

CONDICIONES GEOLOGICAS DEL

PROYECTO HIDROELECTRICO DE LA CABRERA, (al Este de Popayan, Depto. del Cauca)

El Proyecto Hidroeléctrico de La Cabrera, ^{situado a unos 15 km rectos al SE de Popayan y} calculado para producir 10.000 Kw en un recorrido de 7 km de canal de conduccion de 6 m³/s de agua del rio Cauca ~~de~~ ^{con} 190 m de caída, a un costo estimado en alrededor de 600.-\$ col. Kw, recorre en la mayor extensión ^{el terreno de} la parte alta de la carretera Popayan-Coconuco, entre la boca-toma de Puente Real del rio Cauca (Sur) y la casa de la hacienda de La Cabrera. Desde ahí, la tubería de presión desciende en una pendiente brusca ~~mixta~~ al sitio de la planta a orillas del Cauca. Al corto y favorable desarrollo topográfico se agregan las buenas condiciones geológicas.

Como referencia topográfica se usa ~~para~~ ^{del} levantamiento, intitulado: CENTRAL HIDROELECTRICA "LA CABRERA", escala 1:1.000, de Cedelca, Popayan.

Trayectos Geológicos del Proyecto.

La nomenclatura de trayectos y sectores geológicos del Proyecto que se usa en el presente texto, es la siguiente:

- I) Trayecto Superior, entre la bocatomas (Km 0) del Puente Real y el Km 5,3 del canal de conduccion situado en lado interior de la hoyada que sigue al Sur de la de la quebrada del Patico y del Sifon del Patico. Este trayecto está compuesto de las Rocas tenaces del Pesar, cubiertas vastamente por un manto ligero hasta ~~media~~ ^{medianamente} grueso de material de falda proveniente de las mismas. El trayecto en cuestion se subdivide en:
 - Ia) Sector Sur, entre la bocatomas y el Km 4,6, que no tiene problemas de significacion.
 - Ib) Sector Norte, entre los Km 4,6 y 5,3 del canal, donde hay tres sitios deleznales que conviene obviar.
- II) Trayecto Inferior, entre el Km. 5,3 y el sitio de la planta en la hacienda de La Cabrera, compuesto de material andesítico, con Rocas del Pesar en la planta. El trayecto se subdivide en:
 - IIa) Sector Alto, entre el Km 5,3 y el paso del canal por la carretera frente a la casa de La Cabrera que admite un túnel de bajo costo y esquivo un deslizamiento de tobásas (cenizas) en la vecindad de la carretera.
 - IIb) Sector Bajo, entre el citado paso por la carretera y la planta que incluye la tubería de presión y no ofrece problemas.

DATOS GEOGRÁFICOS CONCERNIENTES TOPOGRAFIA

Desde la bocatomas (2204m), el canal de conduccion desciende con un declive del 5 por mil al castillo de agua del lomo aplanado a continuación de la casa de La Cabrera. La Tubería de presión baja desde este sitio en una longitud aérea de 480 m a la planta, situada en la cota 2000.

Las unidades topográficas que componen el terreno del Proyecto son: el cordón del Pesar al Occidente (altitud alrededor de 2700m), la hoya profunda del rio Cauca (2200 hasta 2000 m) y el cordón oriental con superficie de plano residual (2600 a 2700m). Debido a que el cordón del Pesar se hunde hacia La Cabrera, formándose así el amplio

boqueron de La Cabrera. La anchura de la hoya del Cauca entre el cordón del Pesar y el cordón oriental se estima en $1\frac{1}{2}$ hasta 2 km.

El terreno del lado occidental del río Cauca que ~~se refiere~~ se refiere al Proyecto, se divide en la falda erguida del cordón del Pesar y en el cañón estrecho del río Cauca que ~~se va~~ profundizándose hacia el sitio de la planta donde termina. Entre la bocatoma y el Km 2,340 (casa de Eduardo Piso) donde el canal pasa definitivamente encima de la carretera, el trazado sigue mayormente la parte alta del cañón del río Cauca con pendiente en parte próxima a la vertical. De ahí en adelante sigue por la falda erguida del cordón del Pesar hasta salir a la carretera en la zona de La Cabrera, o sea al término N del cordón, adelante del cual el terreno es suave hasta el castillo de agua.

La pendiente entre la cumbre del cordón del Pesar y el canto del cañón del río Cauca ~~no~~ presenta escalonamientos irregulares con pendientes de más de 50° y de 40 a 50° , siendo pocas las pendientes de menor declive, sobre todo en el trazado del canal. La erosión de los pequeños afluentes que descienden desde el cordón hacia el río Cauca, en general no han producido entrantes fuertes, excepto las de la quebrada La Honda, una ~~quebrada~~ quebrada pequeña en el Km 4,6 y la quebrada Patico que obligan a poner especial atención al paso del canal. La ~~del~~ ^{del} Patico ^{ha} podido incidir en terreno geológico blando, lo cual ha motivado ^{de antemano} la colocación de un sifón.

Los sitios de la bocatoma y del desarenador se hallan en un pequeño plano alomado del Puente Real, en condiciones muy estables.

El último trayecto del canal pasa por el terreno ~~ampio~~ ^{con una pendiente intermedia suave} del boqueron y la tubería de presión desciende por un paredón ~~y luego por una terraza~~ hacia la vega pequeña del Morrito donde se halla el sitio de la planta. Todo este desarrollo se presenta en terreno sólido ^{de rocas blandas de roca, ni}.

En el terreno del trazado del Proyecto no se observan deslizamientos ni asentamientos del terreno, excepto en la parte alta de la quebrada del Patico, en la quebradita del Km 4,6 y en el Km 3,45. Aún en los pocos sitios donde la pendiente es menor de 30° y el terreno notablemente blando está cortado por la carretera (el canal no pasa por esta clase de pendientes), no se observa movimiento de tierra.

En relación con estos datos geográficos merece llamarse la atención hacia las condiciones favorables de caudal del río Cauca en el período de sequía de Junio a Agosto que es típico para el terreno al Occidente de la cumbre de la Cordillera Central. En ese período reina en la citada cumbre un período de lluvia provocado por vientos y hubes orientales que alimenta la cabecera del río Cauca y ~~produce~~ produce crecientes fuertes que se hacen sentir hasta abajo de Popayan. En lo que va transcurrido del presente año, los lapsos anormales de sequía y de lluvia se han producido ^{por excepción} simultáneamente entre el área al Oriente y al Occidente de la Cordillera Central, lo cual explica la reducción inusitada del caudal en los lapsos de sequía. Esta reducción se puede compensar fácilmente con el aporte del agua del río Grande (de Coconuco) que vierte al Cauca a corta distancia abajo de la bocatoma del Proyecto.

~~En algunas zonas del sector Norte del trayecto superior, la quebrada Patico está a considerable distancia arriba y abajo del paso del sifón. En la hoyada del Km 4,6, el canal lo atraviesa en un terreno de fuerte declive, chapado por tres hoyas vertientes en la parte central y septentrional, que ocasionará serias dificultades al intentar el paso. Igual prevención hay que tener en el material gredoso de la abscisa 3,450.~~

El conglomerado solo se halla en la parte alta del cañón del río Cauca, abajo de la saliente de roca del Km 0,250, donde va recu-

GEOLOGIA

Litología.

Las rocas, y los materiales poco consolidados, que componen el terreno del Proyecto, se agrupan y se distribuyen de las más reciente a más antiguo así:

- III-b) Material de falda del Trayecto Superior. Holoceno hasta Pleistoceno
 - III-a) Cubierta de toba andesítica, presente en una longitud de 200 m del trazado en la zona de la casa de Petronilo Puscuz, en el lado Sur del cruce de la carretera en La Cabrera. Holoceno o Pleistoceno Superior.
-
- Desconformidad erosiva
- II.- Formación de Popayan, que caracteriza el Trayecto Inferior del Proyecto. Aglomerados y lavas andesíticas. Plioceno. Inconformidad (discordancia) fuerte
-
- I.- Grupo del Pesar o Rocas del Pesar, que forman el Trayecto Superior. Rocas intrusivas y extrusivas y sedimentos marinos del Cretáceo.

El material de falda del Trayecto Superior, hasta donde se observó, consta exclusivamente de cantos y guijarros ^{pesados} del grupo del Pesar, y de gredas pardas provenientes de la descomposición de este. Según el tamaño y la distancia del transporte, se pueden distinguir: 1) material de cantos grandes ^{entrabados} con fragmentos pequeños, y pegados con escasa matriz gredosa; ^{no} susceptibles de deslizamientos y asentamientos y favorables para todas las obras del Proyecto; 2) material de cantos medianos y pequeños con alta proporción de greda, firmes en posición natural, pero no suficientemente sólidos; 3) material gredoso con poca cantidad de cantos pequeños, dado al deslizamiento, material de conglomerado de tamaño grueso (de una cabeza) bien compactado y resistente.

El material de cantos grandes forma ^{primeramente} la cubierta ~~kaya~~ de las partes de la falda que tienen fuerte pendiente y tienen gran extensión en el trazado del canal. El espesor en la mayoría de los casos es de 1 hasta 3 m, de manera que el canal reposaría mayormente en la Roca del Pesar y donde esto no es el caso, el material ofrece una gran resistencia al peso. En segundo lugar, se halla material de bloques en la planada alomada de la bocatomá-desarenador donde los bloques son grandes, y de gran resistencia como base de las obras.

El material de cantos medianos se halla en las faldas de pendientes del 40% a 50%, con un espesor variable que se estima en 1 m hasta máxime 5 m. Su presencia en el trazado evidentemente es ocasional y se definirá con la construcción ^{de} trincheras acordadas.

El material arcilloso de falda, en parte eluvial, es típico de algunas zonas del Sector Norte del Trayecto Superior. En la quebrada Patio está a considerable distancia arriba y abajo del paso del sifón. En la hoyada del Km 4,6, el canal lo atraviesa en un terreno de fuerte declive, complicado por tres hoyas vertientes en la parte central y septentrional, que ocasionará serias dificultades al intentar el paso. Igual prevención hay que tener en el material gredoso de la abcisa 3,450.

El conglomerado solo se halla en la parte alta del cañón del río Cauca, abajo de la saliente de roca del Km 0,250, donde va recu-

bierto de material de falda arcilloso con bloques medianos y pequeños que no interfieren el canal. La pendiente es abrupta ~~corriendo~~ ^{mostrando} la firmeza del conglomerado y pasa en un largo trayecto por el lado de la carretera. ~~que da al río.~~

La cubierta de toba ~~xxxxxxx~~ andesítica que se halla en la zona de Petromilo Pusuz merece especial atención porque pertenece a una formación moderna de cenizas drojadas por el volcán de Puracé que doquier, aún en terrenos de poco declive, presenta deslizamientos o soliflucción acelerada o se hunde a manera de dolinas. En efecto, también la zona de 200 m en cuya cima se halla la casa de Pusuz está ~~deslizada~~ ^{deslizada} en el lado oriental. El material es arenoso, algo arcilloso y blando, bastante permeable. Ha sido esta la razón para recomendar ~~pasar~~ ^{hacer} el paso de la zona con un túnel que se propone desde la parte Norte del sifón de Patico hasta la carretera. ~~xxxx~~

La formación de Popayan, producto de una actividad volcánica intensa del final del Terciario, que ~~gubre los flancos de~~ ^{guberna} la Cordillera Central ~~xxxxxxx~~ en el Depto. del Cauca y forma la meseta de Popayan, consta en la parte alta de cenizas volcánicas de unos 100 m de grueso que no están conservadas en la zona de La Cabrera. El miembro inferior del cual se conservan en La Cabrera 250 m de espesor (~~en~~ ^{en} el nivel de la carretera entre la casa de La Cabrera y la de Pusuz, y la terraza encima de la planta), consta en dicha zona de aglomerados tobáceos y de bancos de lava. Ellos forman el Trayecto Inferior del Proyecto de La Cabrera. La sucesión de las capas de arriba hacia abajo es la siguiente: ~~1) Aglomerados volcánicos en capas probablemente lenticulares con fragmentos de andesita de tamaño de 0,75m hasta el de lapilli, alojados en una matriz de ceniza compactada, que forman al trayecto entre el Km 5,3 y el castillo de agua. Desde este último sitio hasta la terraza encima de la planta sigue primero 2) un banco lenticular de lava de unos 80 m de grueso, dividido en dos partes que se estrechan al W y al E del paso de la tubería de presión, con disgregación columnar y pendiente vertical hasta fuerte, subyacente por 3) un estrato de unos 60 m de espesor sin afloramientos que forma una pendiente mediana la cual ~~no se entiende~~ ^{se entiende} que consta de aglomerado tobáceo. Entre la base de este estrato y la superficie de la terraza, hay otro escarpe comparable al que forma el banco de lava y que debe corresponder a un banco inferior de lava andesítica, pero que no muestra afloramientos. - La terraza misma muestra un afloramiento de diabasa (Rocas del Pesar) y seguramente está formada en parte por ~~xxxx~~ ^{xxxx} bloques o conglomerados andesíticos de transporte de falda y fluvial. La planta misma queda en una vega ~~xxxx~~ ^{xxxx} erodada en diabasa (basalto). Sobre decir que todo este terreno es de gran firmeza.~~

Las Rocas del Pesar, descritas por Bergt (1891), son un complejo todavía difícil de desenredar, pero más o menos homogéneo en cuanto a su interpretación para obras hidroeléctricas, que consta de intrusivas porfíricas, porfiríticas, diabasas y felsitas ~~xxxx~~ ^{xxxx} extrusivas? porfíricas hasta diabásicas, ~~xxxx~~ ^{de aglomerados, conglomerados y tobacos duros} y de sedimentos de lidita y de esquisto arcilloso silíceo. Estos últimos llevan amonitas aplastadas que fueron determinadas ~~xxxx~~ ^{provisionalmente como} Oxytropidoceras del Albiano (Cretáceo Medio). Todas estas rocas son muy tenaces y duras de perforar. Por presión tectónica han sido diaclasadas ~~xxxx~~ ^{xxxx} considerablemente, sin que su consistencia sufriera y ~~xxxx~~ ^{xxxx} tendieran a derrumbes. En la zona de sedimentos ~~xxxx~~ ^{xxxx} del Km 3, el rumbo es N30E y el buzamiento de 45° al W. A lo largo del trazado, los afloramientos son más bien escasos, pero ~~xxxx~~ ^{xxxx} asoman en los filos y puntas. En los ~~xxxx~~ ^{xxxx} cortes de las zanjas de la falda ~~xxxx~~ ^{xxxx} en el material de falda se observa que la roca está a 1 m hasta 3 m de profundidad. Desde que no es posible

predeterminar el espesor del material de falda que cubre la Roca del Pesar en el desarrollo del canal, se ha recomendado la construcción de trincheras a distancia de 200m, en sitios donde no asoma la roca. -El muro de la presa del Puente Real, de 4 m de elevación sobre el nivel de aguas del río Cauca, queda anclado en la ribera derecha (oriental) en pórfido ~~de roca in situ~~; en la ribera izquierda se observan planchas gruesas del mismo material que indican que la roca sana debe hallarse más o menos a nivel del río. Ella ~~asoma~~ asoma a unos 30 m más al Oeste en un barranco encima del hacinamiento de bloques de pórfido, asimismo que en la punta del Km 0,25. -La planta de La Cabrera está situada en roca diabásica con superficie plana, en un terreno firme a 6 m sobre el nivel del río. Asimismo, el último trayecto de la tubería de presión pasa por esta clase de roca sólida, recubierta de cantos o conglomerados firmes.

~~La superposición~~ La formación de Popayan que se halla tectónicamente apenas plegada y poco dislocada y que en el terreno de la tubería de presión manifiesta ~~una superficie~~ ^{una superficie} inclinación deposicional al SW, se superpone en fuerte discordancia ~~a las rocas del Pesar~~ ^{a las rocas del Pesar}, según se infiere de las condiciones geológicas en la planta y en la quebrada Patico y según se observa en el lado oriental del río Cauca, desde ~~la~~ ^{el} puente de la variante de la carretera de Puracé al Norte.

INTERPRETACION Y SUGERENCIAS SOBRE MODIFICACION EN EL TRAZADO.

Sector Sur del Trayecto Superior (Km 0-Km 4,6)

El muro de la presa no tiene problemas geológicos desde que solo tiene 4 m de alto e irá anclado en la roca porfírica de ambas riberas del río. El lecho del río está formado de bloques del mismo tipo de rocas y su impermeabilización no ofrece problemas técnicos.

El canal entre la boca y el desarenador, y el desarenador, mismo están colocados en un hacinamiento de cantos grandes de pórfido, sentados en roca porfírica sobre un terreno ~~de~~ plano alomado. La firmeza del terreno en relación con las obras es indudable.

En esta misma forma sigue el canal de conducción en el primer ^{felsita} tramo de 80 m donde se encuentra con una saliente de roca de pórfido. Desde aquí se puede presuponer o un túnel o un canal abierto en un trayecto de 350 m de longitud que saldría al primer cruce del canal por la carretera. Como la labor del túnel es en roca muy tenaz y de alto costo, probablemente será preferible cortar solo la nariz de roca del extremo superior (100 a 120m) en túnel y hacer el resto del canal en tajo abierto (conglomerado y material de falda con probables trayectos de roca en el fondo).

Desde que el canal entra a la carretera sigue por esta en un trayecto de 140 m por terreno de ~~material~~ ^{material} de falda en parte gredoso, pero resistente según lo demuestran ~~los~~ ^{los} el banqueo de la vía. Luego, el canal se desarrolla en una pendiente muy fuerte, inmediata al borde oriental de la carretera ^{hasta el cruce de la vía en el Km 2,4} que hace prever terreno firme para el canal, pero estando cubierta la superficie, se ha recomendado hacer trincheras que han de encontrar en trayectos pórfido felsítico y, hacia el km 2 ^(Chorrera Grande) ~~porfirita~~ verde. Mas adelante, hacia el cruce del Km 2,4, la falda es menos pendiente y más gredosa, pero se considera que el material sólido estará a no más de 2 m de profundidad. El cruce del canal ~~por las~~ ^{por las} pequeñas hoyas de las chorreras debe hacerse con viaductos.

A partir del segundo cruce de la carretera en el Km 2,4, el canal se desarrolla encima de la vía y se distancia de ella hasta volver

a cruzarlo en la zona de La Cabrera.

Los primeros 200 m adelante del cruce del Km 2,4 se desarrollan en terreno de acarreo de falda medianamente arcilloso que en forma de prevencio necesitan dos trincheras para conocer el tipo del material. A continuacion, el canal va en una pendiente fuerte, cubierta de una ligera capa de material de falda, con asomo en algunas zanjas de la roca ^{sedimentaria} porfídica. Tanto el material de falda como las rocas ofrecen un terreno firme. En el Km 3,5 hasta 3,7 (aprox.) la saliente porfídica está tajada a pique ~~en~~ y tiene entrantes y salientes, además de una parte gredosa inadecuada para el canal. En consecuencia se propone la construcción de un túnel en este sector, con ventana para aumentar los frentes de avance. Adelante ^{de la salida} de este túnel hacia el lado de la quebrada Honda es preferible presupuestar un sifon que tiene en línea aérea 100 m que acortaría el canal ^{de la quebrada Honda} en unos 400 m, aun cuando el trazado por la hoya de la quebrada va en terreno firme.

Sector Norte del Trayecto Superior.

El canal abierto sigue luego en terreno firme de cantos de material de falda hasta la abscisa 4,69, donde el terreno pendiente ^{y entrecortado} hace preferible construir otro túnel de 70 m de largo, en roca.

Tras otro trayecto de canal abierto, ^{en terreno firme de material de falda} se hace obligatorio construir un sifon entre las abscisas ~~4,70 y 4,69~~ 4,480 y 4,680, de 100 a 120 de longitud aérea, para obviar el terreno gredoso y deleznable que se halla al paso del canal abierto en la parte alta de la hoya del sifon en cuestion.

De ahí en adelante, hasta el término del Trayecto Inferior en el Km 5,3 el terreno de material de falda y de roca es favorable.

Sector Alto del

Trayecto Inferior (Km. 5,3-sitio del castillo de agua o almenara)

Al entrar el canal en el material andesítico que se halla adelante del Km 5,3, pasa por los aglomerados de la formación de Popayan que conceden un piso firme al canal hasta llegar al sifon de la quebrada del Patico cuyas condiciones deleznales en la parte alta obligan a colocar el sifon que fué presupuestado por Cedelca. El sifon baja por una pendiente fuerte de aglomerado andesítico firme y sube luego por el mismo material por una pendiente entrecortada ^{que también es sólida.}

Desde el término Norte del sifon se aconseja hacer un túnel ^{de 1.100 m de} en los aglomerados andesíticos hasta el cruce de la carretera en la casa de Pusuz en vez de seguir por el canal abierto porque primeramente se obvian los deslizamientos de la toba en la zona de dicha casa y sobre todo se puede hacer el trabajo ^{muy económicamente} en sedimentos volcánicos que a la vez son muy resistentes para obras de túneles, y de matriz blanda para el avance económico. El túnel proyectado se hizo en angulo para tener una ventana que permita otros dos frentes de avance. En la zona de Pusuz ^{el túnel} pasa al Oeste de la zona deslizada ~~y~~ en sitio seguro, y ~~se~~ sigue en canal abierto por aglomerado firme hasta la almenara.

Sector Bajo del Trayecto Inferior (Tubería de Presión, Planta)

El terreno en que se desarrolla el sector de la tubería de presión, caracterizado arriba, ofrece condiciones inobjetables.

En la zona de la almenara hay una parte plana bastante extensa, formada en aglomerados andesíticos donde posteriormente se puede instalar un tanque de almacenamiento de agua de grandes dimensiones, en las mejores condiciones. Se ha recomendado hacer ahí un algibe de 7 m de profundidad para demostrar la calidad del material andesítico.

El terreno en que se desarrolla la tubería de presión y la planta, caracterizado al final del capítulo de geología, ofrece condiciones inobjetables, tanto por el aspecto de los bancos de lava andesítica como por el de los horizontes de aglomerados que se hallan encima y debajo del banco de lava superior.

La terraza del 120 m de ancho es en parte pantanosa en la superficie, pero el subsuelo inmediato a la superficie debe estar formado de material de bloques o conglomerados y, cerca del canto de la terraza, por diabasa fresca.

La diabasa aflora en el canto de la terraza y forma el suelo inmediato de la vega donde está presupuestada la planta.

Para probar el material aglomerado andesítico del horizonte que se halla entre los bancos de lava, se harán las trincheras del caso.

En cuanto a los sifones adicionales y los túneles sugeridos, no fué posible todavía indicar con precisión las abscisas y la longitud. Las medidas definitivas se podrán dar una vez restablecido el trazado en el terreno, lo cual coincidirá con la construcción de las trincheras y apiques.

Consolidación de los Taludes del Canal de Conducción.

La pendiente fuerte del terreno del trazado del canal de conducción del Trayecto Superior y de la parte alta del Trayecto Inferior en la zona de Pusuz, hacen necesario una protección contra eventuales deslizamientos desde arriba y abajo del canal, como también contra bloques y material rodado y contra agua del subsuelo.

Para este fin se recomienda la plantación de eucaliptus de raíz vertical en fajas de 30 m de ancho arriba y abajo del canal, en todas las partes donde esto sea factible. Dicho árbol tiene la ventaja de que en 5 años adquiere una altura de 6 a 7 m, que consume por día una cantidad de agua igual a su peso, que no ~~hace~~ da sombra y se convierte a los 7 a 10 años en madera útil. Desde luego, el terreno recorrido por el Proyecto es climáticamente adecuado para el desarrollo de eucaliptus, como se puede ver en los alrededores.

Con el fin de obtener un crecimiento tupido para defensa contra piedras rodadas, se recomienda plantar los árboles a 2 m de distancia. A la medida que van creciendo, se pueden ralear y, al adquirir peso grande a los 10 años, se pueden cortar a 1 m sobre el suelo ~~xxretornaran~~ y retoñarán espontáneamente.

TRINCHERAS Y APIQUES.

Con el fin de demostración a los ~~interesados~~ interesados en contratar la ~~construcción~~ realización del Proyecto Hidroeléctrico de La Cabrera y para disipar dudas sobre el espesor y la calidad del material de falda y de los aglomerados andesíticos ocultos, se ha convenido con el Geólogo del Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico, Doctor Hernando Gutierrez, disponer los siguientes trabajos de cateo:

- 1) Un apique de 4 m en el terreno del desarenador.
- 2) Trincheras en sentido normal en el lado de arriba del canal, a 150 m de distancia en el ~~trayecto~~ sector entre los Km 0,4 y 2,3, en sitios adecuados.
- 3) Trincheras idem, a 200 m de distancia entre el Km 2,3 y el Km 5,3.
- 4) ~~Un apique de 10 m de profundidad en la almenara en la~~
~~planta~~ ^{de 7 m de longitud,} Un túnel en sentido normal al canal, en el ~~Km~~ Km 6½ aproximadamente para conocer el tipo de aglomerado andesítico del túnel propuesto de 1100 m de longitud.
- 5) Un apique de 10 m de profundidad en la almenara ~~xxxxxxx~~ para poner en descubierto el aglomerado andesítico.
- 6) 5 apiques en los sitios donde van colocadas las columnas ~~superiores~~ de la tubería de presión.
- 7) En el sitio de la planta, solo habrá necesidad de despejar la superficie para poner ~~xi~~ a la vista la roca diabásica.

~~XXXXXXXXXX~~

deados de andesita, ~~XXXXXXXXXX~~ favorables para el anclaje.

- e) Anclaje No. 2, en el canto ~~XXXXXXXXXX~~ de la escarpa inferior de la falda. Apique de 5,5 m de profundidad. En material de cantos medianos de andesita con matriz de greda ~~XXXX~~ (talus) que reposa a los 5 m de profundidad sobre ^{roca de} andesita. No hay problema.
- f) Anclaje No. 1, a media falda. Tiene 1,6 m de profundidad, todo ^{roca de} en andesita de segregación en planchas horizontales. Fundamento sólido.
- g) Apique intermedio entre ^{1/4} Anclaje No. 1 y ^{3/4} Almenara, 6 m de profundidad. En greda grasa. Prueba que el terreno intermedio no ~~es~~ favorable, ^{garantizadamente consistente.}
- h) Almenara. Apique de 10 m de profundidad que prueba que la planada de la Almenara no está formada de aglomerado andesítico sino de toba andesítica con fragmentos de piedra pomez. Esto mismo, además el resultado del apique intermedio y la forma anfiteatral (deslizamiento antiguo) de la superficie en el apique intermedio, obligan a colocar la almenara a unos 70 m al NW del sitio proyectado donde el terreno ~~es~~ tobáceo está respaldado por los derrames de andesita. Esto implica un ligero cambio de emplazamiento de la tubería de presión, sin variación de las condiciones geológicas del anclaje.
- i) Túnel proyectado entre la casa de Pusuz y el sifón de Patico. Para definir el tipo de sedimento, se hizo un socavón horizontal de 10 m de longitud en la abcisa 1,325. Hasta los 6 m de distancia de la entrada, el aglomerado tobáceo andesítico está descompuesto. Los últimos 4 m son de aglomerado fresco, constituido de fragmentos medianos y uno grande de andesita, con matriz de toba. La firmeza del túnel ~~es~~ sin enmaderado es perfecta y el costo de construcción muy bajo. Se aconseja por lo tanto presupuestar este túnel de 1 km de longitud que obviará el deslizamiento de las tobas en el sector de Pusuz. En la abcisa 1,910, otro ^{socavón} túnel de 7 m de longitud, prueba también el aglomerado, ^{firmado} en este sitio ~~por~~ cantos pequeños e igualmente resistente para túneles.
- j) Apiques ~~en el terreno~~ ^{de anclajes} del sifón de la quebrada Patico. El apique de la abcisa 1,980, de 5 m de profundidad, se halla en subsuelo firme de aglomerados tobáceos andesíticos. Está situado en la media falda Norte de la quebrada Patico. El apique de la abcisa 2,015 en el borde Norte de la quebrada Patico muestra 2,5 m de material de cantos rodados que reposan sobre arena andesítica gruesa y compacta que da piso firme. El apique de la ribera derecha de la misma quebrada, situado en la abcisa 2,031, se halla en un abanico de acarreo de un afluente de la quebrada Patico y por lo mismo lleva material lodoso que dificulta sostener el apique. Sin duda, el fondo que reposa debajo del fondo del abanico es firme. A media falda del lado Sur de la quebrada, ~~se halla~~ en la abcisa

abcisa 2,055

otro apique

abcisa 2,055, de 5 m de profundidad se halla en arena andesítica compactada, de grano grueso, que es sólida.

Trinchera de la abcisa 2,306, en la quebradita que separa el terreno andesítico de las rotas del Pesar. Cortada en ~~material~~ una punta de material de acarreo del cauce, compuesto de material gredoso con bloques y cantos medianos de andesita y de porfirita. Dada la topografía del sitio, y los pocos metros ~~que se cortaron~~ de corte del canal en este material, ^{este} no implica problemas.

Advertencia: Entre la trinchera de la abcisa 2,300 y la de la abcisa 2810, la roca es porfirítica y se halla ~~profunda~~

~~mucho~~ primero descompuesta y luego disgregada, lo cual facilita la construcción económica de túneles resistentes. Se aconseja ~~utilizar~~ construir ahí túneles en cuanto esto sea aconsejable. Desde el eje del trazado hacia la ^{pendiente} se puede contar con una distancia de 40 a 50 m en que la porfirita está disgregada. En esta forma se obvia la necesidad de hacer cortes altos en el material descompuesto de la superficie. Las trincheras tienen forma de longitud y están de altitud.

Trinchera de la abcisa 2,500, ~~de la abcisa~~ muestra bien la porfirita disgregada apta para túneles, y la cubierta descompuesta de greda.

Trinchera de la ~~abcisa~~ abcisa 2,700. Porfirita descompuesta con poca cubierta gredosa.

La abcisa 2,810 está en el cruce de la quebradita donde se presupuestó el sifon que sigue al Sur del de la quebrada Patico.

Advertencia: Adelante de la abcisa 2,810 ^{hasta la abcisa 3,500} siguen rocas de pórfido y felsitas que están muy poco descompuestas y disgregadas, de manera que conviene evitar ahí la construcción de túneles en lo posible, ~~tanto mas cuanto que son extremadamente tenaces~~. La cubierta de acarreo es escasa y la roca ~~base~~ porfirítica es fresca.

Trinchera de la abcisa 2,900. Muestra acarreo de cantos de rocas ácidas sobre porfiritas y felsitas. Canal en roca.

Trinchera de la abcisa 3,120 en pórfido superficialmente descompuesto y debajo fresco. Canal en roca.

Entre las abcisas 2800 y 3500, la pendiente es fuerte. En la punta de la abcisa 3,240, con salientes y entrantes verticales de pórfido, se requiere un túnel.

Trinchera de la abcisa 3510 en pórfido con capote vegetal encima, a igual que ^{la} trinchera 3300.

Trinchera de la abcisa 3710 (lado S quebrada Honda) en cantos de acarreo de falda y ~~de la~~ quebrada.

^{Apique} Trinchera de la abcisa 3900. Se halla en una planada de poco declive, sin demostración de deslizamiento o agrietamiento. El apique, de 5 m de profundidad, solo ha encontrado greda parda, resistente. La topografía ^{suave} elimina el defecto que podría ser el subsuelo gredoso.

Trinchera de la abcisa 4100 en material gredoso-arenoso con pequeños cantos de porfirita, resistente.

Trinchera de la abcisa 4,340 en ~~acarreo~~ material de cantos con matriz gredosa firme.

Advertencia:

Entre las abscisas 4100 y 4340 es factible pasar con un túnel ya que el terreno es gredoso (con cantos) y permite un avance económico. La superficie debe cubrirse con eucaliptus en una faja de 60 m de ancho.

- k) Trinchera de la abscisa 4,540, en roca felsítica y porfirítica.
- l) Trinchera de la abscisa 4,750. Bloques y cantos con matriz gredosa, de buena consistencia.
- m) Trinchera de la abscisa 4,900. Material de cantos y greda.
- n) Trinchera de la abscisa 5,060. 7 m de cantos pequeños encima de greda oscura.

Advertencia: Entre las abscisas 4,900 y 5,000, el terreno es pendiente, entrecortado por la erosión, y gredoso en el subsuelo. Los cortes de un canal podrían influir desfavorablemente en la resistencia del terreno y por lo tanto se considera indispensable pasarlo con un túnel, económicamente laborable en greda, y revestir la superficie con eucaliptus en una faja de 60 m de ancho.

- o) Trinchera de la abscisa 5,100. Greda con cantos medianos encima de greda pura y compacta en topografía favorable.
- p) Trinchera de la abscisa 5,260 (casa de Piso). Greda compacta con bloques, en topografía favorable.
- q) Trinchera de la abscisa 5,410 (entre la carretera y el río Cauca). En greda parda compacta con bloques y cantos, y pendiente suave. No hay deslizamientos. Terreno adecuado para el canal.
- r) Trinchera de la abscisa 5,560 (entre la carretera y el río). En porfirita disgregada y firme.
- s) Trinchera de la abscisa 5,710 en roca ^{porfirítica} disgregada muy cuarzososa; abajo de la carretera y de la Chorrera Grande. Terreno firme, pendiente fuerte.
- t) Cortes de la carretera al paso del canal. En la abscisa 5,860 hasta abscisa 6,000 conglomerado de bloques, duro, y capas arenarcillosas intercaladas. Terreno favorable para canal.
- u) Trinchera de la abscisa 6,060, encima de la carretera. Bloques angulosos y subangulosos con cantos medianos y pequeños, todo bien entrabado y sólido.
- v) Trinchera de la abscisa 6,340, en el lado Sur de la saliente porfirítica que conviene pasar con un túnel. Tierra vegetal negra encima de cantos entrabados, sólidos.
- w) Desarenador. La superficie compuesta de grandes bloques angulosos de pórfido. Debajo, en un pozo amplio de 4 m de profundidad, material de cantos pequeños sin greda que forman un piso sólido para el desarenador.
- x) Bocatoma. Se hizo en la ribera izquierda del río Cauca una trinchera que va desde la ribera hasta 10 m de distancia de un paredón de pórfido. Subsuelo formado de cantos grandes y medianos de pórfido que reposan en la orilla del río sobre roca de pórfido.

Advertencia: El zanjón que pasa entre la Bocatoma y el Desarenador puede arrastrar ocasionalmente bloques grandes y hay que defender el canal contra esta ~~arrastre~~ ^{posibilidad}. Sin tener la presa de la Bocatoma solo 4 m de altura, la instalación de espolones será suficiente para captar el agua.

Resumen.

Los cateos ejecutados han demostrado:

- 1) que la Almenara hay que colocarla a unos 70 m al NW del sitio en que habia sido proyectada.
- 2) que el túnel entre el sifon de la quebrada Patico y la casa de Puscuz se puede hacer en condiciones muy económicas.
- 3) que el terreno ~~en~~ ~~el~~ sifon de la quebrada Patico es adecuado para la colocacion de anclajes del sifon.
- 4) que el terreno entre las abcisas 2,300 y 2,810 se presta para la construccion de sectores de túneles que acortan la longitud del canal porque consta de porfirita disgregada que se puede cortar con zapapica y es resistente.
- 5) que en las rocas porfidicas, entre las abcisas 2,810 y 3,500 la construccion de túneles ~~seria~~ ^{seria} muy costosa, pero es necesario hacer uno en la saliente de la abcisa 3,240
- 6) Entre las abcisas 4,100 y 4,340 es recomendable, y entre las abcisas 4,900 y 5,000 es obligatorio, evitar la construccion del canal abierto y propender por la construccion de túneles en terreno gredoso compacto y resistente. La superficie debe cubrirse indispensablemente con eucaliptus en una faja de 60 m de ancho. ^{Esto vale tambien para el terreno de las abcisas 3700 y 4700.}
- 7) Hay que proteger el canal entre la Bocatoma y el Desarena ~~tor~~ ^{tor} contra una avalancha eventual de roca del zanjon intermedio.

En los demas trayectos, los cateos demuestran terreno adecuado para las obras del proyecto hidroeléctrico de La Cabrera.

Bogotá, Junio 20 de 1956