros verterían por gravedad a las escombreras del río. Práctica muy conocida de los mineros portugueses.

C) Construcción y corriente, y al borde de la carretera, de la Central de Nuestra Señora de Monforte, puente de Chinchela.

Preferencia de seguridad y fácil ejecución en las distintas soluciones:

1.ª Presa de gravedad: Dadas las canteras de piedra y arena, métodos y práctica conocidos, la presa sería segura y de rápida construcción (200-500 m.³ d.), unidad económica, pero mayor volumen.

2.ª Presa recta de contrafuertes: Menor cubo. Construcción y fundación de los contrafuertes de modo esmerado, con algún encarecimiento.

3.ª Presa en arco: Poco volumen. Construcción escrupulosa. Estribos elásticos independientes o apoyados sólo en puntos de granito sano. Nos ponemos a la disposición del proyectista especializado para responder a sus cuestionarios y preguntas.

4.ª Presa en arcos múltiples: Observaciones análogas, con las mismas observaciones y ofrecimiento de colaboración.

5.ª Dentro de la seguridad, la solución tercera (plano) sería la más económica: Central interna. Salida de la galería de descarga (200 m.) sin armar. Presa recta de contrafuertes o gravedad. Hay que proceder al reconocimiento de la excavación, lograda por pozos.

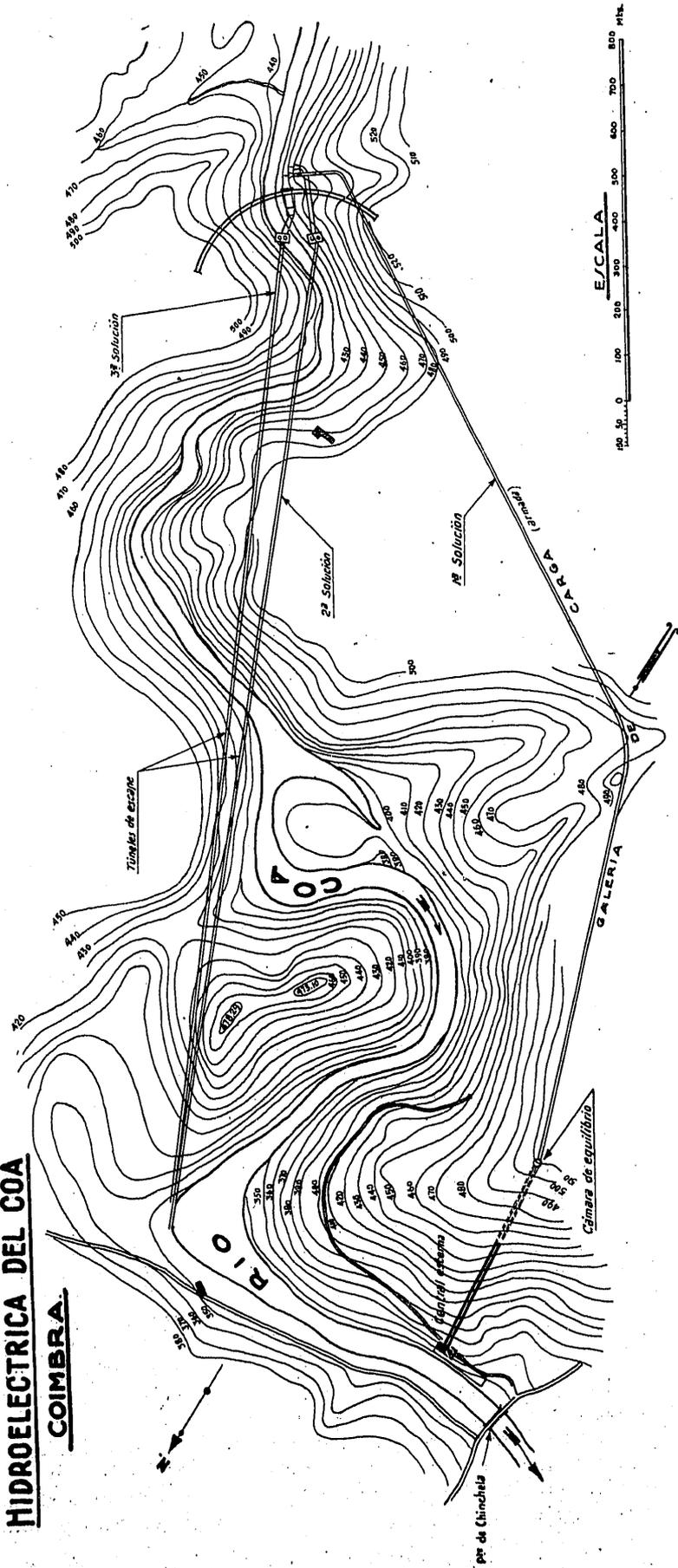
Sondeos.

Antes de proponer la decisión de presa y Central, aconsejamos como imprescindibles sondeos en el río, centro y laderas, que a profundidad de unos 30 m. por bajo del álveo del cauce demuestren, con corona de rotación (diamantes o vidias (wolfram), el testigo continuo con la roca y la apreciación de fisuras y su prueba de agua a 10 atmósferas.

Se pueden iniciar dos series que entre ellas comprendan los paramentos de la presa. Si no faltan los testigos compactos y no hay pérdidas de agua a los 30 m., quizás se puedan dar por buenos (sin contar el caso de Central subterránea). En caso de anomalías, se deberán repetir sondeos intercalares hasta llegar al paramento de distancia, que pueda servir de norma a la cortina impermeable.

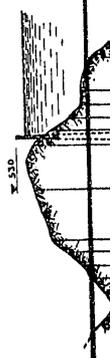
PLANO DE SOLUCIONES SUBTERRANEAS Y EXTERNA

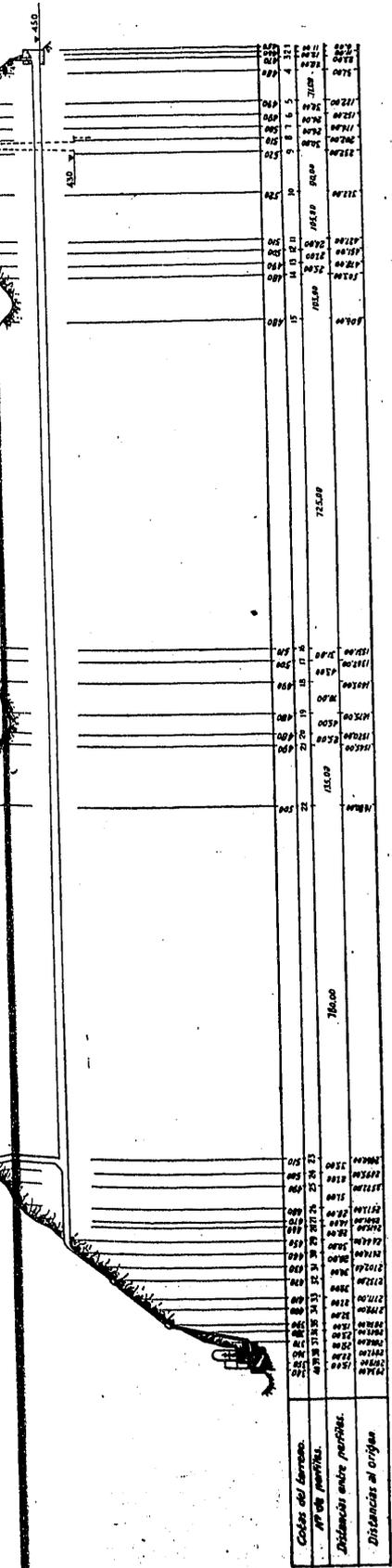
HIDROELECTRICA DEL CÔA
COIMBRA.



PERFIL LONGITUDINAL.

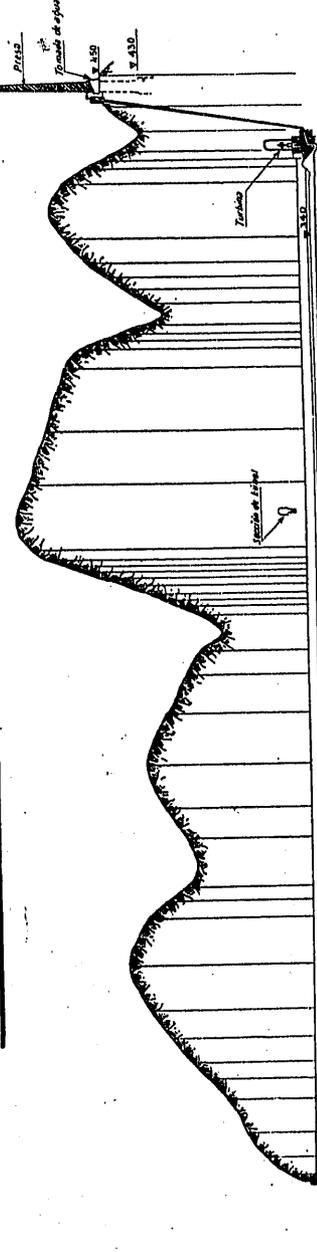
1ª SOLUCIÓN





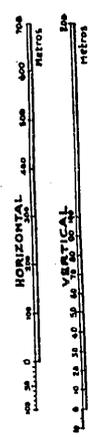
Distancias al origen	Distancias entre perfiles	Altura de terreno	Altura de perfil
0	0	100.00	100.00
10	10	100.00	100.00
20	20	100.00	100.00
30	30	100.00	100.00
40	40	100.00	100.00
50	50	100.00	100.00
60	60	100.00	100.00
70	70	100.00	100.00
80	80	100.00	100.00
90	90	100.00	100.00
100	100	100.00	100.00
110	110	100.00	100.00
120	120	100.00	100.00
130	130	100.00	100.00
140	140	100.00	100.00
150	150	100.00	100.00
160	160	100.00	100.00
170	170	100.00	100.00
180	180	100.00	100.00
190	190	100.00	100.00
200	200	100.00	100.00
210	210	100.00	100.00
220	220	100.00	100.00
230	230	100.00	100.00
240	240	100.00	100.00
250	250	100.00	100.00
260	260	100.00	100.00
270	270	100.00	100.00
280	280	100.00	100.00
290	290	100.00	100.00
300	300	100.00	100.00

PERFIL LONGITUDINAL.
2% y 3% SOLUCIÓN



Distancias al origen	Distancias entre perfiles	Altura de terreno	Altura de perfil
0	0	100.00	100.00
10	10	100.00	100.00
20	20	100.00	100.00
30	30	100.00	100.00
40	40	100.00	100.00
50	50	100.00	100.00
60	60	100.00	100.00
70	70	100.00	100.00
80	80	100.00	100.00
90	90	100.00	100.00
100	100	100.00	100.00
110	110	100.00	100.00
120	120	100.00	100.00
130	130	100.00	100.00
140	140	100.00	100.00
150	150	100.00	100.00
160	160	100.00	100.00
170	170	100.00	100.00
180	180	100.00	100.00
190	190	100.00	100.00
200	200	100.00	100.00
210	210	100.00	100.00
220	220	100.00	100.00
230	230	100.00	100.00
240	240	100.00	100.00
250	250	100.00	100.00
260	260	100.00	100.00
270	270	100.00	100.00
280	280	100.00	100.00
290	290	100.00	100.00
300	300	100.00	100.00

ESCALAS



PLANO 7°

Los cinco sondeos supuestos de las sendas series de sondeos en ambos paramentos, deben colocarse inicialmente: en las uniones de la banquetta del álveo con los cantiles más verticales de los estribos (en el cañón), y los otros sondeos extremos, en la mitad de altura, antes de llegar a los 100 m. y con la separación del río que permitan las inclinaciones de las laderas acantiladas de los estribos.

En las anomalías de testigos y fisuras aconsejamos, como importante, el examen y consejo del geólogo que vigile la obra en los puntos delicados: fundación, rastrillos, subpresiones, galerías a presión, etc.

La observación atinada y precoz del especialista representa economía y acierto.

En el plano del estrecho marcamos la zona donde deben ubicarse los sondeos de investigación para la presa.

El lugar, interno, para la excavación de la fábrica subterránea, debe reconocerse previamente por medio de pozo y ensanche, elevando escombros y atendiendo, si fuese preciso, a dominar el nivel hidrostático. Las máquinas pequeñas de extracción y bombas deben ser modernas y ágiles, movidas eléctricamente.

Los sondeos empezados en abril van acusando testigo continuo, sin faltas de roca, unida y compacta.

Canteras. — Instalaciones.

Como ya hemos dicho, por clase de piedra y por proximidad de la carretera para llevar maquinaria y cemento, convendría la cantera en la ladera derecha; ahora bien: como la roca debe ser sana y la cantidad de piedra producida en el quebrantado ha de oscilar de 200 a 500 m.³ diarios para los 200 a 500 m.³ de hormigón de la jornada, convendría cantera de unos 15 a 20 m. de altura en su tajo y algo alejada de la superficie para evitar la clase caolinizada, que es la más meteorizada. Como, por otra parte, la altura de los estribos se aplana al llegar a la especie de terraza irregular que corona el paisaje a eso de los 600 ó 700 de cota en lejanía, nos convendrá situar la cantera lo más cerca posible de la ubicación desde la cota 510, poco más o menos, y acomodarla en cuanto la topografía marque altura suficiente y la clase sea ya sana; suponemos que estas condiciones se cumplirán hacia la parte alta y SE. de la ladera, mirando hacia el camino a la casa nueva y la Areia, pero para proceder acertadamente hay que hacer calicatas. Los tiros, en estas canteras que si no se alejan del río no llegan a mucha altura, ni pueden ser grandes, es decir, preparados con registros como en canteras de gran frente y explanación, o sea, que en Madeira, después de tiros hasta de 50 ó 100 m.³, se taquearán los bloques y se cargarán a mano o con cuchara pequeña en el pequeño tren que, paralelamente a la cornisa, conduzca la roca a la planta de quebrantado, dispuesta en escalón paralelo inferior.

Quebrantado.

En las actuales circunstancias quizás no se pueda disponer, como se desee, de un sistema de bajajo oscilante, que parece un excelente procedimiento para producir buena cantidad de trozos y poco menudo; también se pueden instalar quebrantadoras de mandíbulas o bocartes.

La arena habrá que producirla con los menudos del machaqueo, en molinos de bolas o de martillos, para lavarla después y quitarle la parte más arcillosa.

La arena de las acumulaciones de los barrancos en el cauce es buena: granos de uno a dos milímetros (o menos) de cuarzo cristalizado o con inclusiones de turmalina o anfíboles, feldespato sano, algo de mica y óxidos de hierro, limenita, algo de wolfram y casiterita, etc.; buena arena, pero en acumulaciones escasas.

Respecto al hormigón debe cuidarse que la roca sea sana y de una densidad, ya mezclada, de unos 300 kilogramos.

La distancia de las laderas, en la parte más gruesa de la presa, no justifica, a nuestro entender, la instalación de un blondín; aun cuando podría funcionar bien con este aparato, quizás se marche bien sólo con canaletas y tableros de vibración al verter, para establecer la mezcla de los áridos con la masa.

En esta parte SE. (Abeira) pueden situarse parte del poblado, laboratorio de probetas, etc., mientras que los silos de cemento quizás estén mejor en la parte NO., sobre las instalaciones de mezcla.

Instalaciones con perforación de roca. — Galería de carga. — Chimenea de equilibrio.

La roca de la galería de 2 600 m., que va de la presa a la fábrica, lo mismo que la chimenea de equilibrio, de 30 m., tiene los mismos motivos de debilidad que hemos enunciado en la reseña geológica: litoclasas, adheridas en general fuertemente por fricción de los bloques y muy raras veces despegadas, y filones de caolín producidos por esas mismas fisuras y corrimientos con enérgico meteorismo.

Por lo demás, la roca es compacta a la profundidad que no llegan las aguas activas meteóricas; después, hacia la superficie, va aumentando la caolinización meteórica.

Las fisuras entre bloques, lo mismo que los diques de caolín en las galerías o chimeneas, se pueden aislar por un cerramiento o anillo completo de mampostería (ladrillo) que evite el contacto de la fisura o parte blanda.

La galería (2 600 m.) pasa, según su traza en el plano, varias veces cerca de líneas de vaguada (talweg), en las cuales el espesor de roca hasta la superficie disminuirá; pero en la mayor parte del recorrido,

el espesor de la roca, considerándola unida, tendrá más peso que el equivalente a los 70 m. de agua de la presión de la corriente desde que entra en la galería; pero como puede haber bloques de las fisuras poco encajados o accidentes que pasen desapercibidos, si lo permitiesen los medios económicos del establecimiento y explotación, nos agradecería aconsejar el armado de toda la galería con cemento, hierro en hélice amplia y generatrices del cilindroide, por ejemplo, y la seguridad sería completa.

La galería se debe principiar, por lo menos, desde la bocina de entrada en el estrecho y en la chimenea, y además, en la línea de vaguada de un barranco que marcamos en el plano, que es el cauce de un barranco y en cuya vaguada se pueden colocar otros dos avances para la galería, que así tendría cuatro frentes.

Las escombreras serían fáciles, pues como están en fuertes escarpes de las laderas y, ya pasada la presa, los escombros no serían problema sino durante la perforación, pues en cuanto circulase el agua del río regularizado, anularía los conos de deyección de escombros.

En la chimenea y en la conducción desde ella a las turbinas, opinamos, siendo dos los grupos, utilizar distribuciones separadas y no en tubo bifurcado o *pantalón*, el cual, con la trepidación constante, se ha cortado alguna vez (Navia) en una fisura de muy pocos milímetros, y en instantes se tuvo que parar la fábrica, pues la rotura se abría con rapidez, saliendo el agua destructora con fuerza de ariete.

Las tuberías de chapa en las chimeneas tienen, a

veces, la contingencia de sufrir una succión en vacío, lo que puede producir un aplastamiento en el tubo si está aislado, o si dentro de la roca no está adherido a ella puede sufrir, decimos, un plegamiento que inutilice la conducción, lo cual se habría evitado conservando el tubo de roca con generatrices de armadura o pegando, con inyecciones, el tubo a la roca a través de perforaciones en la chapa, para lograr la adhesión de la tubería a la roca labrada para recibirla.

Para que la chimenea de chapa no padezca con la vibración, ha de sujetarse con engatillados fuertes a los crestones, en las laderas graníticas del descenso, o de otro modo, es preferible alojar el conducto, labrado, dentro del macizo rocoso, con la armadura precisa (hélice y generatrices).

Esto nos ha hecho buscar y señalar en el plano un montículo redondeado de roca sana a pocos metros de la Central, con la tubería de bajada y la entrada del agua de la galería alimentadora.

Como resumen, podemos afirmar la posible construcción de la presa de cierre proyectada, en cuanto a resistencia e impermeabilidad, guardando las prescripciones indicadas en cada caso constructivo.

Debe concederse atención al cálculo de la máxima riada, y buen funcionamiento, constante, de las alzas automáticas.

Observación sobre la erosión caolínica, por sus posibles obstáculos sobre la presa.

Consideramos precisa la vigilancia geológica durante la construcción de la presa, galería y fábrica.