Biblioteca Digital
F C E N - U B A

BIBLIOTECA CENTRAL LUIS F LELOIR
BIBLIOTECA CENTRAL LELOIR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES UBA

Tesis de Posgrado

Estudio geológico y geotécnico vinculado al aprovechamiento hidroeléctrico "San Roque", Provincia de Córdoba

Gutiérrez, Casimiro Cirilo

1956

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:
Gutiérrez, Casimiro Cirilo. (1956). Estudio geológico y geotécnico vinculado al aprovechamiento hidroeléctrico "San Roque", Provincia de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0892_Gutierrez.pdf

Cita tipo Chicago:
Gutiérrez, Casimiro Cirilo. "Estudio geológico y geotécnico vinculado al aprovechamiento hidroeléctrico "San Roque", Provincia de Córdoba". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1956.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0892_Gutierrez.pdf

EXACTAS UBA
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UBA
Universidad de Buenos Aires

Dirección: Biblioteca Central Dr. Luis F. Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA - Tel. (++54 +11) 4789-9293

Contacto: digital@bl.fcen.uba.ar

FCEFyN

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO VINCULADO AL APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO "SAN ROQUE" (PROVINCIA DE CORDOBA) ----------

por Casimiro C. Gutiérrez

R E S U M E N

El presente trabajo de tesis fue realizado en base a las observaciones llevadas a cabo con el objeto de efectuar los estudios geológicos necesarios para la elaboración de los proyectos y solucionar, además, los distintos problemas geotécnicos que se presentaron durante la ejecución de las obras integrantes de este sistema, que en total comprende: una Toma Submergida, un Túnel forzado, una Central Hidroeléctrica, un Dique Nivelador, un Túnel de conducción y un Dique Compensador.

Estas obras tienen por objeto aprovechar integramente la energía potencial del río Primero y reemplazar a varias Centrales existentes, ya deficientes.

La zona se encuentra ubicada en la Sierra Chica, donde ella es atravesada por el río Primero. No existe todavía una opinión definitiva sobre el orígen de su quebrada; algunos la consideran antecedente y otros, resultante de un caso de captura. Se ha establecido el módulo de este río en 10 m^3/seg.

El clima, de zona geográficamente templada, es continental, pudiéndosele asimilar al de microclima de pequeña montaña mediterráneo, con precipitaciones que oscilan en los 700 mm anuales.

La zona se encuentra entre los 500 y 1000 m de altura s.n.m. y fitogeográficamente -de acuerdo con la clasificación de Cabrera- forma el Monte Serrano.

Aunque hay una gran afluencia turística, no existen poblaciones estables importantes; las actividades se refieren a ese rubro y a la explotación de canteras; una buena red de caminos y vías ferroviarias sirven a la región.

Desde el punto de vista estratigráfico, domina ampliamente el basamento cristalino, con neta abundancia de las rocas gnéisicas, sobre las ígneas, plutónicas o hipabisales.

Sobre la edad de este basamento existen opiniones diver-

Rec. de Tesis: 892

FCEFN-BA.

gentes: algunos autores lo ubican en el Paleozoico y otros, en el Precámbrico. Igualmente subsisten en lo que respecta a la interpretación de la naturaleza de los procesos metamórficos.

Tanto en todas las Sierras Pampeanas, domina una tectónica de fracturación en bloques, desigualmente elevados y según líneas generalmente meridionales.

El perfil geológico realizado desde la Toma hasta la Central -siguiendo la traza del túnel forzado- revela la existencia de micacitas, micacitas gnéisicas, gneises esquistosos o granítoides, todos, a veces, penetrados por aplitas, con muy pocas manifestaciones hipabisales y estrechas fajas de anfibolitas.

La Toma tuvo que ser cambiada de su ubicación primitiva y se aconsejaron inyecciones de impermeabilización y de consolidación, para solucionar un derrumbe producido en la chimenea inclinada.

El túnel forzado encontró rocas de excelente calidad media con una disposición óptima de sus estructuras, con respecto a su traza. Solamente existieron problemas en las quebradas por la coincidencia con fajas de trituración y, además, por las tapadas, que no alcanzarán a absorber las cargas a que se verá sometido el conducto. Sólo se aconseja armar el revestimiento en estos lugares como así también donde la colaboración de la roca es menor.

La fundación de la Central está atravesada por tres fallas principales, que interesan al gneis, granitóideo o esquistoso. Se aconsejó limpiarlas, rellenarlas con hormigón, collocar una loza complementaria y realizar algunas inyecciones para cerrar las filtraciones.

En el lugar donde será emplazado el Dique Nivelador aflora gneis, con algunas fajas de rocas miloníticas, y gabbro cuarcífero. Una línea de falla atraviesa la fundación, aconsejándose la ubicación del eje lo más cercano posible al actual "Diquecito". - Se descuenta la inexistencia de otros problemas.

El Túnel de conducción, practicamente sin carga, atrave

FORMA

I en la dirección óptima- rocas muy semejantes a las anteriores y en parecidas condiciones al túnel forzado.

En el lugar de emplazamiento del Dique Compensador, -- aflora gneises granitóideos, esquistosos, a veces granatíferos, y micaceitas gráficicas, atravesadas por fajas de milonitas de rumbo meridional. El valle coincide en su formación con una línea - de falla de igual rumbo, siendo la única importante.

Fueron propuestos, para su estudio, dos posibles ejes, existiendo algunas consideraciones comunes, para ambos: iguales valores en los espesores de roca meteorizada, iguales problemas y soluciones a dar a la línea de falla que los atraviesa. Sin embargo, parece más conveniente el eje B, por ser más corto, por - la mayor potencia del complejo rocoso -en relación con la estrecha faja aflorante en la ubicación A- y por las mejores condi-- ciones existentes para el empotramiento derecho.

Parece aceptable la realización de una obra de hormigón o de escollera, contándose para ésta, con material de buena calidad, sobre el pie de la obra, en dos canteras con una cubicación total de 800.000 m^3.

El vaso es practicamente impermeable, en relación con - la altura y capacidad del embalse proyectado.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

TESIS

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO VINCULADO AL APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO "SAN ROQUE" (PCIA. DE CORDOBA)

POR

CASIMIRO C. GUTIERREZ

Buenos Aires

1 9 5 6

7.892

-I N D I C E-

I) INTRODUCCION, naturaleza de los problemas ..... pag. 1

II) DESCRIPCION GEOGRAFICA ..... " 5

A) GEOGRAFIA e HIDROGRAFIA ..... " 5

B) CLIMA ..... " 8

C) VEGETACION ..... " 11

D) POBLACION Y RECURSOS DE LA ZONA ..... " 12

E) VIAS DE COMUNICACION Y TRANSPORTE ..... " 13

III) GEOLOGIA ..... " 15

A) ANTECEDENTES Y DESCRIPCION GEOLOGICA GENERAL ..... " 15

a) Antecedentes ..... " 15

b) Descripción geológica general ..... " 18

B) ZONA TOMA - TUNEL FORZADO - CENTRAL HIDROELECTRICA " 19

C) DIQUE NIVELADOR Y TUNEL DE CONDUCCION ..... " 23

a) Dique nivelador ..... " 23

b) Túnel de conducción ..... " 23

D) DIQUE COMPENSADOR ..... " 25

a) Litología ..... " 25

b) Tectónica ..... " 27

IV) GEOTECNICA ..... " 29

A) TOMA ..... " 29

B) TUNEL FORZADO ..... " 36

C) CENTRAL HIDROELECTRICA ..... " 39

D) DIQUE NIVELADOR ..... " 42

E) TUNEL DE CONDUCCION ..... " 43

F) DIQUE COMPENSADOR ..... " 43

a) Cierre A ..... " 44

b) Cierre B ..... " 46

c) Consideraciones finales ..... " 48

d) Material para escollera ..... " 49

e) Vaso ..... " 51

V) RESUMEN Y CONCLUSIONES ..... " 52

VI) BIBLIOGRAFIA ..... " 55

VII) FOTOGRAFIAS - Explicación de las 18 fotografías que se acompañan ..... " 61

VIII) LAMINAS

Nº 1 : Plano de ubicación.

Nº 2 : Detalle de las obras.

Nº 3 : Esquema aprovechamiento hidroeléctrico Río Primero.

Nº 4 : Valores medios mensuales de temperatura, precipitaciones y humedad relativa.(Cdad.de Córdoba y San Roque) y frecuencia de vientos en escala de mil.

Nº 5 : Plano geológico zona toma túnel central hidroeléctrica, escala 1:10000

Nº 6 : Perfil geológico longitudinal del túnel forzado, escala 1:5000

Nº 7 : Bosquejo geológico dique nivelador, escala 1:500.

Nº 8 : Plano geológico para el dique compensador, escala 1:3000

Nº 9a : Perfil geológico transversal según eje A, escala 1:1000

Nº 9b : Perfil geológico transversal según eje B, escala 1:1000

Nº 10 : Perfil en el eje y planta de la toma.

Nº 11 : Perfiles transversales de la toma, escala 1:100

Nº 12 : Plano geológico para la fundación de la central, escala 1:100.

---oOo---

INTRODUCCIÓN, antecedentes de los problemas

El presente trabajo de tesis fué realizado en base a las observaciones efectuadas en la zona comprendida entre el lago San Roque y las proximidades de la Calera, Pcia. de Córdoba (Lámina 1), a donde fué varias veces cumplimentado por Agua y Energía con el objeto de efectuar los estudios geológicos necesarios para la construcción de las distintas obras que integrarán el Aprovechamiento Hidroeléctrico "San Roque" (Lámina 2).

Este estudio se refiere tanto a los labores geológicas preliminares que sirvieron para el proyecto general, como a los subsiguientes dados a los distintos problemas particulares que se presentaron durante la ejecución de la fase constructiva de la ya realizada.

Lógicamente, la labor geológica ha estado estrechamente vinculada a las necesidades de la ingeniería, por lo que pueda ser convenientemente resumida -aunque sea brevemente- la secuela del proyecto de las obras.

Entre la cota máxima del embalse normal del Nuevo Río que San Roque y la del Río del Pozo, distante 24 km aguas abajo, existe un desnivel de 250 m. Este río -Mayo un caudal de 10 $m^3.s^{-1}$, correspondiente a una cuenca hidrográfica de 1200 km^2 de superficie.

En mayo de 1966 se ocurrió a una de las empresas de mayor capacidad económica, fué cronológicamente el primer río argentino que se aprovechó desde el punto de vista hidroeléctrico. Sin saber que hasta el momento del elaborar el proyecto, existían ya tres centrales hidroeléctricas, a saber:

DIQUE: La primera siguiendo el río Primero desde el Mayo y, más aún, la más antigua, construída a fines del siglo antepasado. Su potencia es de 1000 Kw con una caída de 13 metros, mediante un dique derivador.

La producción media de energía es de 6.10^6 Kwh.

CASCADA: Es también una obra construída en el siglo pasado, con un aprovechamiento de 31 m de caída natural a un túnel de cuarenta kilómetros; su potencia es de 2000 Kw, con una producción de 16.10^6 Kwh.

CALERA: La más reciente y más importante de las tres centrales instaladas, se encuentra ubicada en la población homónima. Tiene la Toma en el "Diquecito" y desde allí la conducción se hace, por razones topográficas, mediante un sistema de canal a superficie libre y dos tramos de tubería a sifón con cargas de hasta 35 m, para sortear las depresiones del terreno. Finalmente, existe una cámara de carga de alrededor de 13000 m^3. La potencia instalada es de 6000 Kw y su producción media energética es de unos 20.10^6 Kwh.

Es decir que estas centrales -con tramos del río sin aprovechar- explotan deficientemente la energía potencial del río Primero.

Por esa razón, se proyectó una Central Hidroeléctrica única que aproveche toda la caída existente entre el Dique San Roque y aguas arriba de la Toma de la Central La Calera.

Quedarán así fuera de servicio Malcó y Casabamba, con magros aprovechamientos y ya mecánicamente deficientes, pudiendo continuar su funcionamiento La Calera.

El esquema general de la Nueva Central es el siguiente (lámina 3):

El Nuevo Dique San Roque, que es un muro de gravedad de hormigón, de ángulo constante, de altura máxima sobre el nivel del lecho de 45 m y de longitud en el coronamiento de 145 m forma un embalse de una superficie a cota máxima de 2478 Ha. Su capacidad máxima normal es de 200 Hm^3 a cota 637, mientras que su capacidad de máximo embalse podría llegar a los 350 Hm^3 a cota 651. Independiente del cuerpo del dique se encuentra el vertedero, tipo pozo, con cota de cresta a 643.30.

Inmediatamente aguas arriba de éste se construye la Toma con umbral a cota 621.25, de donde parte un túnel a presión de 4225 m de longitud, que se continúa con dos tuberías forzadas que llevan el agua al edificio de la Central. El salto es así a embalse normal de 118 m con un caudal de 24 m^3/s. En la Central hidroeléctrica -ubicada unos 700 m aguas arriba del actual "Diquecito"- se están instalando 4 turboalternadores de 6000 Kw c/u, la que de una potencia de instalación de 24000 Kw y una producción de pico anual de 28 . 10^6 Kwh.

El agua que sale de la Central continúa por un canal de descarga según el cauce del río, a cota 517.50.

Ahora bien, como el agua proveniente del dique San Roque -regulada desde las válvulas del muro- además de ser usada para riego es la que suple las necesidades sanitarias de la ciudad de Córdoba, su uso con fines energéticos se encuentra condicionado a aquellas prioridades.

Precisamente cuando entre en funcionamiento la Central el agua, en vez de salir por esas válvulas, será conducida por el túnel; para poder efectuar el trabajo de la central con su máxima potencia se hace necesaria la construcción de un muro para un embalse compensador, aguas abajo de la Central, desde donde saldrá el agua regulada según las necesidades de bebida y riego.

Ese dique Compensador ha sido ubicado, por razones topográficas, en una quebrada lateral sobre el lado derecho del río situada unos 1000 m antes de llegar a La Calera.

La posición lateral de este Compensador implica, además la construcción de un túnel de conducción de las aguas desde el actual "Diquecito", donde deberá construirse uno nuevo de mayor altura.

De acuerdo con este planteo, fueron requeridos los estudios geológicos de todos los lugares afectados por estas obras que, en el presente momento, se encuentran algunas en ejecución y otras en la etapa del proyecto.

En total se extienden los estudios, aunque no continuadamente, desde la zona donde se encuentra emplazado el Dique San Roque hasta las proximidades de La Calera.

Los planos topográficos que acompañan al texto fueron realizados por personal diverso de Agua y Energía Eléctrica. Los cortes delgados han sido efectuados en el Gabinete respectivo de la Facultad y para el estudio de ellos, recurrí a la colaboración de los integrantes del Departamento de Petrología de la Dirección Nacional de Minería.

Agradezco profundamente al Dr. Cristian Petersen, mi padrino de tesis, quien me orientó y ayudó a solucionar todas las dificultades que se me presentaron en la realización de este tra-

-baja. Igualmente, agradezco a Agua y Energía Eléctrica, que, adem más de haberme permitido iniciar en esta especialidad, posibilitó económicamente el presente estudio.

Para todos los que me ayudaron, vaya mi sincero reconocimiento.

II) DESCRIPCION GEOGRAFICA

A) GEOGRAFIA e HIDROGRAFIA:

La Sierra Chica es un elemento morfoestructural del Sistema Pampeano y puede aceptarse que se extiende nitidamente desde el Cerro Pajarillo, al N de Capilla del Monte, hasta el río Tercero. Se la considera comunmente dividida en dos tramos, uno al N y otro al S del Lago San Roque.

El primero es el que limita al oriente el valle de Punilla, presentando la sierra aquí sus mayores dimensiones.

Al sud del río Primero sigue la misma situación un corto trecho, hasta que el cuerpo de la sierra se bifurca; una parte termina rapidamente al sud de Malagueño, mientras que la otra tuerce su eje hacia el SW a la altura de Carlos Paz, volviendo lentamente a retomar su rumbo meridional. Ambas partes se encuentran separadas por la Quebrada Honda, de rumbo sudeste. Además, la elevación Pampeana de Bandenbender -situada más al Este- se prolonga hacia el Norte, siguiendo aproximadamente la línea Calera-Mal Paso.

De esta manera, el Valle de Punilla, que al Norte se extiende entre las sierras Grande y Chica, al Sud de San Roque también se bifurca: uno continúa limitado por las sierras Grande y Chica del Sud, mientras que el otro queda enmarcado por la sierra Chica del Sud y la Elevación Pampeana, con nacimiento septentrional en la Quebrada Honda.

Ahora bien, nuestra zona de estudio está situada, precisamente, en el tramo que, al Sud del río Primero, se hunde rapidamente en Malagueño y que, como toda la Sierra Chica, presenta su ladera occidental mucho más abrupta que la oriental, que corresponde a la penillanura preterciaria que lentamente va perdiendo altura hacia el Este, hasta diluirse como elemento orográfico en el meridiano de La Calera.

Se encuentra profundamente disectada por la quebrada del río Primero, con un retorcido curso y estrecho valle en V, (fotografía 1) que se hace más amplio en los tramos finales de su recorrido serrano.

Numerosas son las quebradas que bajan hasta el río;

las más notables se hallan profundamente labradas en el cuerpo de la sierra. Las principales resultan así de W a E: la situada al W de la Ventana 1, la de la Mestasa, la de Ventana 2, la de López, del Chilludo, Honda, de la Estafa y de la Estanzuela.

Como veremos más adelante, todas éstas tienen íntima relación con la tectónica reinante; esto ha podido ser comprobado en las cinco primeras al estudiarse el túnel y en la última mediante perforaciones, resultando de esta manera subsecuentes los cursos de agua que por ellas bajan.

Glasacher ya se había referido a esta coincidencia morfoestructural. En su trabajo (30) dice "...y nos ha sido posible establecer que están (los valles de la región) en estrecha relación con los sistemas de diaclasas de las rocas de la misma"; y continúa: "En el diagrama de la figura 24, puede verse claramente la correspondencia exacta entre máximas de diaclasas y rumbos de valles, y es realmente sorprendente el hecho de que todos los valles de la región se reparten entre los rumbos de las diaclasas predominantes." Aquí correspondería hacer la salvedad -en base a más de mil mediciones efectuadas en el túnel- que los planos dominantes de diaclasas abarcan toda la gama de rumbos posibles aunque, como ya se dijo, es indudable el control tectónico -primando sobre el litológico- de toda la morfología.

Para finalizar resta decir que en la zona la sierra al canza menores alturas máximas con respecto al tramo septentrional, ya que la cima más alta se encuentra a 935 m.s.n.m., sólo superada por el Mogote Los Cangas situado algo más al sud y con algo más de mil metros de altura. Los desniveles máximos en la zona resultan así levemente inferiores a los 400 m.

Ya hemos hablado de que el río Primero -desagüe principal del valle de Punilla- atraviesa la sierra por una estrecha quebrada con un recorrido muy sinuoso, de rumbo general N-E.

Este río se encuentra formado por la confluencia del San Roque y San Antonio que vienen del Sud con el San Francisco-Cosquín que baja del Norte del Valle.

Sus aguas provienen de una cuenca imbrífera limitada por las sierras Grande y Chica, de una superficie aproximada de 1360 Km^2.

De acuerdo con las condiciones climáticas dominantes -que se verán más adelante- los cursos de agua tienen dos periodos notables: uno de estiaje que se extiende de mayo a Septiembre y otro de crecidas que abarca los meses restantes.

Con respecto al escurrimiento, y siguiendo a Bertarg lli (5), dada la existencia de un embalse aquél será igual a - la cantidad de agua salida más o menos la variación de volumen de agua en un tiempo determinado.

Así se calculó el coeficiente de derrame que para — los años 1922/29 osciló entre 0.36 y 0.49.

En base a los datos de Gasto medio anual, se ha fija do el módulo del río Primero en 10 m^3/s.

De los datos de crecidas se pueden citar los del año 1923, donde se registró un caudal máximo en el pico de 6423 - m^3/s y un caudal medio de crecida en 24 horas de 1061 m^3/s. Es ta fué originada por una precipitación promedio en la zona de 126.8 mm y originó la entrada al Lago San Roque de 101,5 Hm^3, o sea algo más de la mitad de la capacidad máxima normal del - actual lago de embalse.

Siguiendo con los datos recopilados (5), "en cuanto al caudal mínimo registrado se puede aceptar la cantidad de 0.1 m^3/s", sin especificar fecha del registro.

Con respecto a la naturaleza del río, existen varias opiniones. Bondenbender fué el primero en referirse a este te- ma (7) expresando que, en un principio y con "otras relaciones de altura", la totalidad de las aguas no pasaban por su curso actual, sino que una parte del caudal seguía por la hoy cuesta de San Roque hasta que las primeras cortaron, regresivamente, la sierra y pudieron seguir ese curso, abandonando entonces la actual Quebrada Honda; así explica, además, la inexistencia en la sierra de una puerta muy ancha y el reducido desarrollo del valle del río.

Windhausen (46) opina que el curso del río coincide con líneas de dislocación preexistentes, y Pastore al referir- se a esta cuestión (32) en su capítulo "Ideas sobre la tectóni ca y Morfología", le califica como río antecedente expresando

"...que habría sido capaz de producir un gradual ascurrimiento del valle, compensador de la lenta elevación de la Sierra Chica. Su curso actual sería así el mismo que más antiguamente tenía y se trataría entonces de un río calificable como antecedente." Establece una homología entre la quebrada del río Primero y la Banda considerando que "...la importancia de dichas líneas se debe exclusivamente a la tectónica terciaria y no parecen tener otro carácter que el de fracturas sin movimientos de dislocación. La primera de ellas habría favorecido el trabajo de ascurrimiento por el cual el río Primero mantuvo su pasaje. Visiblemente este trabajo pudo ser también ayudado por la contribución de aguas de los otros ríos desviados atractivamente".

Hay que citar además que Glaacher (30) ha establecido que este río entre el Dique San Roque y Malet, tiene los rumbos de su curso coincidiendo constantemente con los de máximas de diaclasas.

Posteriormente W.Groos (17) hace una reseña crítica de las opiniones vertidas hasta ese momento y expone una tercera alternativa: la de "piratería" o "captura" del río San Francisco-Cosquín, mediante erosión retrógrada del río Primero "que originalmente habría nacido sobre la vertiente oriental de la Sierra Chica, de modo muy semejante al actual río Ceballos" citando además que Roverete considera igualmente originados a los ríos Segundo y Tercero.

De todo lo expuesto se desprende que la naturaleza del río no está exhaustivamente desentrañada y lo que sí se puede afirmar -en base a las observaciones efectuadas y no precisamente con este fin- es que, sea el río Primero antecedente o un caso de captura, lo cierto es que indudablemente en algunos tramos está regido por la tectónica, es decir que tiene trechos de subsecuencia.

B) CLIMA.

Dentro del país indudablemente el clima de Córdoba ha sido el más estudiado, siendo muy conocida su actividad benéfica en la terapéutica.

En términos generales Córdoba, desde el punto de vis-

-ta geográfico, se encuentra comprendida en una zona templada, - gozando de un clima estrictamente continental, con intensa radia ción solar y acentuada sequedad del aire, modificado -como en la zona de estudio- por los accidentes orográficos. Por esta ra zón es que se puede hablar de microclimas y en ese caso nuestra zona estará encuadrada en el clima de pequeña montaña mediterrá- nea (de 500 a 1000 m de altura), con la variación térmica diurna y la fuerza del viento atenuadas por la cubierta vegetal montu- sa de las laderas serranas.

Por presentar condiciones óptimas para la climatotera- pia, en esta zona abundan establecimientos de salud con numerosa población, como en La Calera, Bialet Massé, Santa María y Cos- quín especialmente.

Desgraciadamente en la zona o en sus cercanías no exis te una estación meteorológica de 1ª, 2ª o 3ª categoría; sólo se - cuenta con los datos de la estación Dique San Roque, con regis- tros de temperatura y precipitación únicamente.

Por lo expuesto más arriba, los valores de la ciudad - de Córdoba no pueden ser considerados como estrictamente repre- sentativos de los de la zona que nos ocupa pero han sido, sin em bargo, consignados juntamente con los de Dique San Roque. Las se mejanzas y diferencias existentes pueden ser notadas en el gráfi co correspondiente (lámina nº 4).

De <u>presión atmosférica</u> no existen datos de la zona, y los de Córdoba, que oscilan entre 704 y 741 mm, no pueden ser to midos en cuenta, por existir diferencias de altura de más de 200 metros.

La <u>temperatura</u> media anual es de 16º.5 para Dique San Roque y de 17.6 para Córdoba. Las curvas de las medias mensuales son practicamente semejantes, algo más elevada la de la ciudad.

Con los valores máximos medio y mínimos medio sucede - otro tanto, con promedios anuales de 25.4 y 10.9 para Córdoba y 24.6 y 10.0 para San Roque, de lo que se desprende también que - la amplitud media anual para ambos lugares es practicamente igual

Los registros máximo maximorum y mínimo minimorum fue- ron para Dique San Roque de 43.8 y -10.2 respectivamente.

La nubosidad media anual (en escala 1 a 10) es de 5.3 muy constante en sus datos mensuales.

La humedad relativa media mensual oscila entre 54 y 73%, correspondiendo la máxima a los meses de marzo-junio y la mínima a noviembre-enero, coincidiendo este último período con el de máxima evaporación.

Logicamente la influencia serrana se observa especialmente en los regímenes de vientos y precipitaciones.

Los vientos en general tienen su mayor intensidad coincidente con las horas de más elevada temperatura, especialmente de 15 a 17 horas, amainando al anochecer.

La mayor frecuencia corresponde a dirección NE, siguiéndole S, N, E, y SE, con amplio predominio de NE. Los menos frecuentes son los vientos del W y NW, debido a la barrera cordillerana acentuada por las líneas orográficas locales; éstas sin embargo no impiden la influencia de la corriente marítima atlántica, evidenciada por los cursos de agua que bajan de las serranías que son mucho más importantes en las vertientes orientales.

El viento NE disminuye su predominio en los meses de mayo-agosto, durante los cuales se hace más frecuente el S.

Las calmas son más notables en los meses de abril, mayo y junio, resultando los meses de octubre, noviembre y diciembre los más ventosos y también los de mayor velocidad media.

Las precipitaciones anuales sobrepasan levemente los 700 mm según el promedio de un record de 10 años (1938-1947), con valores muy semejantes en San Roque y Córdoba.

Como datos máximos y mínimos anuales existen registrados 1100 y 457 mm, correspondiendo este último al año 1880.

El regimen pluviométrico es claro: existen dos períodos notables, uno lluvioso y otro muy seco. El primero abarca los meses octubre-abril y el segundo los meses restantes. Durante la estación lluviosa el milimetraje medio mensual oscila alrededor de los 100 mm mientras que en la temporada seca, totalizando los valores mensuales, no se superan los 110 mm.

c) VEGETACION.

Entre las muchas denominaciones dadas a la vegetación dominante en nuestra zona, se encuentra la de Kurtz (26), que la llama Formación del "Monte".

Considerando la influencia decisiva que posee el relieve distingue, de acuerdo con la altura, tres zonas con desarrollo de especies típicas:

I Zona Subandina

1) Pastos alpinos, por encima de 2000 m.
2) Bosque de Tabaquillo, entre 2000 y 1700 m.

II Zona del Monte Serrano

2) Monte Serrano, de 1700 a 500 m.

III Zona de la llanura

4) Bosques ribereños, abajo de 500 m.
5) Pampa y campos
6) Las salinas

Como nuestra zona se encuentra por encima de los 500 m y no sobrepasa los 1000 m, la vegetación existente coincide con la descripta por Kurtz como comprendida en el "Monte Serrano", considerándose al "Monte" como "un bosque, esto es una asociación abierta, generalmente ralo y bajo, pero enmarañado por arbustos y matas" (Frenguelli) (13).

Esta formación está regida, aparte la altura, por una precipitación anual de 600-700 mm, veranos cálidos e inviernos fríos y una elevada proporción de sales en el suelo. No se presenta un crecido número de especies, sino que las típicas se encuentran heterogeneamente distribuídas, con menor desarrollo y densidad en los lugares más altos que muestran muchas veces áreas desnudas solo cubiertas por líquenes.

Las especies más características son: algarrobo (Prosopis alba) (Prosopis nigra); espinillo (Acacia aroma); chañar (Geoffroea decorticans); piquillín (Condalia lineata); quebracho blanco (Aspidosperma quebracho-blanco); cina-cina (Parkinsonia aculeata); molle blanco (Maya spinosa); garabato (Acacia furcata); jarilla (Larrea divaricata). De todas ellas predominan las especies arbustivas, espinosas y de follaje muy pobre con limbos de pequeña superficie. En las quebradas más húmedas los ejemplares son de mayor parte y aparecen nuevas especies como la salvia y algunos helechos. En algunos tramos bordeando el -

río Primero, se hallan "cortaderas", juncales y barros. Además, en los árboles y arbustos abundan líquenes y epifitas como el clavel del aire (Tillansia sp.).

Considerando ahora los endemismos, es decir elementos florísticos y no fisonómicos, la Formación del Monte equivale a la Provincia de los Bosques Xerófilos Centrales o Provincia Central (Castellanos y Perez Moreau) (10). Los tipos de vegetación dominantes son: Durisilvae, Duriherbosa, Rupidesserta, Saxidesserta y Emersiherbosa.

B) POBLACION Y RECURSOS DE LA ZONA

Estrictamente considerado, el ámbito de la zona estudiada posee escasa población estable. Solamente pueden ser mencionadas las de "El Diquecito" con 50 habitantes, Casabamba con 65, Molet con 35, Dique San Roque con 40 y otras reducidas agrupaciones humanas diseminadas por la sierra como las de las estancias La Estefa, El Rincón y La Estanzuela.

Inmediatamente cercana se encuentra La Calera con una población permanente de alrededor de 2500 habitantes, incrementada considerablemente durante la temporada estival.

Igualmente -y debido a la cercanía con la ciudad de Córdoba- en la zona del Dique San Roque es considerable el número de turistas que visitan diariamente las proximidades del muro de embalse o se establecen precariamente en las riberas del río Primero.

Dadas la topografía y geología dominantes no existen aquí otras actividades -aparte del turismo- que no sean las de explotación de caleras y canteras y las de trituración de rocas: a este último se dedican dos plantas muy bien equipadas con una importante producción diaria.

Y por supuesto cabe mencionar como un importantísimo recurso, el que ha dado origen a este estudio, esto es el aprovechamiento hidroeléctrico de la energía potencial del río Primero con el beneficio consiguiente para la economía nacional, al prestarse un servicio eléctrico sin uso de combustibles.

Politicamente, la zona se encuentra ubicada en el extremo NW del Departamento Santa María, limitando al N, río Pri-

-mero por medio, con el Dpto.Colón mientras que la ribera E del Lago San Roque pertenece al Dpto. Punilla.

E) COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Desde la ciudad de Córdoba se puede llegar a La Calera por dos caminos, ambos pavimentados. Uno de ellos, que pasa por Alto Alberdi y Escuela de Artillería, tiene una longitud de 18.5 Km; el otro, algo más extenso (23 Km), atraviesa Argüello y Duncanil.

Desde La Calera parte un camino consolidado de 11 Km que, bordeando casi en la totalidad de su recorrido el río Primero, llegaba hasta hace poco a la Central Casabamba; en la actualidad y con motivo de las obras ha sido prolongado hasta el lugar donde se encuentra ubicada la Ventana 2 del túnel. Desde allí quedan solamente 2 Km por construir para llegar al muro del Dique San Roque. O sea que haciéndose este tramo y un puente sobre el río Cosquín -que asegure el paso durante todo el año- el valle de Punilla quedaría unido a Córdoba por una ruta mucho más corta y atractiva, semejante a la ferroviaria.

Existen excelentes servicios automotores de transporte colectivo de pasajeros entre Córdoba y Calera, con combinación hasta Ventana 2, que se hacen más frecuentes aún en la temporada estival.

Además, al Dique San Roque se puede arribar por la ruta 20, mediante un desvío de 8 Km situado antes de llegar a Carlos Paz.

El camino Calera-Ventana 2 y la citada ruta 20 se encuentran unidos por una senda en muy buen estado que, partiendo de Yocsina, pasa por Las Ochoa y llega a El Diquecito. Otra, sigue la quebrada de La Estanzuela y llega hasta Las Ochoa.

Calera está también conectada a Córdoba por dos líneas ferroviarias. Una es la del F.C.N.G.B.M. y la otra del F.C.N.G.B., con servicios entre Córdoba-Capilla del Monte-Cruz del Eje.

Esta es una línea con un pintoresco trayecto que bordea el río Primero y el Lago San Roque, con cortas alineaciones curvas violentas y dos tramos en túnel. Fué puesta en servicio por etapas, en la última década del siglo pasado. La longitud

total de los rieles es de 153.2 Km, con trocha de un metro y con vías de 20 kilos de peso por metro lineal. De su longitud total, 102.7 Km (67%) se encuentra en vía recta y 50.2 Km en vía curva (33).

En nuestra mina existen apeaderos en El Diquesito, El Payador (Usina Casabamba), Casabamba, Gral.Ortiz de Ocampo (Usina Malet) y Dique San Roque.

III) GEOLOGIA

A) ANTECEDENTES Y DESCRIPCION GEOLOGICA GENERAL

a) Antecedentes

La dilucidación de los problemas geológicos de las Sierras de Córdoba interesaron desde hace mucho tiempo y prueba de ello es que ya Brackebusch (8) y Stelzner (45) en los últimos años del siglo pasado trazaron los rasgos más generales de ellas, volviendo el primero sobre el tema al publicar su Mapa Geológico del Interior de la República Argentina, en escala 1:1000000.

Posteriormente Bodenbender (6) en 1905 se dedica enteramente a considerar la constitución geológica de estas sierras, con especial referencia a los productos minerales de aplicación. Más Tarde, en 1929, este mismo autor (7) publica su trabajo sobre "Triásico y Terciario en la falda oriental de la Sierra de Córdoba".

Rassmuss (37) en 1916 hace una descripción general de las Sierras Pampeanas y Schneider (42) en 1921 se refiere especialmente a aspectos geomorfológicos de las Sierras Grandes. Sobre este tema, pero en forma más generalizada, ya se había ocupado Reverete (40) en 1911.

Beder (4) estudió en 1922 las calizas cristalino-granulosas de las Sierras de Córdoba, haciendo una descripción geológica de ella en base a observaciones anteriores de otros autores y propias.

Pastore se ha dedicado varias veces y en detalle a la consideración de los problemas geológicos de Córdoba. En 1929 publicó "Conocimientos sobre la composición y orogenia del macizo cristalino central de la Argentina (31); en 1932, la "Hoja 20 i del Mapa Geológico de la Argentina, Relevamiento geológico y explicación" (32), dentro de la cual se encuentra ubicada nuestra zona de estudios; en 1938 da a conocer su "Descripción geológica de la provincia de Córdoba (34) y, en 1953, en colaboración con Methol, la "Descripción de la hoja geológica 19i (36), cuyo plano ya había sido publicado en 1932.

Olsacher (1930) hizo un "Estudio geológico y petrográfico de los alrededores del Dique San Roque", abarcando parte de la zona que actualmente nos ocupa. En él, aparte de describir los elementos litológicos existentes, se refiere a las características generales de las diaclasas de la región.

Schlagintweit, en 1945, se dedicó al Gondwana y, en 1954, describe (41) que en Potrero de Garay, al N del valle de Calamuchita, o sea en el pie occidental de la Sierra Chica del Sud, "una falla inversa sobrepone los esquistos cristalinos de la Sierra Chica al Pampeano superior"; presenta, además, algunas observaciones sobre la tectónica de las Sierras Grande y Chica.

W.Gross (17) y (18), en 1948, da a conocer su "Cuadro morfológico y tectónico del Valle de Punilla", que ya mencionamos anteriormente.

González Bonorino, en 1950, se preocupa por "Algunos problemas de las Sierras Pampeanas" (16) basado en sus estudios realizados en Catamarca y Tucumán.

De la parte geotécnica solo se cuenta con el trabajo de T.Castellanos (14), quien se dedicó al estudio de los dos cortes tramos de túnel para el F.N.G.B., construídos en las inmediaciones del Dique San Roque.

b) Descripción geológica general.

La zona abarcada por nuestro estudio está formada íntegramente por el basamento cristalino, constituído por rocas metamórficas, plutónicas e hipabisales, con un amplísimo dominio de las primeras.

Fuera de la zona y muy cerca de su límite oriental, en La Calera, afloran los conglomerados y areniscas que han sido atribuídos al Triásico.

El complejo metamórfico comprende principalmente las rocas gnéisicas, con todas sus variaciones, las anfibolitas con muy poco desarrollo observado y, además, las calizas cristalinas que se presentan más abundantemente a medida que avanzamos hacia el E.

Ya se dijo anteriormente que la zona está comprendida dentro de la Hoja 20i, en la que se ha hecho un estudio detalla-

-do de la litología reinante. Como, por otra parte, ése no es el fín primordial del presente trabajo, sólo se señalarán los distintos grupos con sus caracteres principales al referirnos a los diversos lugares estudiados.

Los gneises presentan una esquistosidad con rumbo generalmente meridional y con inclinaciones que oscilan entre 40º al E a subverticales; excepcionalmente tienen rumbos que se acercan al E-W e inclinaciones al W. Se distinguen, en estas rocas, el gneis común, el esquistoso, el granatífero, las micacitas y las micacitas gnéisicas, todos presentando a veces penetraciones de naturaleza aplítica.

Las anfibolitas no son abundantes en la zona formando en general, cuerpos de poco espesor y alargados, que aparentan concordancia con el gneis. No abordaremos aquí su problema genético, pero sí diremos que algunas se presentan muy esquistosas y, en cambio, otras lo son groseramente, macizas y con aspecto granoso.

Los afloramientos más importantes de calizas cristalinas quedan fuera de los lugares de estudio y en éstos solo hay intercalaciones de poca magnitud.

Las rocas ígneas, plutónicas e hipabisales, están representadas por cuerpos básicos a mesosilícicos, masas y filones aplíticos y filones de microdiorítas cuarcíferas y microgranítos.

Los cuerpos plutónicos no tienen mucho desarrollo, algo menores son los aplíticos, y las expresiones filónicas generalmente no son muy potentes, en los casos observados.

Fuera de la zona -antes de llegar a La Calera- existe un stock de granito, cuya influencia se deja sentir en las rocas circundantes.

Según Pastore (34) las intrusiones ígneas se produjeron sucesivamente, conforme a un proceso de acidificación progresiva, formando una serie que comienza con gabbros, sigue con dioritas gábbricas, dioritas anfibólicas con biotita, dioritas biotíticas y, finaliza con el granito.

Igualmente, Pastore ha mencionado la existencia de rocas malchíticas a las que les da una menor edad de intrusión - -

(pérmica), sincrónica con la de los pórfiros graníticos observados en La Lidia y más al norte, en Ambargasta (34) y (38).

En lo que respecta a la data y naturaleza de los acontecimientos, existen opiniones no coincidentes que mencionaremos descriptivamente.

Por un lado, Pastore (34) opina que los esquistos corresponden a la zona superior de metamorfismo y aceptando la probabilidad de que la orogenia sea caledónica, ubica la intrusión del granito -único- en la primera mitad del Devónico. Al referirse a las rocas descriptas como migmatitas, establece que son gneises sin o con mezcla y digestión, provocadas por intrusiones ígneas, vecinas y absolutamente posteriores, extrañas, por lo tanto, a la gneisificación.

Gonzáles Bonorino, por su parte, sostiene (16) que las rocas metamórficas del Sistema Pampeano son de edad prepaleozoica al igual que casi todos los cuerpos graníticos, sin descartar la existencia de cuerpos más jóvenes, de reducido desarrollo; niega además valor estratigráfico al grado de metamorfismo, al que considera estrechamente vinculado a la intrusión magmática.

Como se desprende de lo expuesto, falta todavía dilucidar exhaustivamente el presente problema, que aquí se reseña sucintamente.

Desde el punto de vista estructural, debemos decir que, por lo menos, dos ciclos diastróficos han intervenido. El primero (hurónico o caledónico?) creó la estructura interna del complejo y líneas tectónicas, que en el ciclo posterior (Terciario superior) fueron utilizadas y/o reactivadas dando orígen a la conocida estructura de bloques diferencialmente elevados por fracturas del tipo inverso y subparalelas, de rumbo meridional. Al respecto debe decirse que la mayoría de las líneas tectónicas observadas en la zona corresponden a este cuadro, inclinadas generalmente hacia el E.

Debe mencionarse, además, la posibilidad de la existencia de un ciclo hercínico, cuyas perturbaciones permitieron la intrusión de las malchitas y pórfiros graníticos ya señalados anteriormente.

Los juegos principales de diaclasas se ajustan a los rumbos NNE-SSW, aproximadamente E-W y NE-SW, además de las diaclasas basales, prácticamente horizontales o levemente inclinadas al W.

B) ZONA TOMA-TUNEL FORZADO-CENTRAL HIDROELECTRICA.

Siguiendo la traza del túnel, desde el lugar elegido para la construcción de la Toma hasta el edificio de la Central Hidroeléctrica, puede establecerse un perfil geológico (láminas 5 y 6), según la dirección general de inclinación de la esquistosidad.

Debe aclararse que, la clasificación y denominación de las rocas metamórficas, han sido hechas teniendo principalmente en cuenta el carácter textural, sin considerar las posibilidades genéticas de detalle, de las distintas unidades litológicas. De ese modo, la observación de las rocas en el campo y las características megascópicas de las muestras, han sido factores principales en la denominación, habiéndose recurrido al examen microscópico de algunas de ellas, sólo con el objeto de controlar y confirmar las anteriores. En esos casos, se acompaña una breve noticia sobre los componentes y la estructura vista en el corte. Este procedimiento, por otra parte, parece justificable por pertenecer, las rocas, a una zona perfectamente estudiada (Pastore).

En el lugar de la Toma afloran rocas de color gris con bandas blancas en algunos casos. El color depende de la abundancia de biotita que da la esquistosidad, bastante marcada. El porcentaje de biotita es muchísimo más elevado que el de los minerales el roe, integrados por oligoclasa y cuarzo. Las variaciones de las muestras se deben al tamaño de las láminas de biotita, poco cloritizada, y al grado de reunión de los granos blancos que, en algunos casos, constituye bandas de 1 cm de ancho, que dan cierta foliación a la roca. Son micacitas gnéisicas.

Las muestras 167 y 169 tienen una gran abundancia de material aplítico - pegmatítico, desapareciendo casi totalmente la biotita. Estas intrusiones han penetrado en las rocas vecinas dando su aspecto característico.

A continuación viene una faja de micacitas con grandes láminas de biotita y muscovita; son rocas con esquistosidad muy marcada.

Vuelven luego a aparecer las micacitas gnéisicas, a veces, con penetración aplítica, ya que existe un filón de este material.

En este lugar se extrajo la

Muestra 121 : Micacita gnéisica

Megascópicamente, la esquistosidad se halla regularmente marcada por la distribución de la biotita, habiendo láminas de hasta 4 mm., las mayores. Los componentes claros se distribuyen como en una estructura gnéisica fina constituyendo, a veces, nódulos de 0.5 cm. La finura del grano varía, en partes paralelamente al leve bandeamiento y a la esquistosidad.

Al microscopio, se constata que el mineral ferromagnésico es biotita, que se distribuye en una estructura esquistosa, disponiéndose en línea que encierran, a veces, husos de cuarzo-oligoclasa, como modo incipiente de estructura gnéisica. La biotita constituye alrededor de un 35 % de la roca. El resto, es un agregado granoblástico de cuarzo-oligoclasa, con predominio del primero. El cuarzo tiene en algunos casos extinción ondulosa y estructura de mortero, en muy pocos granos. Como elementos cristalinos más pequeños, se encuentran apatita, granate y magnetita, en proporción muy reducida, respecto de los componentes principales. Ambos se hallan frescos.

Una faja relativamente angosta de anfibolitas se encuentra a continuación; posee mucha hornblenda verde, biotita parda, cuarzo, oligoclasa y granos de carbonato. Es una roca muy esquistosa.

Enseguida se observan micacitas gnéisicas muy esquistosas con bandas de 2 a 3 mm y grandes láminas de biotita y muscovita, que pasan al gneis muy micáceo de grano fino, con intercalaciones de cuarzo-plagioclasa en fajas que llegan al medio centímetro; a veces forman ojos. La plagioclasa se ácida, de color amarillo.

Siguen nuevamente micacitas de hojas grandes de 0.5 cm, sin foliación manifiesta. Las láminas de biotita no están ordenadas en planos.

A éstas sigue gneis esquistoso de color gris, con foliación y nódulos de hasta 1 cm.

Muestra 215 : Gneis esquistoso

Roca de color gris verdoso, esquistosa, con láminas de biotita que oscilan entre 1 mm y 0.5 cm.,con una textura gnéisica irregular, por la variación del tamaño del grano, en algunas partes con nódulos de cuarzo y oligoclasa, de 0.5 cm.

Al microscópio se observa una estructura esquistosa y bandeada, estando la esquistosidad marcada por la orientación de las láminas de mica, en partes frescas y con su pleocroismo pardo normal y, en otras casos, des

-flecadas, desferrizadas y cloritizadas. El agregado - pavimentoso que se sitúa entre las bandas micáceas, es de cuarzo, con extinción ondulada y en partes con estructura de mortero, y de oligoclasa, con los granos - más pequeños, de cuarzo. Hay porfiroblastos de granate en las bandas micáceas. Minerales accesorios, granos - escasos de zircón y de magnetita.

Vuelven a aparecer micacitas biotíticas finas, con penetración de bandas de cuarzo de 1 cm de espesor. A continuación se observan fajas alternantes de micacitas y micacitas gnéisicas con penetraciones de cuarzo y feldespato; donde las micacitas se hallan penetradas por material aplítico, la roca pierde su esquistosidad y se hace más maciva, pero se conservan capas de 1 cm de micacita más pura y aún dentro de esa mezcla de cuarzo, feldespato y mica, se observan unas líneas más claras de esquistosidad.

Sigue una zona más o menos amplia de predominio de micacitas, que presentan variación en su grado de esquistosidad y foliación, la mayoría de las veces de grano mediano y con micas en láminas bien desarrolladas. Estas pasan a una micacita gnéisica con venas discordantes de cuarzo-feldespato y con nódulos de calcita de 2 cm.

Se intercala aquí una faja angosta de anfibolitas muy esquistosas, de grano fino de anfibol de hasta 3 mm.

Reaparecen las micacitas en general finas, a veces con venas ricas en cuarzo concordantes con la esquistosidad. De aquí fué obtenida la,

Muestra 102 : Micacita gnéisica

Roca de color gris ceniza, finamente moteado a causa de la distribución de los minerales oscuros, principalmente biotita. No se aprecian capas de minerales oscuros y claros, siendo la esquistosidad muy marcada. - El grano, es de alrededor de 1 mm.
La observación microscópica revela una mayor cantidad de cuarzo-feldespato, que la que sugiere el simple examen de la roca. Los componentes ferromagnésicos son biotita y hornblenda, ambos perfectamente frescos, dispuestos de manera de causar la esquistosidad, dada por el plano de clivaje de la mica. Cuarzo y oligoclasa, - constituyen un agregado granoblástico en proporciones equivalentes. Los efectos de presiones, muy leves, se notan en la extinción ondulada del cuarzo. Como accesorios, se hallan magnetita y apatita. Todos los componentes carecen de alteración. La cantidad de minerales oscuros, puede estimarse en un 35%.

Estas pasan al gneis muy micáceo en general de foliación muy marcada y de esquistosidad poco manifiesta, de grano fino y con una homogénea distribución de los minerales claros y os

-curos, a veces con venas de cuarzo de espesor no mayor de 3 mm y carbonato de calcio pulverulento.

Vuelven a presentarse dominantemente las micacitas, en general muy esquistosas y de grano grueso; la biotita con reflejos verdosos y con láminas de muscovita de 1 cm.

En las cercanías de la ventana 2 aparecen fajas alternantes de micacitas, micacitas gnéisicas y gneises de aspecto muy semejante al descripto que generalmente se encuentran en fajas muy destruídas.

Comienza cerca de aquí una zona que por no estar perforada todavía no se pudo hacer el muestreo en el Túnel. De acuerdo con los datos superficiales obtenidos siguiendo la traza, siguen presentándose fajas de las rocas ya descriptas, con predominio de gneises esquistosos e granitoídeos y disminución consiguiente de las micacitas.

Esta situación se mantiene hasta la progresiva 3000, donde se reinició el muestreo en el Túnel, que señala la presencia de micacitas gnéisicas y gneises atravesados más o menos concordantemente por tres filones ácidos de cierta potencia, con los consiguientes efectos en las rocas vecinas.

Después de unas intercalaciones de micacitas y de dos de anfibolitas en contacto con un filón de microgranito, comienza una zona de amplio dominio del gneis, a veces esquistoso pero generalmente granitóideo, en lugares bandeados y con elevada proporción de materiales claros, de grano mediano a grueso.

En algunos lugares se observa una roca semejante a una diorita cuarcífera, que puede estar en relación con el cuerpo de esta naturaleza que aflora en las cercanías, aguas arriba de la Central.

El último tramo del túnel se encuentra penetrado por un cuerpo aplítico, que afectó la roca en una extensión de 100 m según la traza.

La pendiente de la ladera aprovechada para el anclaje de las tuberías forzadas está constituída principalmente por gneis esquistoso, de grano grueso y a veces con foliación notable, que persiste en el lugar donde se construye el edificio de la Central con variaciones locales que luego se verán.

Desde el punto de vista tectónico, cabe decir que, en los tramos perforados de túnel, han sido señaladas más de 100 fajas de trituración que oscilan entre las 0.50 y 5 m de espesor, sin incluir las rocas vecinas que quedaron, asimismo, afectadas por el proceso.

De todas ellas, han sido señaladas en el perfil solamente las que se presentan como más importantes. De ello resulta que, indudablemente, las quebradas responden en su formación, en todos los casos observados, a paquetes de líneas tectónicas que han provocado fajas de rocas destruídas. Estas fajas presentan, en su casi totalidad, un rumbo marcadamente paralelo e inclinaciones muy variables, pero casi siempre dirigidas al E. Algunas observaciones efectuadas permiten determinar a varias como fallas inversas y, considerando la semejanza persistente del rumbo e inclinación dominantes -que, por otra parte, coincide muy aproximadamente con el de la esquistosidad- podría permitirse aceptar generalizando, la existencia de un ambiente de fracturación compresiva.

C) DIQUE NIVELADOR Y TUNEL DE CONDUCCION.

a) Dique Nivelador

En este lugar existen afloramientos de gneis, con algunas fajas de rocas miloníticas, y gabbro cuarcífero, (lámina 7).

El gneis, a veces, es anfibólico, de textura granitoid sin indicios de esquistosidad. El feldespato (plagioclasa) forma granos de 0.5 cm., en general irregularmente distribuído entre el componente oscuro, en su mayoría anfíbol.

En otros lugares, se observan micacitas finas, esquistosas, de color gris bastante uniforme, con porfiroblastos de cuarzo y plagioclasa (oligoclasa).

Estas rocas se encuentran surcadas por fajas miloníticas que llegan, en un caso, a los 3 m de espesor, con un rumbo aparente NE. Describiremos la

Muestra D 9 : Roca milonítica

Megascópicamente, la roca tiene textura granosa fina, con predominio de colores gris y rosado. No se observa bandeamiento, sin variación homogénea de los componentes.

Al microscopio, se distingue con claridad la estructura cataclástica, constituída por un mortero de -

cuarzo que rodea, conjuntamente con biotita -desflecada y con desferrización- a lentes, a veces, de plagioclasa ácida, constituídas en algunos casos sólo por un fenoclasto de dicho mineral, con reemplazo -en forma de motas- de cuarzo. Más raramente, los fenoclastos son de cuarzo cataclástico u ondoloso. La gran cantidad de fenoclastos, en concordancia con el aspecto megascópico de la roca, hace presumir que ésta haya sido un filón diorítico cuarcífero, posteriormente milonitizado.

El gabbro cuarcífero, que aflora en la ladera derecha, forma un cuerpo o dique de unos 15 metros de espesor; termina al W en la quebrada, cubierta por detritus, situada frente al actual Rincón y, al E, limita con el gneis, aparentemente con contacto tectónico, donde existe, además, un filón ácido muy tortuoso. La

Muestra D 3 : Gabbro cuarcífero

Es una roca de color oscuro, no muy distinta de algunos gneises de la zona; tiene manchas de color caramelo oscuro, brillosas, debidas a la agrupación de escamas de biotita.

Los componentes principales, de acuerdo con la observación microscópica son: piroxenos (hiperstena), biotita de color pardo muy acentuado, plagioclasa (andesina básica) y cuarzo. Además, como accesorios, se hallan magnetita y apatita. La estructura es granosa, panalotriomorfa. Llama la atención la existencia de cuarzo, bastante abundante, que se dispone preferentemente en forma intersticial. La alteración de la roca se traduce en desferrización del hiperstena, según líneas de clivaje, y uralitización, bastante avanzada. Algunos granos integramente de anfibol pueden tener ese orígen. En el feldespato hay en partes, alteración arcillosa. Otro componente secundario, formado a expensas de la alteración de plagioclasas y piroxenos, es la clorita. La roca se encuentra, en general, poco alterada.

La extensión abarcada por este bosquejo es muy reducida y, por ello, algunas líneas tectónicas situadas en las inmediaciones, no han podido ser marcadas. Lo han sido, en cambio, otras que probablemente, son subsidiarias de aquellas, con rumbos subparalelos, NE -semejantes al de las fajas de rocas milonítica ya señaladas- con buzamientos muy pronunciados hacia el SE.

b) Túnel de Conducción

En este caso sólo se ha hecho un reconocimiento somero por las inmediaciones, ya que no existe todavía una planialtimetría en escala adecuada.

Podemos afirmar que los lugares que serán atravesados, están constituídos por las mismas rocas del basamento cristalino, con sus variaciones anteriormente descriptas, con la salvedad de que en esta zona fueron observados algunos cuerpos, de cierta importancia, de caliza cristalina.

Además existen dos quebradas, de probable control tectónico, y una serie de fajas trituradas, todas de rumbo aproximadamente NS.

B) BLOQUE COMPENSADOR

El lugar elegido para la ubicación del Compensador de la Central Hidroeléctrica San Roque, se halla situado en un valle extendido, de rumbo meridional, conocido como Valle de La Estanzuela, sobre la margen derecha del río Primero, justo frente a su gran curva hacia el S inmediatamente antes de llegar a la población de La Calera (lámina 1).

Morfologicamente corresponde este valle a uno de los últimos en rocas del basamento cristalino, formado por las estribaciones más orientales de la Sierra Chica. Su rumbo NS coincide, por lo tanto, con el de las líneas tectónicas características de esta estructura. Con posterioridad a su génesis -aceptada como controlada por tectónica- fué modelado por acción de aguas fluviales que han depositado parte de los sedimentos acumulados en este valle, el que presenta, a su vez, dos pequeños vallecitos transversales que bajan del W, hacia la vaguada principal.

a) Litología

Desde este punto de vista (lámina 8), la zona en estudio se presenta también constituída por las rocas del basamento, representado por gneises, granitóideos e esquistosos, a veces granatíferos, biotíticos e anfibólicos, que pasan, en algunos lugares, a micacitas gnéisicas.

Generalmente se presentan como la

Muestra C 4 : Gneis

Roca de color gris oscuro, con manchas blancas y rosadas. Se observan algunos cristales color caramelo, de granate de 1 a 2 mm., la esquistosidad es muy poco marcada. El bandeamiento, poco acentuado, se debe a la existencia de cuarzo-feldespato, en lentes algo irregulares, de 3 mm de espesor.

Al microscopio muestra una estructura granoblástica, con gran variación en el tamaño de los granos, y porfiroblastos de granate. Los componentes son: cuarzo, biotita, microclino, oligoclasa y granate. El cuarzo, con estructura ondulada a cataclástica, es el mineral más abundante.

Otras veces se presentan con el aspecto de una micacita gnéisica, con penetración aplítica, que se dispone según la es-

-quistosidad, muchas veces bastante pronunciada.

En estos casos, el rumbo general de la esquistosidad es meridional -igual a la del valle- y oscila entre N340º a N20º, con inclinaciones pronunciadas al E u W, pero siempre muy cercana a la vertical.

Debido a la cercanía de un stock granítico, son visibles los efectos del magma granítico solidificado, inyecciones que en general siguen los planos de esquistosidad.

Dentro del gneis se han distinguido tres fajas, angostas de rocas milonítiens. Estas siguen también el rumbo del valle. En un caso, concuerda con la

Muestra C 25 : Milonita gnéisica

Roca de color negro grisáceo, de brillo sedoso, muy esquistosa, y con nódulos de feldespato que varían de mm a 1 cm, en algunos casos, alargados según la esquistosidad.

Al microscopio, se observa una estructura milonítica finamente bandeada, con porfiroclastos de cuarzo, oligoclasa, microclino y, otros, compuestos por un agregado de cuarzo, oligoclasa y biotita. Las bandas se componen principalmente de biotita, cuarzo, en guías onduladas y cataclásticas y, granos de los mismos. Entre los accesorios, circón.

De la segunda faja se extrajo la

Muestra C 1 : Milonita

Roca de color gris pardusco oscuro, sumamente consistente, de grano muy fino, casi afanítico. La observación cuidadosa revela bandas apenas esbozadas paralelas al alineamiento de la roca en el terreno.

Al microscopio revela su estructura milonítica, finamente bandeada; biotita, en guías desflecadas, desferrizadas y cloritizadas. Se disponen entre las folias más gruesas y ojos, compuestos por cuarzo y feldespato (oligoclasa). El cuarzo forma granos y bandas con fina estructura de mortero.

La tercer faja, de textura gruesa fina, está bastante alterada, con pérdida de consistencia. La roca tiene una coloración parduzca amarillenta clara, con partes verdosas brillantes, que corresponden a las escamas de biotita algo desferrizadas, y que se disponen dando a la roca cierta esquistosidad, muy fina. Parece corresponder a un microgranito milonitizado.

Si bien en las zonas vecinas a las que nos ocupa existen afloramientos más o menos importantes, de caliza cristalina de material calcáreo, en los lugares elegidos para el cierre no aparecen sino como formaciones de relativo espesor y, especialmente, en las zonas más debilitadas de la ladera derecha, en la pos

-ción más septentrional del valle.

Finalmente, los lugares más bajos y las levísimas cubetas intermontáneas se encuentran rellenadas por un material detrítico constituído por aluvión fino y bloques chicos. Las laderas - tienen, comunmente, un reducido espesor de escombros de falda.

b) Tectónica

Desde el punto de vista tectónico, la zona se encuadra -comenzando por la misma formación del valle- dentro del ambiente señalado como típico en Sierras Pampeanas, es decir líneas tectónicas de rumbo meridional y aproximadamente paralelas, con bloques diferencialmente elevados con un posible "faulting" inverso, respondiendo, por consiguiente, a esfuerzos compresivos y que, posiblemente, han sido aquí controladas por la esquistosidad.

Una línea de falla, de rumbo ya señalado, se infiere morfologicamente -y se constató su existencia- sobre el pié occidental del cordón oriental del valle, especialmente aguas arriba de la planta trituradora existente. Aguas abajo de este lugar, el paredón de falla se pierde y, presumiblemente, esta línea sea localizable a unos 8 o 10 metros hacia el W de la perforación A2, donde existe roca muy destruída y alterada, con afluencia de agua a través de ella.

Esta es, en realidad, la única línea de importancia localizada. Existen por cierto otras, pero de poca magnitud.

Es conveniente hacer notar, sin embargo, que han sido observadas zonas debilitadas y afectadas mecanicamente, especialmente en la ladera derecha en su porción más septentrional, que se - presenta con una pendiente más tendida y con fajas de un material muy alterado, con intercalaciones calcáreas. La cubierta detrítica impide localizar y valorar exactamente su importancia y potencia.

Además, pequeñas fajas de roca triturada de no más de - 0.50 - 0.80 m de espesor, son visibles en el corte del camino provincial, efectuado sobre este mismo cordón.

Se observa un profuso diaclasamiento que responde a los distintos movimientos sufridos por estas formaciones, pero aunque no se los ha podido sistematizar, sí se ha podido valorarlos. En efecto, salvo en las zonas debilitadas, sus espaciamientos y aber

-turas no exceden de los comunes y se debe suponer que en profundidad las aberturas deben ser casi nulas. Algunas diaclasas horizontales, de casi 10 cm de abertura, que han sido localizadas en algunos cortes, deben también cerrarse o disminuir aquella al terminar la capa meteorizada.

Las diaclasas mejor individualizadas tienen los siguientes rumbos y buzamientos:

53 W	76 SW	63 W	69 NE	8 E	78 SE	12 E	86 NW
58 W	81 SW			18 E	62 SE	82 E	75 NW
50 W	75 SW			26 E	81 SE		
66 W	81 SW			48 E	79 SE		
72 W	80 SW			72 E	60 SE		
76 W	86 SW			75 E	75 SE		
79 W	78 SW			80 E	83 SE		
88 W	82 SW			83 E	vert.		

Como se ve, la mayoría de ellas tiene buzamientos muy pronunciados hacia aguas arriba.

IV) GEOTECNICA

De acuerdo con lo enunciado anteriormente, el aprovechamiento hidroeléctrico "San Roque", específicamente, comprende las obras: Toma, Túnel forzado y Central, que se encuentran actualmente en construcción.

Las otras -Dique Nivelador, Túnel de conducción y Dique Compensador- constituyen las obras de Compensación que permitirán el libre funcionamiento de la Central, que ha sido proyectada como "Central de pico", es decir con el trabajo de algunas horas diarias de los cuatro grupos y el resto con solamente uno.

Debe mencionarse además que nuestra intervención en las primeras sólo comenzó inmediatamente después de iniciarse la etapa constructiva, con el objeto de verificar la traza del túnel, asesorar sobre la Toma y sobre el problema de fundación de la Central, que ya se había encerrado hasta llegar a la cota necesaria.

Para las segundas, se ha efectuado la información geológica, que sirvió para la confección de los proyectos, prontos a finalizar.

A) TOMA.

Sin duda alguna, uno de los problemas más interesantes que tiene la obra es la ejecución de la Toma bajo agua, que debe comunicar al Túnel forzado con el Lago San Roque para permitir evacuar de éste el aporte hídrico que moverá las turbinas.

El túnel, antes de llegar al lago, está previsto de un conducto inclinado que permite bajar o elevar las compuertas y, a partir de allí, continúa aquél con sección doble rectangular.

Esta obra, por razones de proyecto, se debe construir con un umbral a cota 621.25, es decir por debajo del embalse mínimo previsto (cota 627) o sea unos 22 m bajo la cresta del vertedero.

A esta operación, que será la primera en efectuarse en Sud América, Schoklitsch (47) la denomina "asometida" y la define como "la operación de desaguar un lago mediante una toma sumergida, con el objeto de aprovechar la capa superficial del lago. Corresponde al alemán See-Anstich."

En un principio se proyectó cerrar el antiguo Dique San Roque, bajar la cota del pelo de agua entre ambos diques y construir una ataguía para trabajar en seco, que permitiera perforar desde el lago hacia la sierra. Por la coincidencia de algunos factores -entre ellos la imposibilidad de fundar la ataguía por los escombros de hormigón existentes- este método se hizo de imposible realización.

Se decidió, por ese motivo, construir la Toma desde la sierra hacia el lago, con éste a una altura mínima posible (es decir al terminar la estación no lluviosa).

Precisamente en ese entonces (Julio 1954) se aconsejó correr el eje del túnel unos 10 m hacia el vertedero, para ubicar así a aquél en el centro de un morrito existente (fotografía 8 y 9) y desplazarlo de esta manera de una zona fallada, que coincidía con la primera traza.

También se aconsejó desplazar la chimenea inclinada desde la orilla del lago hacia la sierra con el objeto de asegurar una mayor tapada que disminuyera los riesgos, ya que al estar inclinada hacia el lago su tramo inferior, es el que menores tapadas vertical y lateral tendría por la forma y pendiente de la ladera, trabajando allí las aguas de infiltración con una carga de alrededor de 2 atmósferas.

Por esta razón, el conducto inclinado y la casa de compuertas se desplazaron 22 m de la orilla, lo que obligó a empotrar el edificio en el cuerpo de la sierra.

Esta acometida que, evidentemente, es una operación muy riesgosa, se hará siguiendo las especificaciones indicadas por experiencias anteriores.

Ellas aconsejan avanzar con el túnel hacia el lago hasta dejar un tapón de roca de 4 a 5 m. El avance en los últimos metros debe hacerse en forma muy cuidadosa, con un largo taladro pilote. Para el caso de que las filtraciones fueran pronunciadas se prevé el trabajo en recinto con aire comprimido.

Una vez logrado eso, se excavará en la solera del túnel una fosa de por lo menos 2 veces el volumen del tapón de roca dejado. Se bajará el órgano de cierre y se construirá delante de

éste un tapón de hormigón para evitar sea estropeado, se llenará con agua esa sección del túnel y la chimenea inclinada hasta una altura mayor que la del lago, para que haya una mayor presión de agua desde adentro hacia afuera que lo inverso, y se procederá a la voladura del tapón de roca.

La mayor presión de agua debe expulsar los escombros hacia afuera y si no sucede así caerán en la fosa. El tapón de hormigón será volado y los escombros sacados hacia el lago por bombas.

Se exige para este trabajo que la ladera sea empinada para evitar que los escombros queden en las inmediaciones. Esta condición no se cumple íntegramente en nuestro caso, menos aún porque durante la construcción del nuevo dique se hizo a la cota de la toma un camino de obra en terraplenado.

Por esta razón, se solicitó la obtención de un perfil en roca de la ladera, para poder valorar exactamente cual sería la tapada con que se va contando al avanzar con el túnel hacia el lago.

Otra circunstancia que hace delicada esta operación, es la cercanía que existe con el pozo vertedero (solamente 12 m).

Al respecto cabe aclarar que se tuvo noción de la responsabilidad asumida al aconsejarse el desplazamiento del eje del conducto, dentro de las muy pocas variaciones posibles. Por una parte, no podía ser corrido hacia el dique viejo por la existencia en ese lugar del vertedero del muro y, por otra, si bien se consideró la incompresibilidad del agua ante el golpe explosivo, se debe tener en cuenta que la superficie del espejo de agua existente facilitará la expansión de la onda. De esta manera se evitó el problema que representaría construir el túnel siguiendo una línea fallada.

Sin embargo, deberá necesariamente tenerse especial preocupación con esta "pega" y valorarse exactamente el kilaje de explosivos a utilizar, en base a los datos que se vienen obteniendo, para que alcance a volar el tapón y no exceda en mucho su necesidad.

Ahora bien, la chimenea inclinada fué ensanchada a sección reducida y al realizarse el perfilaje de ésta (lámina 10) -

se encontró a cota 636 una caverna, resultante de un derrumbe de un volumen aproximado de 150 m^3. A la cota 635, la caverna así formada tiene una sección romboidea de alrededor de 20 m^2 que, aparentemente, va disminuyendo hacia abajo hasta llegar a cota del túnel de presión que está todavía sin perforar a partir de la progresiva 17.50.

De acuerdo con los datos suministrados por la Jefatura de Obras, a fines del mes de Noviembre de 1955 y como consecuencia de una pega con una cantidad excesiva de explosivos -efectuada por la empresa contratista- se oyó un gran estrépito que, indudablemente, debió ser el orígen del derrumbe citado. Aparte de la "pega", han influído los trabajos de excavación en el túnel a sección completa que, como ya se dijo, en este tramo es rectangular, sin haber efectuado los hormigonados previstos en el plan de trabajos, que hubieran permitido transmitir los esfuerzos e imposibilitar los deslizamientos de bloques de roca.

Las paredes de la caverna -subverticales- corresponden a espejos de fricción nítidos y de gran desarrollo que se entrecruzan formando cuadrículas, mientras que el techo actual concuerda aproximadamente con el rumbo e inclinación de la esquistosidad de la roca, teniendo esta última un valor de 45-50º.

Entre el derrumbe y la chimenea (en este tramo sin perfilar) ha quedado roca "in situ" con un espesor desconocido, pero que no debe superar los 2 metros y que seguramente disminuye en sus tramos inferiores.

Además, esta roca se encuentra muy diaclasada y atravesada por fajas de trituración que desmejoran aun más su calidad tecnológica y, por ende, disminuye las posibilidades de su estabilidad, debiéndose tener en cuenta asimismo el peso del material derrumbado que está sosteniendo.

Debe hacerse notar que esta roca "in situ" presenta bloques con movimientos relativos, que si bien no puede asegurarse sean de data reciente, revelan sí la posibilidad de que continúen su deslizamiento, rote el equilibrio del ambiente.

De lo dicho se desprende que a esa roca "in situ" no debe brindársele ninguna confianza como elemento estable y, en cambio, al encarar la solución definitiva de trabajo ha de tener

-se presenta el peligro inmediato y mediato que encierra porque, como se vé, estando la roca dividida en bloques de hábito paralelepipédico, al desaparecer un apoyo de uno de estos bloques y al quedar "colgado", lógicamente existen probabilidades de que caigan por gravitación.

A la situación así planteada, debe sumársele la acción de las aguas de infiltración. Estas tienen en la actualidad un caudal reducido -no supera los 20 l/s- pero teniendo en cuenta la fuente de orígen que es el Lago San Roque, cuyo pelo de agua se encontraba a la fecha (Mayo 1986) unos 6 m por arriba de la cota superior del derrumbe, no existe ninguna posibilidad de que se cierren las vías sino que, por el contrario, estas continuarán siendo lavadas, disminuyendo así la cohesión de los bloques.

Estas filtraciones, hasta el momento, provienen desde el NNW y se notan también en el hormigonado hecho en la chimenea hasta una cota muy aproximada a la del pelo de agua actual. Seguramente se ven facilitadas por la posición estructural de la esquistosidad, que inclina de NW a SE, es decir desde el lago hacia el interior de la sierra, situación que así aumenta la antitropía del ambiente.

De todas las obras para este aprovechamiento, la Toma es la más cercana al borde occidental de la Sierra Chica y, lógicamente, es esta zona de la sierra la que más visiblemente se encuentra afectada por la tectónica. Es así que pueden ser observadas varias fajas o paquetes de fallas de muy distinta potencia e importancia. Las más cercanas a las obras tienen, en general, un rumbo NE-SW y, por lo menos, una faja de trituración atraviesa oblicuamente la traza del túnel que falta perforar. Debe entenderse que esta faja, si bien tiene un espesor que no alcanza al metro, la zona testeniada puede duplicarlo.

Además, la zona se encuentra surcada por diaclasas y espejos de fricción nítidos y de buen desarrollo, como con los que forman las paredes de la caverna. Se dan a continuación algunos valores:

Espejos de fricción

75 E - 68 SE	86 E - 69 N
25 E - 73 SE	86 E - 70 N
29 E - 65 SE	50 E - 80 N
18 E - 73 SE	
65 E - vert.	
86 W - 70 S	85 W - 83 N
	35 W - 68 NE
	45 W - 70 NE

Diaclasas	**Equistosidad**
83 E - 80 N	29 E - 48 SE
NS - 35 W	8 E - 54 E
85 W - 60 N	29 E - 45 SE
80 W - vert.	45 E - 40 SE

De acuerdo con todo lo dicho, se aconsejó nuevamente q carar desde ahora el problema integral de la Tona, con cuya soluci ción se facilitará también la resolución de la situación creada por el derrumbe producido en la chimenea, en la que debe emplear se mucha precaución.

En el planteo deberán tenerse en cuenta la morfología del lugar, el estado de la roca con sus ya visibles consecuencia en lo que respecta a estabilidad, y las filtraciones.

El lugar de la acometida al lago, como ya se dijo, fué cambiado en el mes de Julio de 1954 a un lugar muy próximo pero que reunía morfologicamente las mejores condiciones dentro de la muy pocas variaciones posibles. Quedó así en el eje de una "nari surcada a ambos lados por dos vaguadas.

Resulta necesario insistir en la ejecución de un perfi en roca de la ladera, que hasta el momento no ha sido efectuado por la empresa constructora.

Esto es indispensable y es necesario que se haga con control geológico para tener la seguridad de que las muestras en trafdas correspondan a roca firme y no a posibles bloques sualto Con este perfil se podrá conocer concretamente las tapadas que quedan al ir avanzando hacia el lago.

La Inspección de Obras ha obtenido una batimetría del lugar y en base a ella se confeccionaron los perfiles transversa les a progresivas 0, 2, 4 y 6 que se acompañan (lámina 11) y que comparados con las fotografías obtenidas durante la construcción del nuevo dique, se muestran como muy bien aproximados.

En base a dichos perfiles y teniendo en cuenta la seccid actual del conducto u otra que se adopte, puede ya adelantarse que no convendrá avanzar en túnel hasta mas allí de la progresiva 6.00 Una vez perforado hasta allí sería aconsejable hacer volar el tapó de roca que resta con perforaciones efectuadas desde afuera.

De aceptarse este temperamento, la fijación definitiva d la progresiva hasta donde deberá avanzarse en túnel quedará condicionada al perfil en roca de la ladera, aunque es factible calcula que, yendo hacia el lago, hasta la progresiva 6.00 no habrá mucha diferencia entre aquel y el actual.

Con respecto al estado de la roca, ya se ha dicho que es una zona tectonizada y que -aparte de las fajas destruídas que -- atraviesan oblicuamente la traza- ella se encuentra diaclasada y con nítidos espejos de fricción que la dividen en bloques. Es prec samente a través de estos planos y de la esquistosidad que inclina desde el lago hacia la sierra, por donde el agua penetra y lava el material que los rellena. Por eso es conveniente inyectar con dos fines: el de consolidar el lugar y el de cerrar las vías de agua. para lo primero se propone inyectar a muy baja presión desde arrib hacia abajo y en forma progresiva, por etapas inferiores a 3 m de longitud. Con esta consolidación se limitan los riesgos de eventua les nuevos derrumbes que, de producirse, no deben necesariamente - ser de similar magnitud al ocurrido.

Para el cierre de las filtraciones se aconseja efectuar dos pequeños velos laterales y oblícuos al eje del túnel con una - conveniente orientación de los taladros, previa una sistematizaci de los planos más importantes.

Lógicamente, para ambos casos deberá efectuarse antes un prolijo estudio de las posibilidades y consecuencias, y los respec tivos ensayos.

Estos trabajos, es decir la consolidación e impermeabili zación, que pueden realizarse conjuntamente con el perfil de la la dera se muestran como previos a la solución ingenieril del actual derrumbe, en la cual -se insiste- deberá procederse con la mas e trema precaución teniendo presente que la roca llamada "in situ" n ofrece absolutamente ninguna seguridad.

Por otra parte, se consideran aceptables desde el punto de vista geológico las normas dadas por los ingenieros para la -- prosecución de la obra, en lo que concierne a la reconstrucción - -mediante hormigonado ciclópeo y pobre- del ambiente afectado po el derrumbe.

Este es el estado actual en que se encuentra la constru ción de esta obra.

B) TUNEL FORZADO

Este túnel, de acuerdo con el proyecto, tiene una longi tud de 4827 m, con pendiente 1.91 °/oo, sección circular con diá- metro terminado de 3,50 m, y un caudal de 34 m^3/s. En la progresi va 4096 está ubicada la chimenea de equilibrio de 46.50 m de altu ra.

Su trazo fué señalado con la base topográfica -con muy buen criterio en general- teniendo en cuenta las necesidades con tructivas: máxima caída, pendiente apta para las tuberías forzada y espacio para la ubicación del edificio de la Central.

De esta manera, nuestra primera intervención -que como ó apenas iniciadas las labores de perforación- consistieron en un reconocimiento superficial del terreno, según su recorrido, pa ra señalar sus características geológicas y los posibles proble- mas que podrían presentarse.

En base a él, se estableció -generalizando- que la ro ca era de aceptable calidad, con una orientación óptima de sus es tructuras, aproximadamente transversales en toda la traza. Se vió sin embargo, que esa calidad tecnológica no era siempre la misma y que, a medida que nos acercamos hacia el W, va disminuyendo, en razón de aumentar el grado de esquistosidad y el diaclasamiento - de la roca. Por esa razón, se estimó que los valores de sobreexca ra -a igual técnica- no sobrepasarían del 15-20%, con los por- centajes más altos en el tramo más occidental, descontando, por - supuesto, las fajas de roca muy triturada.

Se expresó también que solamente se encontrarían dificu tades al atravesarse las quebradas, por dos motivos: uno, el de - posible coincidencia de todas ellas con fajas de fracturación, es

la consiguiente secuela de probables desmoronamientos rocosos y vías de agua, sin alcanzar gran magnitud; el otro, agravado por lo dicho anteriormente, se refería a las tapadas verticales y laterales de esos lugares, que no cubrirían los espesores mínimos satisfactorios de roca.

Para lo primero, se aconsejó cuidar los avances al llegar a esas progresivas y prever la necesidad de tener que recurrir a un entibamiento no muy reforzado, ni tampoco de mucha extensión, en cada caso. Se consideró entonces que la zona del túnel con mayor problema era, sin duda, la de Ventana 2 (quebradas de la Mostaza y de Ventana 2), aunque -debe repetirse- no excedería los límites de lo normal en esta clase de trabajos.

Para lo segundo, en base a los planos topográficos existentes, se construyeron perfiles transversales, según las quebradas. Con ellos se estableció que en éstas, las tapadas de roca no equiparaban con su valor al de las cargas del túnel en esos lugares. Con respecto a esto, debemos aclarar que aceptamos el empirismo americano que establece que para los casos de túneles en rocas como las que aquí afloran (no cuando se las considera que trabajan a la gravedad), la tapada debe ser igual o superior a la carga hidrostática del conducto en ese punto. Y con más riesgo, puede ser igual a 0.7 de la carga, más el diez por ciento, por golpe de ariete.

Así se presentó la alternativa de desplazar la traza para aumentar la tapada, o reforzar las armaduras del revestimiento en esos tramos.

Como el desplazamiento de la traza significaba una mayor longitud de las ventanas de acceso, previo cálculo económico los ingenieros prefirieron reforzar al revestimiento.

Por otra parte, se estimó que el lugar elegido para la chimenea de equilibrio presentaba roca de excelente calidad y que las tuberías forzadas serían ancladas en un gneis esquistoso, generalmente bien conservado, por lo que se descuenta la carencia de dificultades.

Además se consideró como bien ubicadas las ventanas (4 en total), condicionadas a las características topográficas; solamente pareció como muy cercana al límite máximo conveniente,

la longitud existente -2000 m- entre ventanas 2 y 3.

Se continuó la perforación sin tropiezos, utilizando e sistema americano "heading and bench", que esencialmente consist en avanzar a sección completa en dos semisecciones, la superior una "pega" adelante, lo que permite trabajar con dos pisos, facil litándose mucho así la labor con los martillos, teniéndose ademá mayor superficie de ataque (fotografía nº 11).

Sólo en algunos tramos, especialmente en las inmediaci nes de la Ventana 1, se avanzó a sección reducida, con ensanche posterior.

De acuerdo con lo observado en inspecciones posteriore la roca es, evidentemente de buena calidad, con paquetes de faja de trituración, aproximadamente normales al túnel, coincidiendo las más importantes con las mencionadas quebradas, especialmente en las de La Mostaza y de Ventana 2, muy cercanas ambas.

La sobre excavación, con valores que no sobrepasan al 12% en promedio, debe ser referida casi íntegramente como sobrer tura, ya que por la naturaleza del contrato, la empresa construc tora cuidó las sobre excavaciones.

Los valores obtenidos no se presentan mayores en la zo na prevista como tal, pero ha de tenerse en cuenta que precisame te allí se trabajó a sección reducida, que -al tener que ser ll vada a sección completa y después perfilada- permite mayor exac titud, pero a mayor costo.

La sección que se adoptó para el túnel -circular- es teoricamente la mejor para resistir los esfuerzos internos y ex- ternos, aunque más dificultosa para el hormigonado.

Con respecto al revestimiento, en la mayoría de los tr mos sólo servirá para reducir la turbulencia de la corriente de agua.

En lo que se refiere a su dimensionamiento, también aq se usa el empirismo americano de "una pulgada de espesor por cad pie de diámetro", resultando de esa manera del orden de los 30 c

En los casos ya descriptos de las quebradas, este reve timiento deberá ser resistente para suplir la falta de tapada y la menor colaboración de la roca; esta última se observa también en otras secciones, especialmente en las ubicadas entre Ventana

y Tema, donde se aconseja armar desde la progresiva 250.

Las filtraciones solo se hicieron molestas en las inmg diaciones de la quebrada de la Mestana y no alcanzaron, por otra parte, valores importantes. Aparte de ésta, otras menores se observaron en la quebrada de Ventana 1 y cercanías.

De todo lo expuesto, no parece, hasta el momento, necesaria la ejecución de inyecciones de alta presión. Convendría dejar unos tubos, sin embargo, en las progresivas correspondientes a la quebrada de la Mestana, donde se formó una chimenea.

Con respecto a las inyecciones de baja presión, para unir el hormigón del revestimiento con la roca, se deberán hacer según lo acostumbrado, es decir, una en la clave del túnel y otras dos a 120º de ésta.

Para finalizar, debemos mencionar que, dada la excelente calidad media de la roca -con la consiguiente supresión de armaduras en muchos tramos- se calculó un ahorro de alrededor de 250 toneladas de hierro, lo que representa aproximadamente unos $ 5.000.000.

C) CENTRAL HIDROELECTRICA

La Central San Roque ha sido fundada en una roca gnéisica que varía de compacta a muy esquistosa con intrusiones filonianas, todas disturbadas -aunque diversamente- por los esfuerzos de un pronunciado tectonismo.

El gneis en algunos lugares se presenta con textura granitoídea con pocas señales de esquistosidad, con un buen porcentaje de cuarzo y poca mica.

En otros lugares, por el contrario, se le observa con una textura típicamente esquistosa, fácilmente exfoliable según estos planos de esquistosidad y con una alta proporción de mica que, en partes, se encuentra muy alterada en clorita, dando por ello a la roca una coloración parda verdusca.

Estos son los tipos extremos en que se presenta el gneis no pudiéndose señalar límites precisos entre uno y otro, ya que existen transiciones de carácter irregular provocadas por la naturaleza íntima de la roca, por la tectonica, por la intrusión de filones o por la intensidad de penetraciones silíceas.

En todos los casos el gneis esquistoso presenta sus -

planos de esquistosidad orientados con rumbo casi meridional, que oscila entre N20º y N40º e inclinados entre los 50 y 60º hacia el E.

El gneis más compacto presenta sus gruesos planos esquistosos semejantemente orientados.

Desde el punto de vista tectónico, el lugar de fundación de la Central se halla ubicado en las proximidades de una falla de rumbo aproximado N350º, típica en esta estructura de Sierras Pampeanas.

Ella es la causante de una profunda quebrada en la ladera izquierda del río Primero; siguiendo su rumbo alcanza la margen derecha muy cercanamente aguas abajo del lugar elegido para la construcción de la Central.

Consecuentemente, las zonas inmediatas a esta falla se encuentran afectadas por esta manifestación de tectonismo que ha provocado, además, fallas subsidiarias aproximadamente paralelas.

Así, en el piso de la excavación y a esta aproximada de fundación se han ubicado varias de ellas, de importancia y espesores diversos.

Una de esas fallas, la F I (lámina 12) se presenta con un rumbo medio N355º e inclinada 70º hacia el E. Su espesor es variable tanto en profundidad como en planta, oscilando entre 1 y 2 metros.

La roca se encuentra deshecha por los esfuerzos tectónicos, adquiriendo un aspecto arcilloso de color pardo amarillento con tinte rojizo.

En las cercanías de esta zona es donde se observa el gneis más esquistoso y fácilmente exfoliable.

Otra zona intensamente tectonizada se encuentra en la parte NE de la excavación; allí existe una zona fallada (F II) de rumbo 335 a 350º e inclinada de 40 a 60º E, donde la roca se presenta igualmente destruída en una faja de 2 a 3 metros de espesor, acuñada en profundidad.

A partir de esta zona hacia el extremo NE, la roca se encuentra mecanizada y alterada, con marcado aspecto brechoso. Es así que filones aplíticos -característicos por su dureza- son f

-cilmente disyuntables en pequeños trozos prismáticos, según los planos de los distintos juegos de diaclasas e clivajes.

Muy cerca de la arista NE de la excavación se ha ubica de una falla (F III) de rumbo N340º e inclinada 80ºE, de reducid espesor.

Otras fallas de menor significación observamos en el e tremo SW, con rumbos N340º, N325º y N395º, inclinadas 65ºE, 40ºN y 90º respectivamente. Sus espesores medios son de 0.40, 0.25 y 0.50 m. Se encuentran en una zona donde predomina el gneis compa to.

Algunos bancos de calizas cristalinas de moderado espe sor y de inclinación subvertical, siguen el rumbo general de las líneas tectónicas principales.

Resultante de la tectónica es también el intenso diacl samiento que se observa en la roca.

Los principales juegos tienen rumbo N180 a 190º inclin dos de 70ºSW a verticales, y rumbo N110º con inclinación de 35 a 45ºSW; las aberturas son mínimas, que en general no sobrepasan el centímetro.

Los espaciamientos son muy variados, llegando a hacer del orden del centímetro. Este se hace más marcado a medida que avanzamos hacia el E de la excavación, o sea, más claramente, qu en ese sentido disminuye la calidad tecnológica de la roca hast llegar a la zona netamente brechosa y alterada del extremo NE, que es el más cercano a la zona de falla principal primeramente mencionada.

Se aconsejó consolidar esta zona brechosa mediante in yecciones de baja, preferiblemente orientadas con rumbo N330º e inclinadas 45º hacia el NW.

A través de los planos de diaclasas y de fallas menci nados se observaron en la fundación afloramientos de agua con al gún contenido de calcio por lavado, que sumados a las filtración nes provenientes directamente del río, ha sido aforados en algo menos de 5 l/s.

Se aconsejó en ese sentido intentar el sellado de esa vías mediante inyecciones convenientemente orientadas, especial

-mente en los lugares donde predomina el gneis compacto.

Para solucionar el problema provocado por las dos fallas principales se aconsejó limpiarlas en profundidad y en ancho, rellenándolas con hormigón, hasta una cierta cota a partir de la cual se construyó una losa resistente suplementaria. La Jefatura de Obras utilizó en el rellenado hormigón de 250 Kg/m^3 y en la losa armada de 0,40 m de espesor, hormigón de 300 Kg/m^3.

Se consideró, además, como conveniente la ejecución de un sistema de drenaje con pozo colector, propuesto por la Inspección de Obras.

De acuerdo con las observaciones realizadas, se puede inferir que se hubiera encontrado muy posiblemente roca con mejores aptitudes tecnológicas si se hubiera corrido la Central unos metros hacia aguas arriba, o sea alejarnos de la quebrada con control tectónico ya mencionada, situación que se podría haber contemplado si se hubiera realizado una inspección geológica antes de iniciarse la excavación.

No obstante ello, la roca con las limpiezas efectuadas y las soluciones constructivas, permite ser considerada como apta para la fundación del edificio de la Central, debiéndose cuidar las cargas en las zonas de falla, que no deberán exceder de [illegible] 5 Kg/cm^2.

D) DIQUE NIVELADOR

Inmediatamente aguas abajo del dique de toma, conocido como "El Diquecito", se proyecta construir un cierre nivelador que obligará, además, a elevar las vías férreas existentes.

Como ya se dijo, afloran aquí rocas gnéisicas y gabbro anaréfero, ambas, en muy buenas condiciones.

En la quebradita situada en la ladera derecha, se constató la existencia de una zona fallada, aparentemente vertical, que atraviesa seguramente la fundación; ella, de acuerdo con la roca que se observa en el lecho, no ha de presentar ningún otro inconveniente, ya que los afloramientos son de magnífica calidad.

Con respecto a las laderas, la derecha presenta como lugar más apto el que se halla inmediatamente aguas abajo de la quebradita, es decir, donde aflora el gabbro, hasta antes de su

contacto con el gneis, donde existe una faja de roca destruída.

La ladera izquierda presenta, por lo menos en la parte visible, una relativa homogeneidad, como así también una aparente menor calidad tecnológica, por lo menos en superficie. Ya hacia aguas abajo, existe una faja triturada que podría ser relacionada -aunque no definitivamente- con la citada en la ladera derecha.

Es decir que, considerando la calidad de la roca y la altura del dique, que no sobrepasará la cota 522, puede descontarse la falta de problemas exceptuando, por supuesto, la probable línea de falla citada. Por este motivo, conviene ubicar al eje lo más cercano posible al actualmente existente, para atravesarla -con éste, a mayor cota.

E) TUNEL DE CONDUCCION

En cuanto al túnel -de unos 2000 m de longitud- que conducirá las aguas del Nivelador al Compensador y que, practicamente, carecerá de carga, sólo se establecerán consideraciones generales ya que no se cuenta todavía con planialtimetría en escala conveniente para fijar su traza.

Con todo, se puede expresar a priori que será excavado en rocas cristalinas del basamento, en su casi totalidad. Teniendo en cuenta la orientación general del trazado posible (W - E), atravesará así las rocas, con una dirección óptima, es decir cortando los planos estructurales, esquistosidad y fajas trituradas; precisamente, dos quebradas existentes deben estar relacionadas con esas últimas.

Además, debe preverse la posibilidad de tenerse que atravesar fajas de rocas calcáreas, que parecen hacerse más potentes al avanzar hacia el E.

Hasta llegar la oportunidad de dar una información detallada, puede asegurarse, sin embargo, que, dadas las características de las obras, el comportamiento tecnológico del ambiente ha de ser muy similar al encontrado en el túnel forzado.

F) DIQUE COMPENSADOR

Dos son los lugares propuestos por la Jefatura de Estudios para el cierre Compensador San Roque.

Uno de ellos, que llamaremos cierre A, se encuentra ubicado a unos 110 m del camino provincial, medidos en la parte más baja de la vaguada del valle (lámina 8).

El otro, cierre B, está situado unos 300 m aguas arriba de la ubicación anteriormente citada.

a) Cierre A

El perfil del valle según este eje (lámina 9b) es de V muy abierta y tendida, algo asimétrica, con la ladera oriental de mayor pendiente, pero dentro del orden de los 10 - 12°. Su longitud a cota 522 (coronamiento), es de 861 m aproximadamente y de ella se tienen afloramientos en la línea del posible eje en un total de 370 m, o sea un 60 %. El resto se encuentra cubierto por un delgado espesor de material detrítico, aluvional o de faldeo.

Más detalladamente, y de W a E, partiendo de la estaca 1, se tiene afloramientos continuos de buena calidad con una capa meteorizada de espesor común en este tipo de roca, hasta las proximidades de la estaca 13. Desde allí y hasta cerca de la estaca 16, la roca desaparece. Una perforación (A 1), ubicada en este tramo, no encontró roca hasta los 6.53 m de profundidad.

Perforación A 1:

Cota boca pozo: 497.47
Cota roca : 490.94

Desde esta cota se prosiguió la perforación hasta 488.97 con un testigo de gneis granitóide, sano, de color gris oscuro y con leve esquistosidad, recuperado en un 100 %.

Inmediatamente hacia el E de la estaca 16, aunque en una reducida extensión areal, vuelve a aparecer roca que aflora en la línea unos 25 m, después de los cuales comienza a bajar suavemente cubierta ya por detritus. Este afloramiento es en realidad un relieve erosivo, muy diaclasado en bloques grandes y sueltos, lo que obligaría a efectuar allí una buena limpieza antes de poder considerarlo apto para una fundación.

Es de hacer notar que los afloramientos mencionados hasta el momento -si bien se presentan casi continuamente y con roca en buen estado- no tienen una gran extensión aflorante en sentido NS, es decir que se les observa como una faja extendida en dirección WE, limitada al S por uno de los vallecitos que baja del W

hacia la vaguada principal; este vallecito, bajo el cual se pieg de suavemente la roca, debe tener una cubierta detrítica de espe ser ya respetable. Hacia el N, la roca baja también suavemente, quedando bajo una cubierta hasta pasar el camino provincial, vol viendo entonces a aflorar en algunas partes.

A partir de P 501 y hasta muy cerca de P 530, es decir en la vaguada del valle, la roca se encuentra cubierta. Allí se efectuó una zanja que fué encontrándola (hasta llegar al camino) a cota cada vez más baja, pero sin sobrepasar los 3 m de material detrítico sobrepuesto a ella -gneis granitóides- que en general se presentó en buen estado y atravesada por algunas filones ácidos de muy poca potencia.

La zanja, reiniciada al E del camino mencionado, al alcanzar una profundidad levemente superior a los 3 m, encontró roca alterada y destruída mecanicamente con afluencia de agua, hasta unos 8 m al W de la perforación A 2. Es decir que, dado el estado de la roca desde el camino hasta ese punto se puede ubicar con fundamento en este tramo del perfil, la falla citada al describir la geología.

La mencionada perforación A 2 fue ya efectuada en roca sana. En efecto, iniciada a cota 491.97, atravesó 2.30 m de aluvión y desde allí fue perforado en roca -gneis granitóides- 4.[illegible] m, con un testigo recuperado en un 100 % y una pérdida de agua del 20 %.

Hacia al E de la perforación A 2, la roca sube lentamente, aflorando desde P 520 hasta P 540.

Desde allí al E y hasta la cota máxima probable, la ladera se encuentra cubierta por una capa de escombros de falda. Algunos raspones efectuados muestran en partes la roca -gneis muy esquistoso- a muy poca profundidad y, en otras, completamente alterada con formación de material caolínico. Raspones de hasta 1.7[illegible] m de profundidad, encontráronla en esas condiciones, pudiendo ser relacionada con la que en igual aspecto se observa en el frente de cantera ubicado muy cerca, aguas arriba, formando así una faj[illegible] de rumbo aproximado 350°, debilitada seguramente por tectónica.

b) Cierre B

El perfil de este valle, según este eje (lámina 9b), presenta dos zonas de morfología distinta.

Una de ellas corresponde a una cañada en forma de U muy abierta, que se encuentra en el extremo oriental del perfil; a partir de ella y hacia el W, la topografía es muy suave, ascendiendo el terreno lentamente hasta llegar al verdadero bloque del cordón occidental del valle.

La longitud de este cierre, siempre a cota 522, es algo menor de 410 m contándose en la línea con afloramientos rocosos por un total de 164 m, lo que representa un 40 % de su longitud.

Del resto sin aflorar, gran porcentaje corresponde a la zona suavemente elevada hacia el W, que se encuentra cubierta por escombros y material detrítico en un espesor variable, habiéndose constatado hasta 4.75 m.

En detalle, y siempre W a E, desde la estaca 1, la roca aflora hasta la estaca 4. Corresponde a un gneis granitóide de grano grueso, con algunas venas aplíticas.

A partir de allí y en una extensión de casi 200 m la roca, como ya se dijo, se halla bajo una cubierta de espesor variable.

Para llegar a estimar su potencia se efectuaron 3 pozos a cielo abierto y 1 perforación.

Los pozos dieron a medida que se alejaban del W, mayores profundidades para llegar a roca. En efecto, el primero dio 2.10 m el segundo 2.25 m, y el tercero no llegó a roca a los tres metros.

La perforación B 4, ubicada muy cerca del tercer pozo, y aceptándose como el posible lugar de mayor espesor detrítico, dio este resultado:

Cota boca pozo: 513.64. Desde allí hasta 509.04 (4.60 m) se atravesó material detrítico y algunos rodados. De 509.04 y en un espesor de 15 cm se obtuvo arena fina, apareciendo al fin de ella roca igual a la ya descripta con una recuperación del 75 % de testigo y una pérdida de agua del 30%. Esta situación se mantuvo 1.50 m (hasta 507.39) desde donde se siguió perforando hasta 506.7 en muy buena roca con una recuperación del 100%, manteniéndose la

pérdida de agua.

A partir del pozo B 4 y hacia el E, se puede suponer que el manto detrítico va disminuyendo su espesor hasta que, en las proximidades de la estaca 8, la roca aflora francamente.

Se puede interpretar la existencia de material detrítico con rodados y arena, como depositados bajo la acción de aguas fluviales o de arroyos que posteriormente utilizaron la cañada -genéticamente tectónica- como vía de evacuación. Este material logicamente se encuentra mezclado con escombros de faldeo, a veces cementados con material calcáreo.

Desde las proximidades de la estaca 8 hasta el P 54, la roca aflora; es un gneis granatífero, de grano grueso; si bien es compacta, se encuentra diaclasada en bloques de regular tamaño Esta zona debería ser objeto de limpieza y de algunos trabajos antes de fundar, para evitar pequeños asentamientos del material arcilloso que rellena algunas grietas, como así también evitar fugas a través de los planos, en especial los paralelos a la vaguada.

La perforación B 3 (cota boca 495.65), después de atravesar 1.70 m de detritus, encontró roca a 493.95. Desde allí hasta 493.35 (0.60 m), se obtuvo un testigo de roca alterada y avance rápido. A partir de 493.35 se perforaron 3 m, extrayéndose un buen testigo recuperado en un 100%, de gneis granitóideo.

La perforación B 2, atravesó desde su boca (495.80), 2.80 m de aluvión y escombros, entrando así en roca 493.00. La roca obtenida está alterada con alguna que otra faja de roca testimizada de no más de 5 cm de espesor. Esta situación se mantuvo hasta los 4.15 de profundidad; por debajo de ella se perforó hasta los 6.56 m, obteniéndose un buen testigo, recuperado 100%, de igual roca que la perforación anterior.

La perforación B 1 permitió localizar la falla ya mencionada. El resultado obtenido es el siguiente:

Cota boca pozo: 496.81. De allí a cota 491.75 (5.06 m), se encamisó al atravesarse escombros y aluvión. De 491.75 a 491.0 (74 cm), se atravesó roca brechosa. De 491.01 a 489.21 (1.80 m), se encontró roca finamente triturada, típica de falla. En cota

429.21 se entra en roca con testigo mediocre hasta 428.81, y desde allí hasta 486.61, se obtuvo un buen testigo de gneis granitóides, recuperado 100%, con una pérdida de agua del 10%.

De acuerdo con estos datos, la falla en cuestión ha sido atravesada con un espesor aparente de 1.80 m. El verdadero espesor puede ser menor, según la inclinación del plano, que de acuerdo con lo observado en la zanja del cierre A, es muy inclinado hacia el E.

Desde la perforación B1, la roca sigue cubierta hasta P 69, a partir del cual y ya en la ladera, aflora hasta más arriba de la posible cota máxima, como un gneis esquistoso, algo bandeado.

La roca en esta ladera se encuentra superficialmente alterada, no habiéndose llegado a encontrarla sana, con una zanja -- efectuada a media altura de ella, de 1.35 m de profundidad en roca.

Con todo, puede considerarse el estado de ésta como satisfactorio en general. Existen algunas líneas tectónicas transversales de poca potencia pero debe considerarse que muy difícilmente en este ambiente pueda encontrarse una zona -por reducida que sea- sin la presencia de estas manifestaciones.

Estas líneas tectónicas son principalmente 2: una de rumbo aproximado N330º con 65º de inclinación al NE y 0.40 m de espesor; la segunda, ubicada a unos 5 m de la anterior, se presenta con rumbo casi paralelo al de la primera, con 45º de inclinación al NE y 0.60 m de espesor. En ambas se nota trituración con formación de material arcilloso e impregnación ferruginosa, aunque sin llegar a destruir completamente la estructura de la roca. Han sido localizadas en una zanja efectuada a cota 510 aproximadamente.

e) <u>Consideraciones finales</u>:

Dados el paralelismo y la cercanía entre ambos ejes y debido a la homogeneidad litológica y al rumbo de las estructuras, algunas consideraciones son comunes a los dos lugares elegidos.

En efecto, en ambas ubicaciones se cuenta con el inconveniente de una zona fallada, por lo menos; en ambas también serán muy semejantes los problemas y las soluciones que deberán adoptarse para impedir las filtraciones, favorecidas por el rumbo de las estructuras.

A ese respecto, se aconseja efectuar en la fundación -- -aparte de la profundización con un diente en la zona fallada- labores de impermabilización con inyecciones de cemento -de arri ba hacia abajo- en un velo, con los taladros debidamente orientados para cortar el mayor número de planos; una vez efectuadas éstas -y de acuerdo con Lugeon- la permeabilidad no deberá exceder de 1 litro por minuto y por metro lineal perforado, bajo una presión de diez atmósferas, mantenidas durante diez minutos.

Como corresponde en estos casos, la orientación, equidistancia y profundidad de los taladros, así como la densidad y presiones de las lechadas de las inyecciones, serán aconsejadas una vez limpiadas la fundación y hechos los ensayos de reconocimiento.

Por otra parte, el espesor de la capa meteorizada, es - en general en toda la zona muy semejante, con la salvedad de que la profundidad de la limpieza dependerá primordialmente del o de los tipos de obra a construir.

Si bien ninguna de las dos ubicaciones resulta ideal -- por su morfología, las condiciones existentes -desde el punto de vista geológico- para la construcción de una presa de hormigón o de escollera, se consideran como aceptables.

Para una obra de escollera -que probablemente sea la elegida- existirán, desde luego, menos inconvenientes por su altura adecuada, ausencia de subpresiones y la facilidad de material muy cerca del eje, cualquiera sea el escogido.

Con respecto a esto, de las dos ubicaciones propuestas, se presenta como más conveniente, sin embargo, la ubicación B, -- por las siguientes razones:

a): su menor longitud, 150 m menor que el cierre A, a cota 322.

b): la mayor potencia del complejo roccoso -si bien gran parte se encuentra cubierto- en relación con la estrecha faja aflorante en la ubicación A, y

c): las mejores condiciones del empotramiento derecho, tanto litológicas como en lo referente a su mayor franqueza morfológica como ladera y, con menores - dificultades que con las que evidentemente se trepezarían en la misma ladera de la ubicación A.

d) <u>Material para Escollera</u>

En base al levantamiento geológico efectuado y teniendo en cuenta la ubicación del cierre B, como así también las ventaja

que la topografía puede ofrecer, es factible señalar las zonas - aptas para extraer material para escollera, con una necesidad — -según estimación de los ingenieros- del orden de los 100.000 m^3

Considerando lo expuesto, se puede señalar como zona - más apta, la ubicada a partir de unos 150 m aguas arriba del cierre B, sobre la ladera derecha (ver zonas marcadas en lámina 8).

Esta zona elegida presenta un buen frente de explotación, con una longitud superior a los 180 m, a cota 515.

Los volúmenes calculados son los siguientes:

Entre cotas 515 y 525		45.000 m^3
id. cotas 525 y 535		40.000 "
id. cotas 535 y 545		160.000 "
	Total:	245.000 m^3

Los valores para los volúmenes han sido obtenidos considerando playas de labores a cotas 515 y 525.

Es decir que, aún estimando en 40% del volumen como material de descarte, el valor obtenido (147.000 m^3), sobrepasa en exceso las necesidades requeridas.

El material de este lugar -a pesar de que presenta algunas fajas muy esquistosas- es de buena calidad, bien inyectado y compacto; por otra parte la dirección general de la esquistosidad juntamente con el diaclasamiento de buen espaciamiento, facilitarán la explotación -se necesitan bloques de alrededor de 1 m que deberá efectuarse teniendo presente que los planos esquistosos son prácticamente paralelos a la dirección NS, que es la del valle.

Además, el frente de esta cantera podría ser extendido unos 50 m aguas abajo, hasta las cercanías del punto P 6, si algunas necesidades de orden práctico así lo requirieran.

Otra zona que también debe ser considerada, es la ubicada sobre el mismo eje, en su extremo occidental, es decir donde - realmente empiezan con claridad el cordón que limita por el W a este valle.

Una cubicación aproximada, da los siguientes valores:

Entre cotas 525 y 535		45.000 m^3
id. cotas 535 y 545		63.000 "
	Total:	108.000 m^3

Como se ve y dada la menor longitud del frente, es de un rendimiento menor en un 46% en relación con la cantera primera

-mente citada, considerando el volumen entre cotas 525 y 545.

Además, el material recoso, si bien es también de buena calidad, hace pensar en la existencia de algunas zonas o fajas de caleáreo, a lo que debe sumarse el inconveniente derivado de la - intrusión de algunos filones de material aplítico, con sus consecuencias mecánicas en las rocas vecinas.

Sin embargo, debe ser considerada especialmente esta posible cantera, por su excelente ubicación, en particular teniendo en cuenta la topografía del eje, en esta parte y hasta la cañada.

e) Vaso

El vaso de este compensador está formado por rocas del basamento, con iguales características y en idénticas condiciones a las ya anteriormente descriptas. Por esa razón se descuenta su impermeabilidad. E igualmente puede asegurarse la improbabilidad de fugas dados los sólidos cordones que lo forman -en relación con su capacidad y carga- y la orientación de las estructuras - geológicas dominantes que sí obligarán, se reitera, a prestarles especial atención en el lugar del cierre, cualquiera sea el elegido.

V) RESUMEN Y CONCLUSIONES

El aprovechamiento hidroeléctrico San Roque comprende, específicamente: una Toma sumergida en el lago, un Túnel forzado y una Central Hidroeléctrica, con una potencia a instalarse de 24000 Kw.

Por la naturaleza del aprovechamiento y por estar supeditado a las necesidades del consumo de agua de la ciudad de Córdoba, se hacen necesarias Obras de Compensación, que comprenden un Dique Nivelador, un Túnel de Conducción y un Dique Compensador.

La zona donde se encuentran ubicadas todas estas obras está formada, íntegramente, por el basamento cristalino, constituído esencialmente por rocas metamórficas, principalmente gnéisicas -con todas sus variaciones- y muy pocas manifestaciones ígneas. Todas se hallan afectadas por un tectonismo de fracturación, terciario, que ha interesado más intensamente -con sus fajas de trituración- varios de los lugares de emplazamiento de las obras.

Resumiendo nuestras observaciones geológicas y geotécnicas, podemos decir para:

I) TOMA

Está este lugar constituído por micacitas gnéisicas que buzan desde el lago hacia la sierra, atravesadas por algunas líneas tectónicas. Esta situación obligó a aconsejar:

1) Desplazar la Toma unos 10 metros hacia el vertedero, para evitar la coincidencia de la traza con una faja triturada, considerándose que no se afectaría a aquél, de tomarse todas las precauciones en el uso del explosivo.

2) Desplazar la chimenea inclinada hacia la sierra, para aumentar las tapadas lateral y vertical.

3) Obtener un perfil, en roca, de la ladera donde se realizará la "acometida", para conocer exactamente los metros de tapada con que se va contando.

Posteriormente, al realizarse el perfilaje de la chimenea inclinada, se formó una caverna, con un derrumbe de 150 m^3, provocada por el uso indebido de explosivos y la no realización

de los hormigonados previstos, por parte de la empresa contratista. Entre la caverna y la chimenea, ha quedado un escaso espesor de roca, al que no puede brindársele ninguna confianza. Además se mensaron filtraciones, provenientes del lago y favorecidas por -- las estructuras geológicas. Se aconsejó entonces, encarándose el problema integral de la Tema:

1º) Efectuar inyecciones de cemento para consolidar el ambiente, desde arriba abajo, por etapas progresivas y a muy baja presión.

2º) Efectuar dos velos de inyecciones de impermeabilización, - para cerrar las vías de agua; éstas y las anteriores, previo ensayos y pruebas, con estudiada orientación de los taladros.

3º) Insistir sobre la obtención de un perfil, en roca, de la - ladera.

4º) Que estos trabajos deberán ser previos a la prosecución de la obra, cuyas normas, dadas por los ingenieros, se consideran aceptables.

5º) No avanzar el túnel más allá de la progresiva 6.00 y, luego, perforar desde afuera para hacer volar el tapón final.

II) TUNEL FORZADO

La zona atravesada por el túnel está constituída por -- gnéises, esquistos o granitóides, micacitas, micacitas gnéisicas, con algunas fajas de anfibolitas esquistosas, con cuerpos y filones aplíticos y microdioríticos cuarcíferos. Existen varias líneas tectónicas, generalmente concordantes con el rumbo de la esquistosidad o inclinadas dominantemente al E.

Apenas iniciada su construcción, se reconoció el terreno según su traza. En base a él, se estableció que:

1º) La roca era de excelente calidad -aunque no constante- con una orientación óptima de sus estructuras, aproximadamente transversales en toda la longitud del túnel.

2º) La sobrerotura, estimada, no excedería del 15-20%, más alta en el tramo más occidental.

3º) Los únicos lugares donde se encontrarían problemas, serían las quebradas, especialmente en las inmediaciones de Venta-

-na 2, por

a) Coincidencia con fajas de trituración y

b) Falta de tapada, que asegure la absorción de los efectos de la carga del túnel.

Se aconsejó, de acuerdo con esto:

a) Cuidar los avances al llegar a esas progresivas.

b) Proveer un entibamiento, de no mucha extensión, llegado el caso.

c) Desplazar la traza o reforzar las armaduras, decidiendo los ingenieros esto último por ser mucho más económico.

4º) La chimenea de equilibrio fué ubicada donde domina roca de excelente calidad.

5º) No habrá problema con el anclaje de la tubería forzada.

6º) Las filtraciones, no tendrán valores importantes.

Al perforarse el túnel, se comprobó:

1º) Que la roca era de excelente calidad.

2º) Que la sobreroturo no excedió del 12%, en mucho debido al método perforativo.

3º) Que las filtraciones no fueran de consideración.

4º) Que las quebradas coincidían con fajas de fracturación, - con menor colaboración de la roca, al igual que en otras zonas del tramo N. Se aconseja entonces:

a) Reforzar las armaduras en las progresivas correspondientes a las quebradas.

b) Armar el túnel desde la progresiva 380 a Tama.

c) No efectuar las inyecciones de alta presión que, hasta el momento, no parecen necesarias. Con todo, deberán dejarse unos tubos en la zona de la quebrada de la Mostaz

d) Efectuar unicamente las inyecciones de baja, que serán las únicas a emplearse, dispuestas según la norma standard.

III) CENTRAL HIDROELECTRICA

El lugar de emplazamiento de la Central, conocido después de haberse iniciada la excavación, está constituído por gneis granitéideo, a veces esquistoso, atravesado por dos fallas importantes y otras, de muy poco espesor. La zona más delicada, se en-

-contró en el extremo NE de la fundación. Se aconsejó:

1º) Limpiar las fallas en profundidad y ancho, rellenándolas - con hormigón y colocar encima una losa armada suplementari

2º) Consolidar la zona brechosa del extremo NE, mediante inyec ciones de baja.

3º) Intentar el sellado de las vías de agua mediante inyecciones, convenientemente orientadas, especialmente donde domi na el gneis compacto.

4º) Aceptar el sistema de drenaje propuesto.

IV) DIQUE NIVELADOR

A construirse aguas abajo del actual "Diquecito"; afloran allí gneis y un dique o cuerpo de gabbro cuarcífero -los dos de excelente calidad- atravesados por fajas miloníticas y algunas líneas de fractura.

La fundación de la obra está atravesada por una línea - diagonal, por lo que se aconseja -teniendo en consideración las laderas- llevar el eje lo más cerca posible del actual, para atra vesarla a mayor cota. Se descuenta, por otra parte, que no existi rán otros problemas.

V) TUNEL DE CONDUCCION

Este túnel, de acuerdo con un reconocimiento preliminar será igualmente perforado en rocas gnéisicas en su casi totalidad y, tal vez, en algunos cuerpos de calizas, que se vuelven más no tables al ir hacia el E.

El túnel no tendrá practicamente carga y solo se presen tan como lugares de cuidado los correspondientes a los cruces de quebradas, aproximadamente normales a su probable traza. Las con diciones que se encontrarán, serán muy semejantes a las del túnel forzado.

VI) DIQUE COMPENSADOR.

En este lugar aflora gneis granitóides, a veces esquis toso, micacitas gnéisicas, con tres fajas observadas de rocas mi loníticas, y una línea de falla, paralela a la vaguada, NS.

Han sido propuestos, para el estudio, dos ejes A y B. Se estableció que:

1º) Los valores de roca meteorizada, serán muy semejantes en los ejes A y B.

2º) En ambas ubicaciones se contará con el inconveniente de una zona fallada, por lo menos.

3º) Serán también muy parecidos los problemas y soluciones a darse, para impedir las filtraciones, favorecidas por el rumbo de las estructuras. En cualquiera de los ejes, se aconseja al respecto:

a) Profundizar con un diente en la zona fallada;

b) Efectuar labores de impermeabilización con inyecciones de cemento -de arriba hacia abajo- en un velo, con los taladros debidamente orientados para cortar el mayor número de planos, con especificaciones precisas a detallar, después de limpiada la fundación. Una vez efectuadas éstas, la permeabilidad no deberá exceder de litro por minuto y por metro lineal perforado, bajo una presión de 10 atmósferas mantenidas durante 10 minutos.

4º) Dependiendo del tipo de obra, habrá que realizar o nó limpiezas de la fundación e inyecciones de consolidación de algunos bloques.

5º) Si bien ninguna de las dos ubicaciones resulta ideal por su morfología, las condiciones existentes -desde el punto de vista geológico- se consideran como aceptables para la construcción de una presa de hormigón o de escollera.

6º) Para una obra de escollera existirán menos inconvenientes por su altura adecuada, ausencia de subpresiones y facilidad de obtención del material.

7º) De las dos ubicaciones propuestas se presenta como más conveniente, la ubicación B por:

a) Su menor longitud, 150 metros menor que el cierre A, a cota 522.

b) La mayor potencia del complejo recoso en relación con la estrecha faja aflorante en la ubicación A y

c) Las mejores condiciones del empotramiento derecho, con menores dificultades que con las que se tropezaría en

la misma ladera de la ubicación A.

8º) Está asegurada la provisión del material para escollera - con dos canteras de buen frente y equivalente ubicación. Una ha sido cubicada en 147000 m^3 y la otra en 108000 m^3.

9º) En el vaso, está asegurada su impermeabilidad y la improbabilidad de fugas, dados los sólidos cordones que le forman, en relación con la carga y capacidad de la presa.

R Serrano
27-XI-56

BIBLIOGRAFIA

1 - AGUA Y ENERGIA ELECTRICA (E.N.D.E.), El problema hidráulico argentino, Ba.As., 1956.

2 - AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, Tratamiento de las fundaciones para grandes diques por los métodos de inyección, New York, 1949.

3 - BAIN LABRAHONA, H.G., Estudio Geológico en la provincia de Córdoba, Bol.Y.P.F., Nº 192, Año XVII, págs.13-54, Ba.As.,194

4 - BEDER, R., Estudios Geológicos en la Sierra de Córdoba, especialmente de las calizas cristalino-granulosas y de sus fenómenos de contacto, Bol.B Nº 33, Dir.Gral.de Minas, Geología e Hidrología, Ba.As., 1923.

5 - BERTARELLI, J.B., Nuevo Dique San Roque, apart.de la revista "El Ingeniero", Nº 62-63, Córdoba, 1944.

6 - BODENBENDER, G., La Sierra de Córdoba, constitución geológica, An.Min.Agric., T.I, Nº 2, 1905.

7 - ---- Triásico y Terciario en la falda oriental de la Sierra de Córdoba, Bol.Acad.Nac.Ca.Córdoba, T.XXXI, 1929

8 - BRACKEBUSCH, L., Descripción de las rocas de la Sierra de Córdoba, Actas Acad.Nac.Cs.de Córdoba, T.I, Ba.As., 1875.

9 - ---- Mapa Geológico del Interior de la República Argentina, Escala 1:1000000, Gotha, 1891.

10 - CASTELLANOS, A. y PEREZ MORBAU, R.A., Los tipos de vegetación de la República Argentina, Univ.Nac.Tucumán, Tucumán, 1944.

11 - COMISION NACIONAL DE CLIMATOLOGIA Y AGUAS MINERALES, Climatología de la República Argentina, Vol.II, Climatología Regional Prov.de Córdoba, Ba.As., 1940.

12 - DERQUI, F., La impermeabilización de presas y pantanos y la consolidación de terrenos y fundaciones por medio de inyecciones de cemento y otros productos a presión, Madrid, 1935

13 - FRENGUELLI, J., Rasgos principales de Fitogeografía Argentina, Rev.del Museo de La Plata, III, págs.65-181, Ba.As.,1941

14 - GARCIA CASTELLANOS, T., La Geología técnica aplicada a la construcción de túneles, Revista de la Universidad Nac.de Córdoba, Año XXXI, Nº 4, Córdoba, 1944.

15 - GOMEZ NAVARRO, J.L. y APACIL, J.J., Saltos de Agua y Presas de balse, T.II, Madrid, 1945.

16 - GONZALEZ BONORINO, F., Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas, Revista de la Asociación Geológica Argentina, Tomo V, Nº 3, Ba.As., 1950.

17 - GROSS, W., Cuadro Morfológico del Valle de Punilla, Rev.de la U. de Cs.Ex.Fís.y Nat., Año XI, Nº 4, Córdoba, 1948.

18 - ---- Cuadro Tectónico del Valle de Punilla, Rev.Asoc.Geol. Arg., T.III, Nº 2, 1948.

19 - GUTIERREZ, C., Informe geológico para el túnel de la Central Hidr. San Roque (Pcia.de Córdoba), Informe inédito de Agua y Energía Eléctrica (E.N.D.E.), Ba.As., 1954.

20 - ---- Central Hidroeléctrica San Roque (Pcia.de Córdoba). Informe geológico sobre su fundación, Informe inédito de Agua y E.A. (E.N.D.E.), Ba.As., 1954.

21 - ---- Compensador San Roque (Pcia.de Córdoba). Informe geológico para las obras proyectadas, Informe inédito de

22 - GUTIERREZ, C., Central Hidroeléctrica San Roque. Obras de Ta ma. Informe geológico con referencia al derrumbe producido en la chimenea, Informe inédito de A.y E.E., - Ba.As., 1966.

23 - KOLLBRUNNER, C.F., Anstrengungshypothesen. 1 folleto, 87 pags Zurich, 1944.

24 - KÜHN, F., Fundamentos de Fisiografía Argentina, Ba.As., 1922.

25 - KULL, V., Estudio Petrográfico-geológico de la región de Alta Gracia (Córdoba), Dir.de Minas, Geología e Hidrología, Bol.Nº 56, Ba.As., 1944.

26 - KURTZ, F., La Flora en Ríos, M.E.y Achával, L., Geografía de la Provincia de Córdoba, T.II, Cap.VIII, Ba.As.,1905.

27 - LUGEON, M., Barrages et Géologie, Lausanne, 1933.

28 - MINAR, V.L., El arte de la inyección a presión para cementar Comisión Nac.de Irrigación, Memorandum Técnico nº 7, - México, 1937.

29 - ---- Métodos de campo para inyecciones a presión de los Túneles de la Presa Boulder, Comisión Nacional de Irrigación, Memorandum Técnico Nº 6, México, 1938.

30 - GLASCHER, J., Estudio Geológico y Petrográfico de los alrededores del Dique San Roque. Revista de la Univ.Nac.de Córdoba. Parte Primera, Año XVII, Nº 3 y 4, Córdoba, 1930.

31 - PASTORE, F., Conocimientos sobre la composición y orogenia - del macizo cristalino central de la Argentina, Anales Soc.Científ.Argent.,T.CVII, 2º Semestre,Ba.As.,1929.

32 - ---- Hoja 201 del Mapa Geológico de la Argentina, Dirección de Minas y Geología, Boletín Nº 36,Ba.As.,193

33 - ---- Informes Geológicos sobre dos proyectos de Dique en la Prov.de San Luis, Dirección de Minas y Geología, boletín nº 41, Ba.As., 1935.

34 - ---- Descripción geológica de la Provincia de Córdoba en Aguas Minerales de la República Argentina, Vol.IV, Ba.As., 1938.

35 - ---- Informe geológico y petrográfico para el proyecto de Dique en La Huertita sobre el río Quinto, Dirección de Minas y Geología, Bol.nº 48, Ba.As., 1940.

36 - PASTORE , F. y MEYROL, E., Descripción Geológica de la Hoja 191, Capilla del Monte (Córdoba), Dir.Nac.de Minería, Boletín nº 79, Ba.As., 1953.

37 - RASSUS, J., Rasgos Geológicos Generales de las Sierras Pampeanas, D.N.G.e M., Bol.Nº 13 (Geolog.), Serie B, Ba. As., 1916.

38 - RICHARDSON, H. y MAYO, R.S., Practical Tunnel Driving, New York and London, 1941.

39 - RIOS, M.E. y ACHAVAL, L. Geografía de la Provincia de Córdoba Ba.As., 1905.

40 - ROVERETO, G., Studi di geomorfologia argentina, I, La Sierra di Córdoba, Bol.Soc.Geol.Ital., XXX, 1911.

41 - SCHLAGINTWEIT, O., Una interesante dislocación en Potrero de Garay (Valle de Calamuchita) y observaciones sobre las Sierras Chica y Grande de Córdoba, Rev.de la As.Geol. Arg. T.IX, Nº 3, Ba.As., 1954.

42 - SCHMIEDER, O., Apuntes Geomorfológicos de la Sierra Grande d
Córdoba, Bol.Ac.Nac.Cs.de Córdoba, T.XXV, Córdoba,192

43 - SCHOKLITSCH, A., Arquitectura hidráulica, T.II, Barcelona,19

44 - ---- Acometida de lagos naturales. Sep.de Técnic
Rev.de la Fac.de Cs.Ex.y Tecnología de la Univ.Nac.de
Tuc., Vol.I, nº 3, pags.142 a 150, Tucumán, 1951.

45 - STELZNER, A., La Sierra de Córdoba, Acta Acad.Nac.de Cs.de C
doba, T.I, Córdoba, 1874.

46 - WEINBERGER, A., Geología Argentina, I y II, Bs.As., 1929-193

F O T O G R A F I A S

1 - Vista aérea de la parte más occidental de la zona de estudio, con la curva del río Primero en Malet, apreciándose notablemente las quebradas de la Mostaza y de Ventana 2. (Del Archivo Gráfico de AyE).

2 - El Dique San Roque y sus alrededores. Emerge apenas de las aguas el Viejo Dique. (Del Archivo Gráfico de AyE).

3 - El valle del río Primero, cerca de Malet.

4 - Vista parcial del muro nivelador, de escollera, de la Central Malet.

5 - Ventana 2 del Túnel. (Tomada desde ENE).

6 - Idem, desde el E, apreciándose la quebrada de la Mostaza.

7 - El lugar donde se construye la Toma sumergida para la Central. El edificio en construcción es la casa para compuertas. En el morrito ubicado cerca del pozo vertedero y a unos 20 m debajo del pelo de agua, se efectuará la "acometida" al lago.

8 - Otra vista semejante. Nótese la cercanía del morrito con el pozo vertedero.

9 - Aspecto de las microcitas gnéisicas que afloran en el camino por encima de la traza del túnel, en la Toma. (Obtenida desde el vertedero, hacia el SW).

10 - Ventana 1 del Túnel, vista desde la margen izquierda del río.

11 - Perforando el túnel. Se nota el método de avance a sección completa en dos semisecciones, la superior una "pega" siempre más adelantada. (Del Archivo Gráfico de AyE).

12 - Aspecto de la falla I en la fundación de la Central.

13 - La misma, con más detalle.

14 - Vista de la falla II en la fundación de la Central.

15 - Vista del edificio de la Central durante una etapa constructiva. De NW a SE. (Del Archivo Gráfico de AyE).

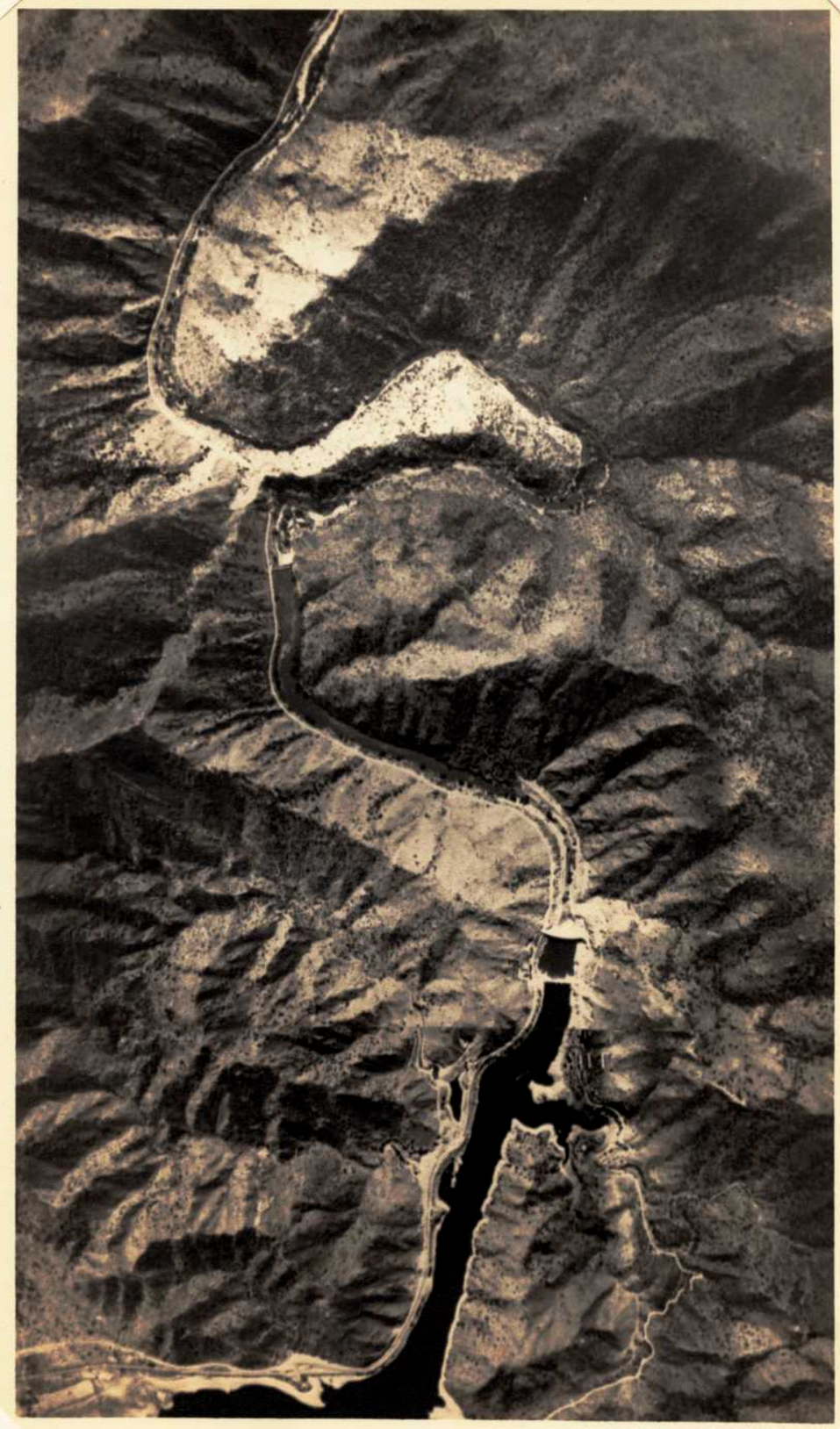
16 - El "Diquecito" existente. Inmediatamente aguas abajo se proyecta construir uno nuevo; su altura máxima será aproximadamente igual a la del techo de la casilla situada en el empotramiento izquierdo del muro. De S a N.

17 - Ladera derecha en el lugar de empotramiento del Dique Compensador según ubicación A. De SW a NE.

18 - Ladera izquierda en la misma ubicación. De E a W.

---oOo---

1



2

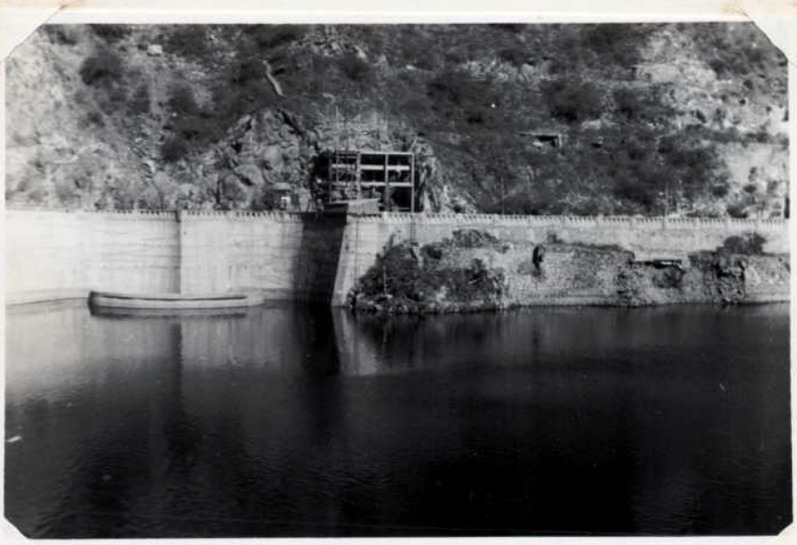
3

4

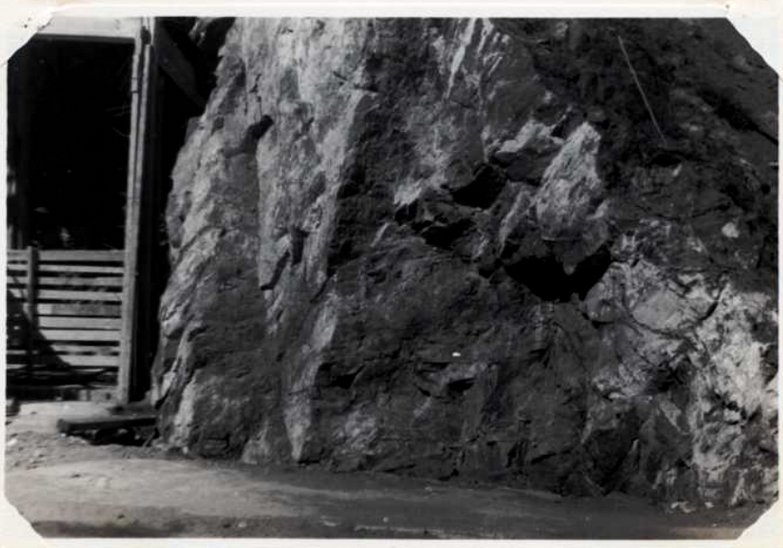
5

6

7



8

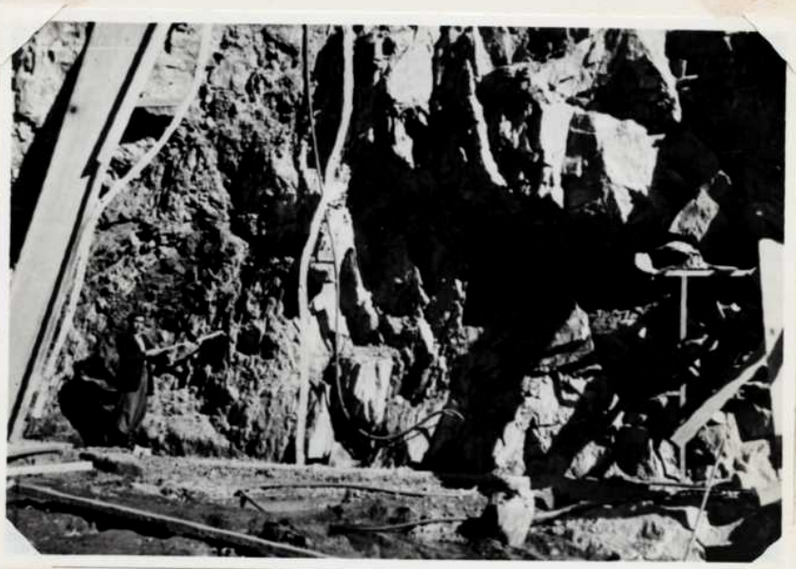


9

10

11

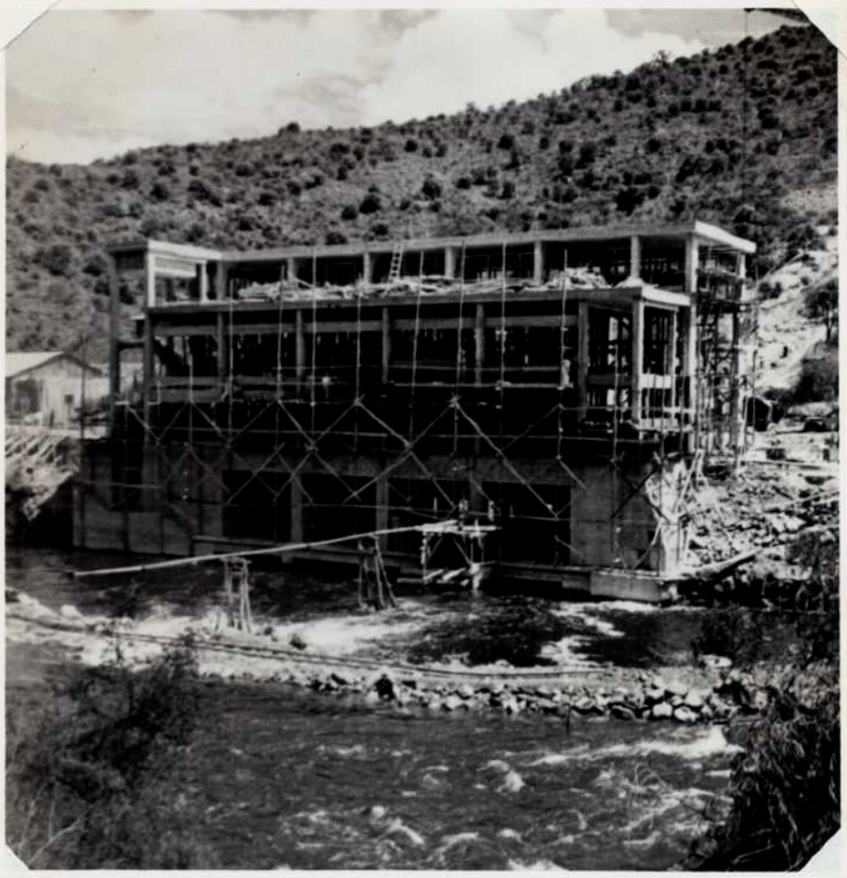
12



13

14

15



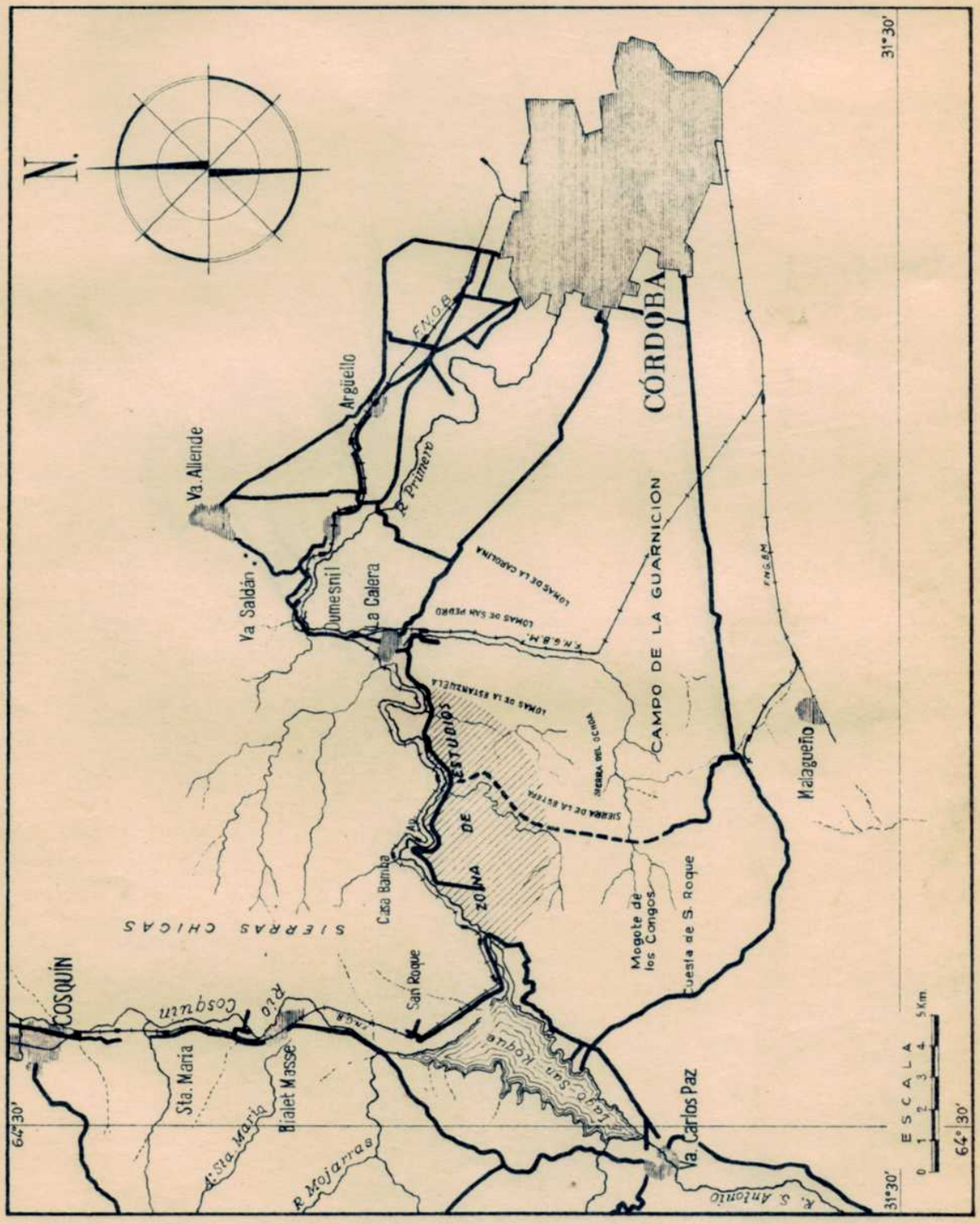
16

17

18

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO
vinculado al
APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO
"SAN ROQUE"
(Pcia. de Córdoba)

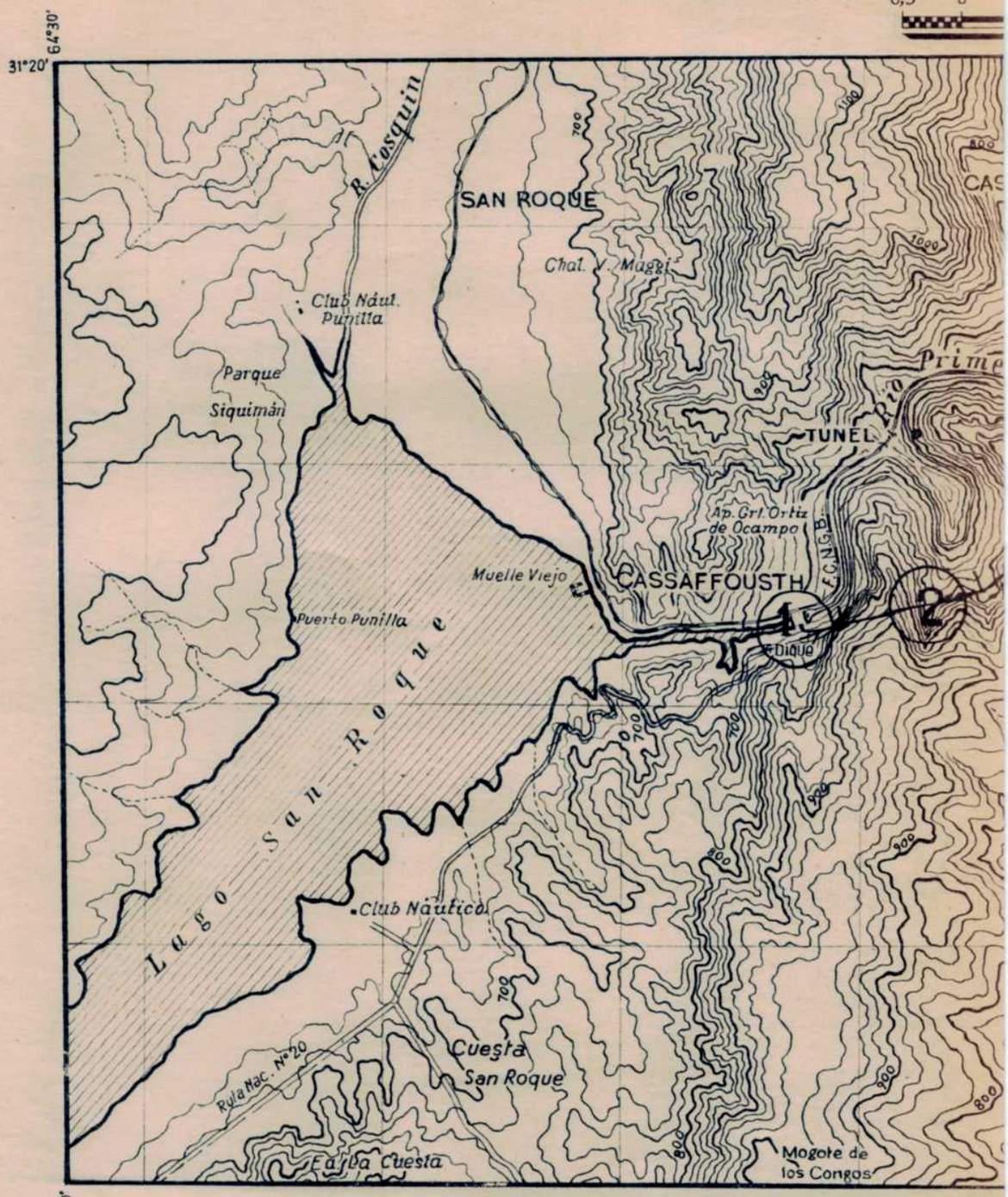
PLANO DE UBICACION



ESTUDIO GEOLOGICO Y G
APROVECHAMIENTO HIDROELECTRIC
DETALLE DE

E

0,5 0



REFERENCIAS

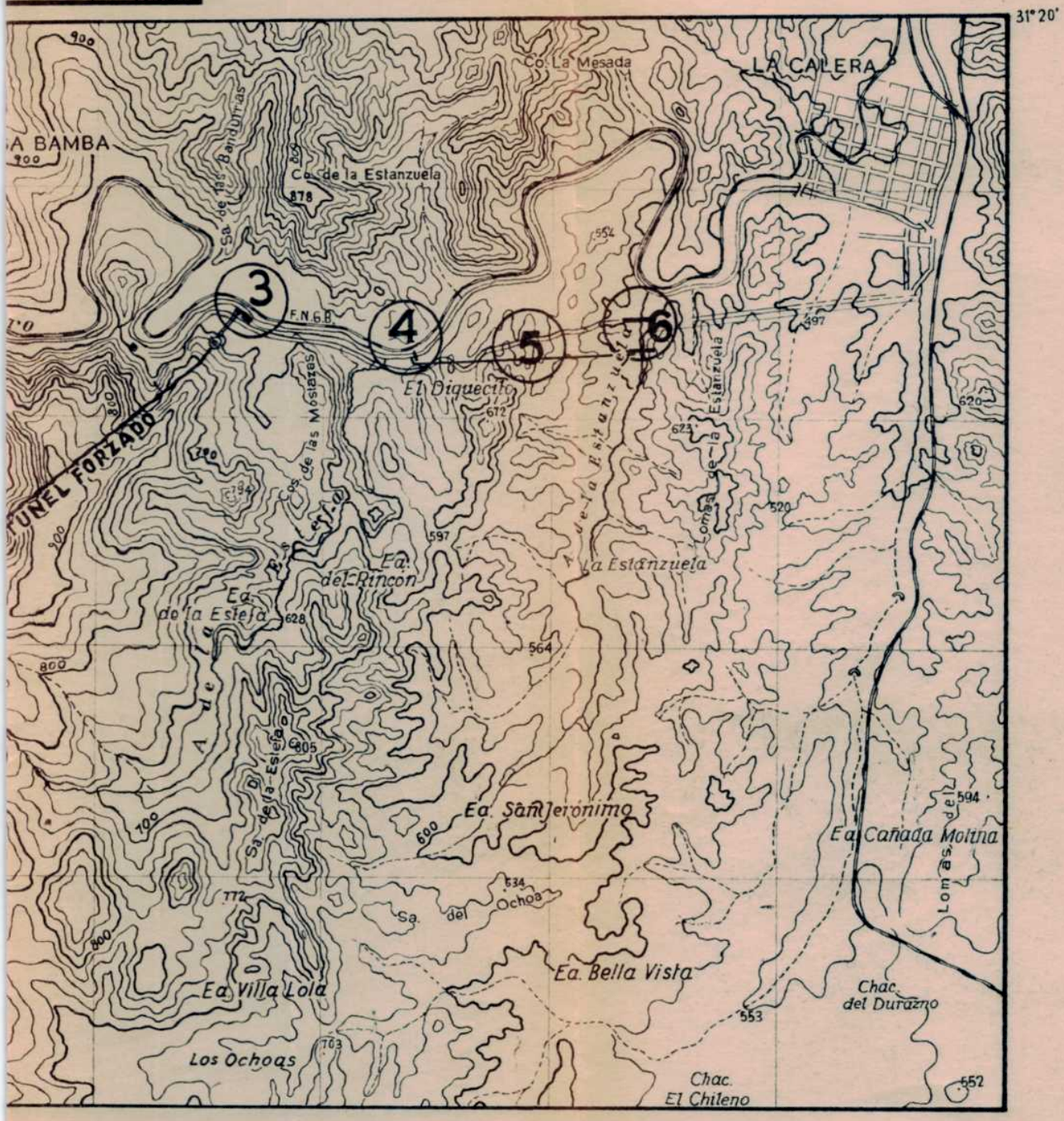
1. TOMA
2. TUNEL FORZADO
3. CENTRAL HIDROELECTRICA

Copia parcial corregida de la Hoja 3163-25-1 I.G.M.

EOTECNICO VINCULADO AL
CO "SAN ROQUE" (PCIA. DE CORDOBA)
LAS OBRAS

SCALA

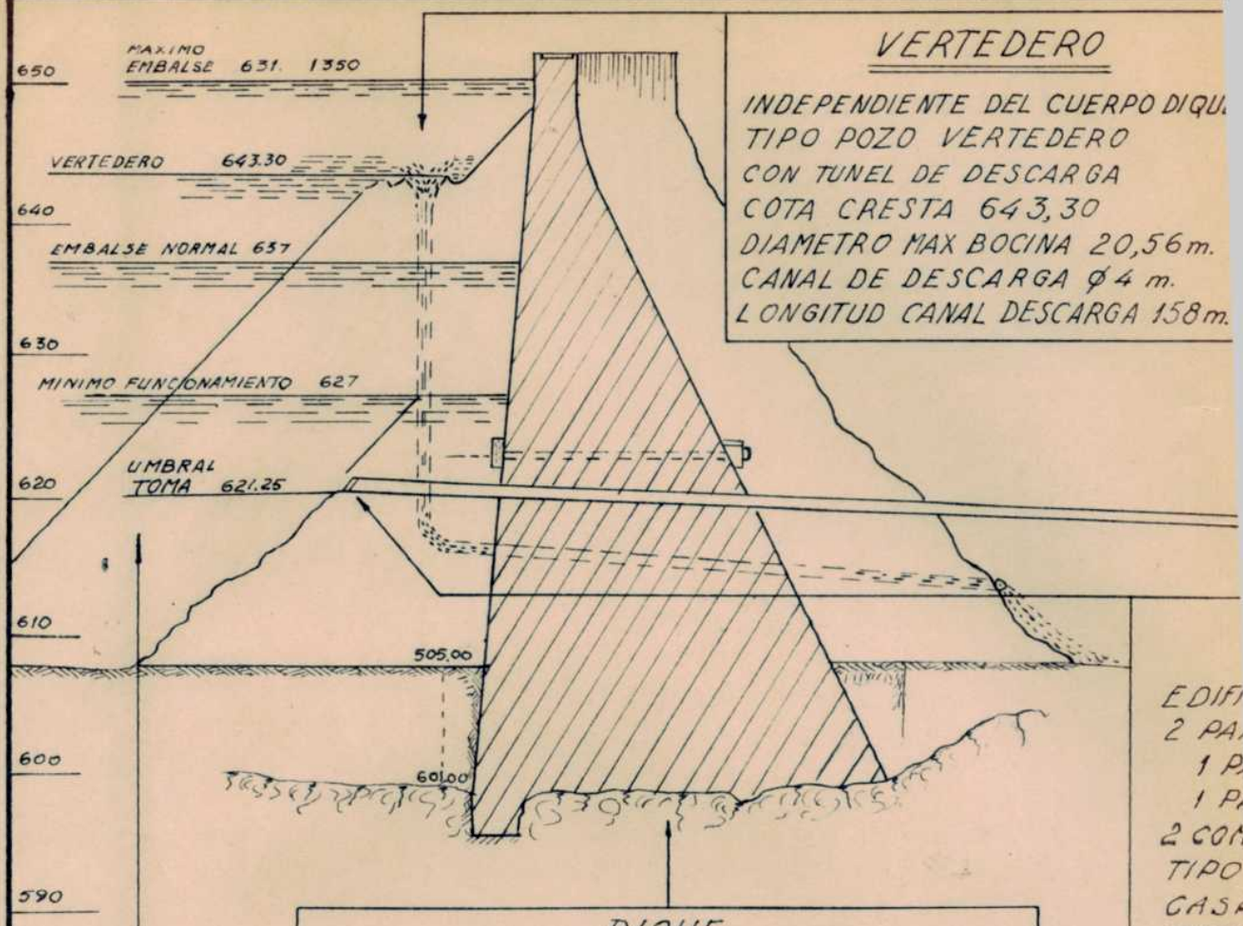
0,5 1 1,5 2 km



④ DIQUE NIVELADOR

⑤ TUNEL DE CONDUCCION

⑥ DIQUE COMPENSADOR



VERTEDERO

INDEPENDIENTE DEL CUERPO DIQU
TIPO POZO VERTEDERO
CON TUNEL DE DESCARGA
COTA CRESTA 643,30
DIAMETRO MAX BOCINA 20,56 m.
CANAL DE DESCARGA ϕ 4 m.
LONGITUD CANAL DESCARGA 158 m.

EDIF
2 PA
1 P
1 P
2 COM
TIPO
CASA
GUINC

DIQUE

DIQUE DE GRAVEDAD: DE HORMIGON
ANGULO CONSTANTE: RADIO CURVATURA 200 m.
VOLUMEN HORMIGON: 89.000 m.³
ALTURA MAX. SOBRE EL LECHO 45 m.
LONGITUD. EN EL CORONAMIENTO 145 m.
COTA DESCARGA DEL DIQUE 623
2 VALVULAS DE DESCARGA EQUILIBRADAS CON CONO FIJO

EMBALSE

COTA DE EMBALSE MAXIMO	651 m.
SUPERFICIE DEL EMBALSE A COTA MAXIMA	24.78 Has.
CAPACIDAD A MAXIMO EMBALSE	350 Hm.
COTA EMBALSE NORMAL 637	
CAPACIDA EMBALSE NORMAL 200 Hm.	
COTA FUNCIONAMIENTO MINIMO 627	

"OBRAS CENTRAL HIDROELECTRICA SAN ROQUE

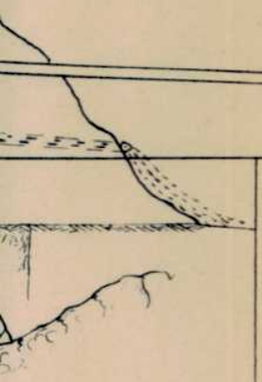
ESQUEMA

APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO RIO PRIMERO

(Pcia. de Córdoba)

VERTEDERO

DIENTE DEL CUERPO DIQUE
ZO VERTEDERO
EL DE DESCARGA
ESTA 643,30
O MAX BOCINA 20,56m.
E DESCARGA ø4 m.
O CANAL DESCARGA 158m.



TOMA

EDIFICIO DE REJAS: COTA UMBRAL TOMA 621,25
2 PARES DE REJAS INCLINADAS, FINA y GRUESA
1 PAR DE DIMENSIONES 3,40 x 6,40 c.u
1 PAR DE DIMENSIONES 3,40 x 5,40 c.u
2 COMPUERTAS DIMENSIONES 3,40 x 4,70 m.c.u
TIPO VAGON - PESO 9,05 TONELADAS c.u
CASA DE TOMA: TIPO EDIFICIO
GUINCHE PARA REJAS Y COMPUERTAS

TUNEL

LONGITUD: = 4.2
DIAMETRO: = 3,
V. MAXIMA = 2,
CAUDAL = 2

GON
A 200m.
145 m.
IBRADAS

RIO PRIMERO

CUENCA IMBRIFERA - LONGITUD: 40 Km.
SUPERFICIE: 1350 Km^2
PRECIPITACION MEDIA ANUAL: 700 m.m.
MODULO: 10 $m^3 s^{-1}$

CA SAN ROQUE"

O Rio PRIMERO

CHIMENEA DE EQUILIBRIO

TIPO: VERTEDERO CANAL
CON DEPOSITO AUXILIAR

ALTURA SOBRE EJE TUNEL	46,50 m.
DIAMETRO INTERNO	6,50 m.
MAX. COTA SOBRE ELEVACION	660 m
MAXIMO EMBALSE	651 m.
MINIMO EMBALSE	627 m.
MAXIMA DEPRESION	619 m.
COTA UMBRAL TUNEL	613,50

EMBALSE MÁXIMO ▽ 6

EMBALSE NORMAL ▽ 6

EMBALSE MÍNIMO ▽ 6

TUNEL

LONGITUD:	= 4.225 m.
DIAMETRO:	= 3,50 m.
V. MAXIMA	= 2,4 m/s.-
CAUDAL	= 24 m³/s.-

CASA DE VALVULAS

PUENTE GRUA DE 7,5 TONS.-
2 VALVULAS DE MARIPOSA CON
SISTEMA DE GOBERNAC^N HIDRAULICA.
GUINCHE PARA FUNICULAR.

TUBERIA DE PRESION

2 CONDUCTOS DE 2,05 m. DIAMETRO C.U.-
Q = 24 m³/s
SUBDIVIDIDOS EN DOS DE 1,025 m
DIAMETRO C.U

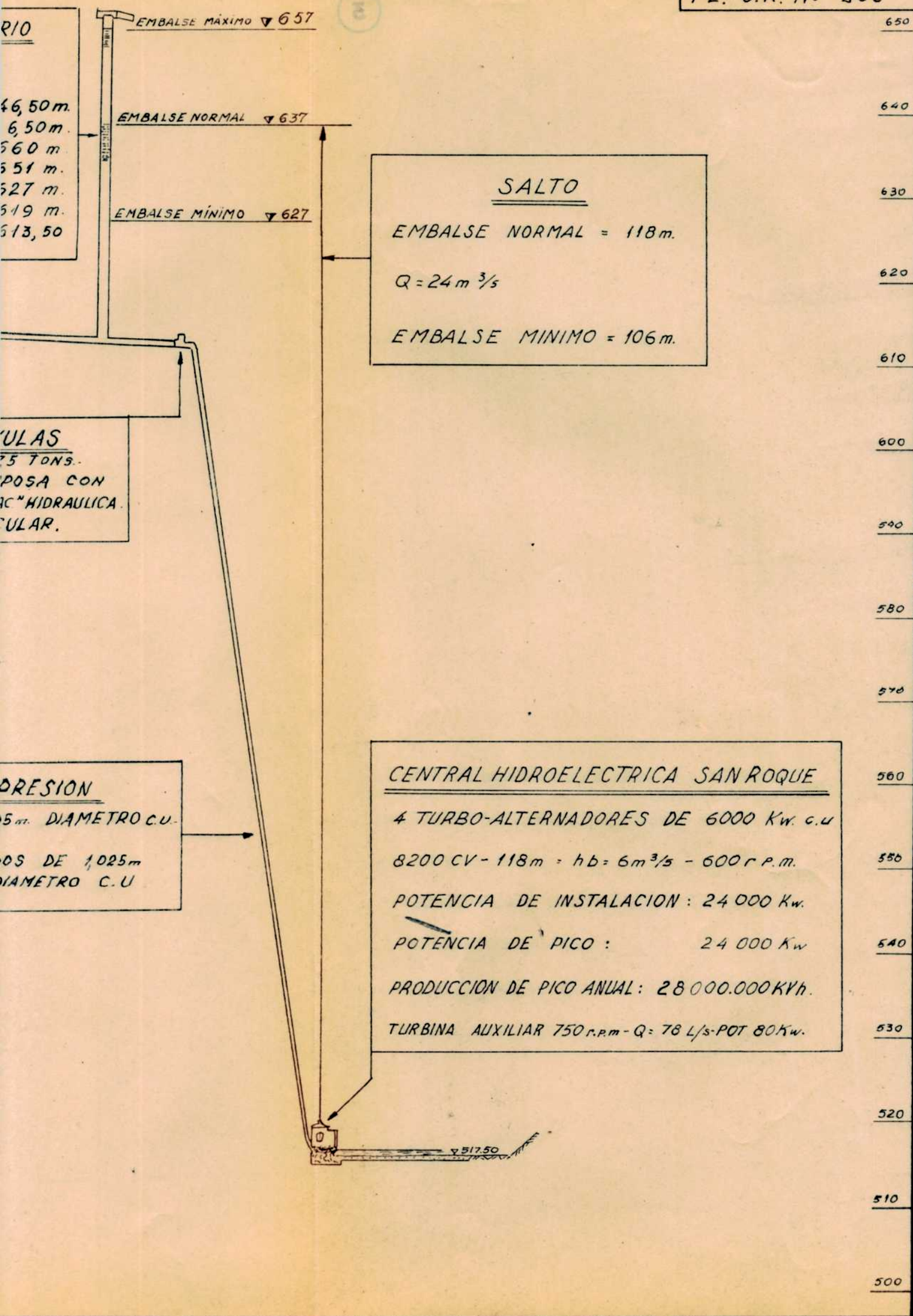
RO

ITUD: 40 Km.

CIE: 1350 Km²

NUAL: 700 m.m.-

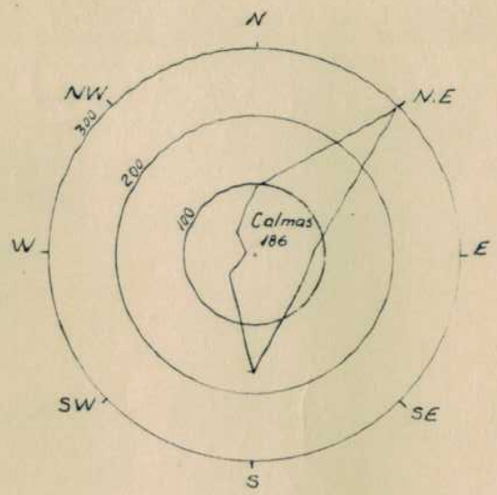
ULO: 10 m³s⁻¹

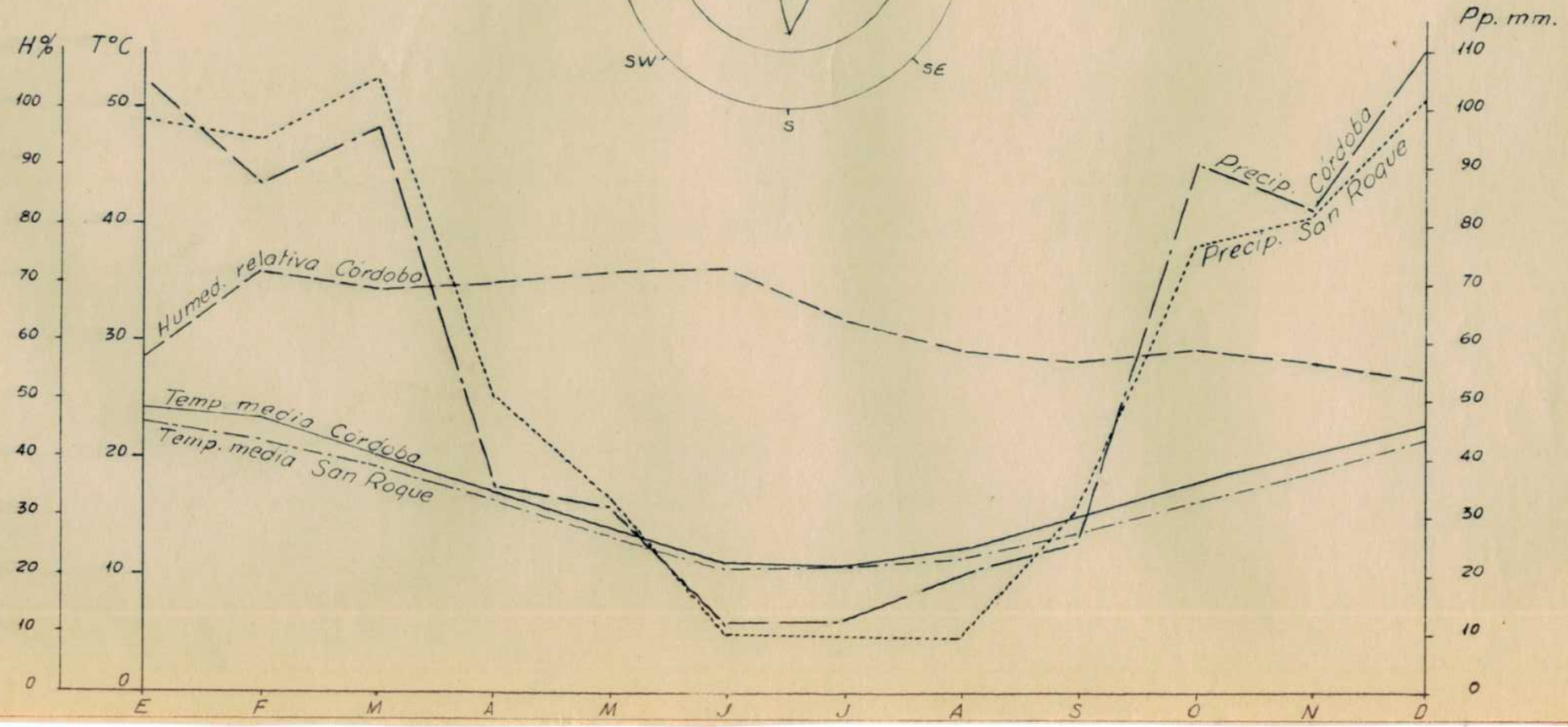

RIO
46,50 m.
6,50 m.
560 m.
551 m.
527 m.
519 m.
513,50
EMBALSE MÁXIMO ▽ 657
EMBALSE NORMAL ▽ 637
EMBALSE MÍNIMO ▽ 627
SALTO
EMBALSE NORMAL = 118 m.
Q = 24 m³/s
EMBALSE MINIMO = 106 m.
ULAS
25 TONS.
POSA CON
AC" HIDRAULICA.
ULAR.
DRESION
5 m. DIAMETRO C.U.
OS DE 1,025 m
IAMETRO C.U
CENTRAL HIDROELECTRICA SAN ROQUE
4 TURBO-ALTERNADORES DE 6000 Kw. c.u
8200 CV - 118 m = hb = 6 m³/s - 600 r.p.m.
POTENCIA DE INSTALACION : 24 000 Kw.
POTENCIA DE PICO : 24 000 Kw
PRODUCCION DE PICO ANUAL : 28 000.000 KVh.
TURBINA AUXILIAR 750 r.p.m - Q = 78 L/s - POT 80 Kw.
▽ 517.50
650
640
630
620
610
600
590
580
570
560
550
540
530
520
510
500

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO
vinculado al
APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO
"SAN ROQUE"
(Pcia. de Córdoba)

Valores medios mensuales de temperatura, precipitaciones y humedad relativa. (Cdad. de Córdoba y San Roque)

Frecuencia de vientos en escala de mil





4

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO

5

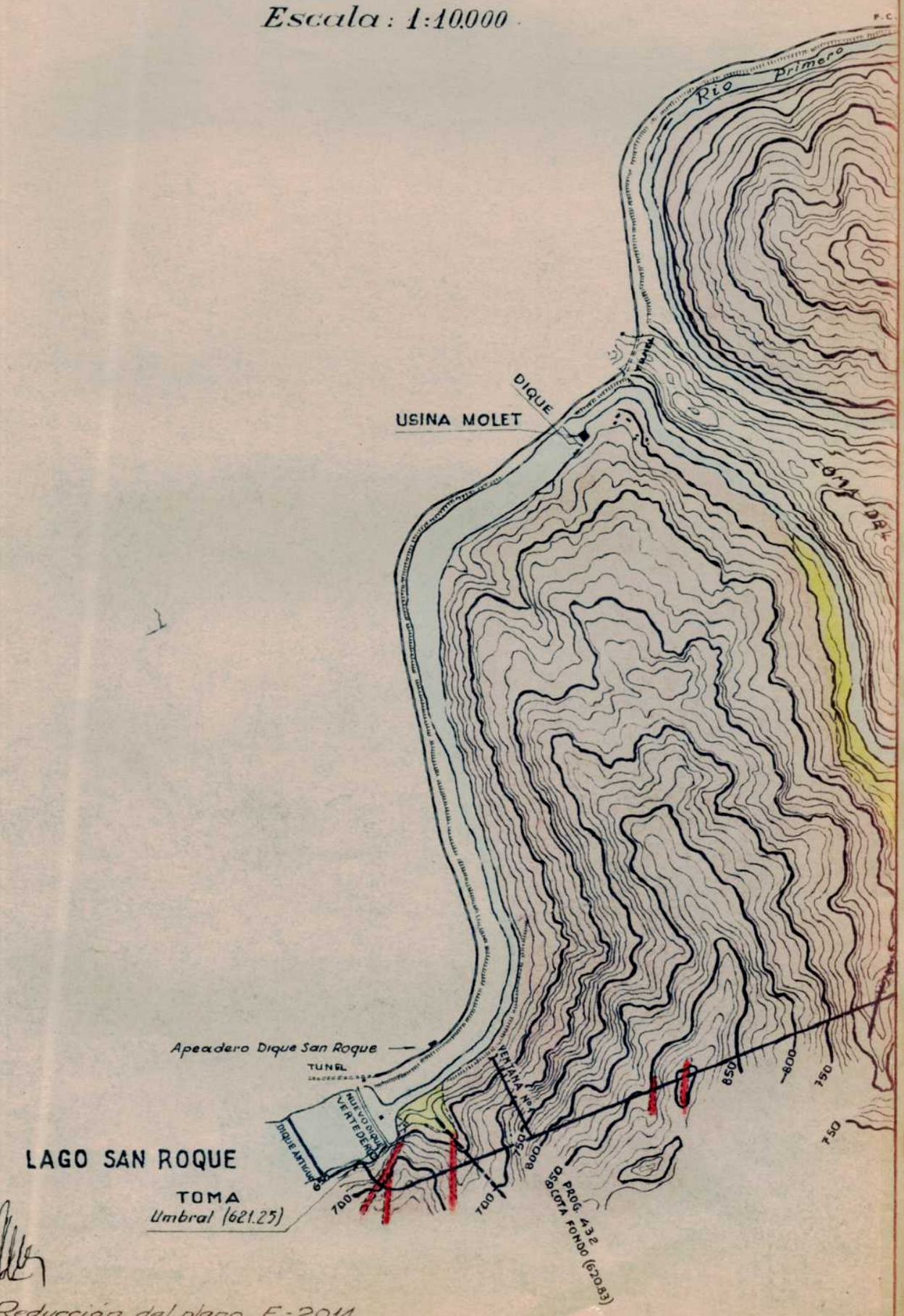
vinculado al

APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO "SAN ROQUE"

(Pcia. de Córdoba)

PLANO GEOLOGICO

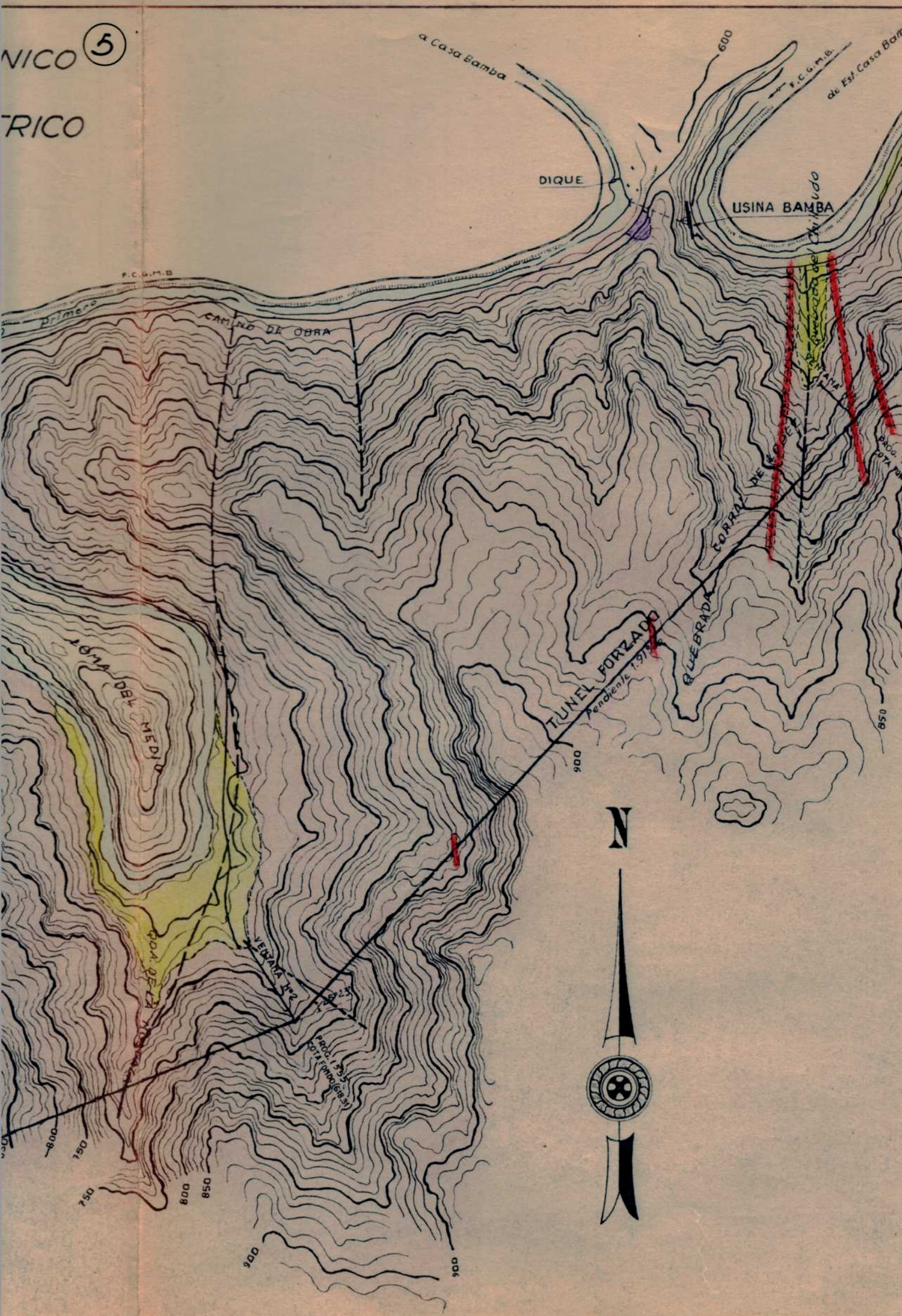
Escala: 1:10.000

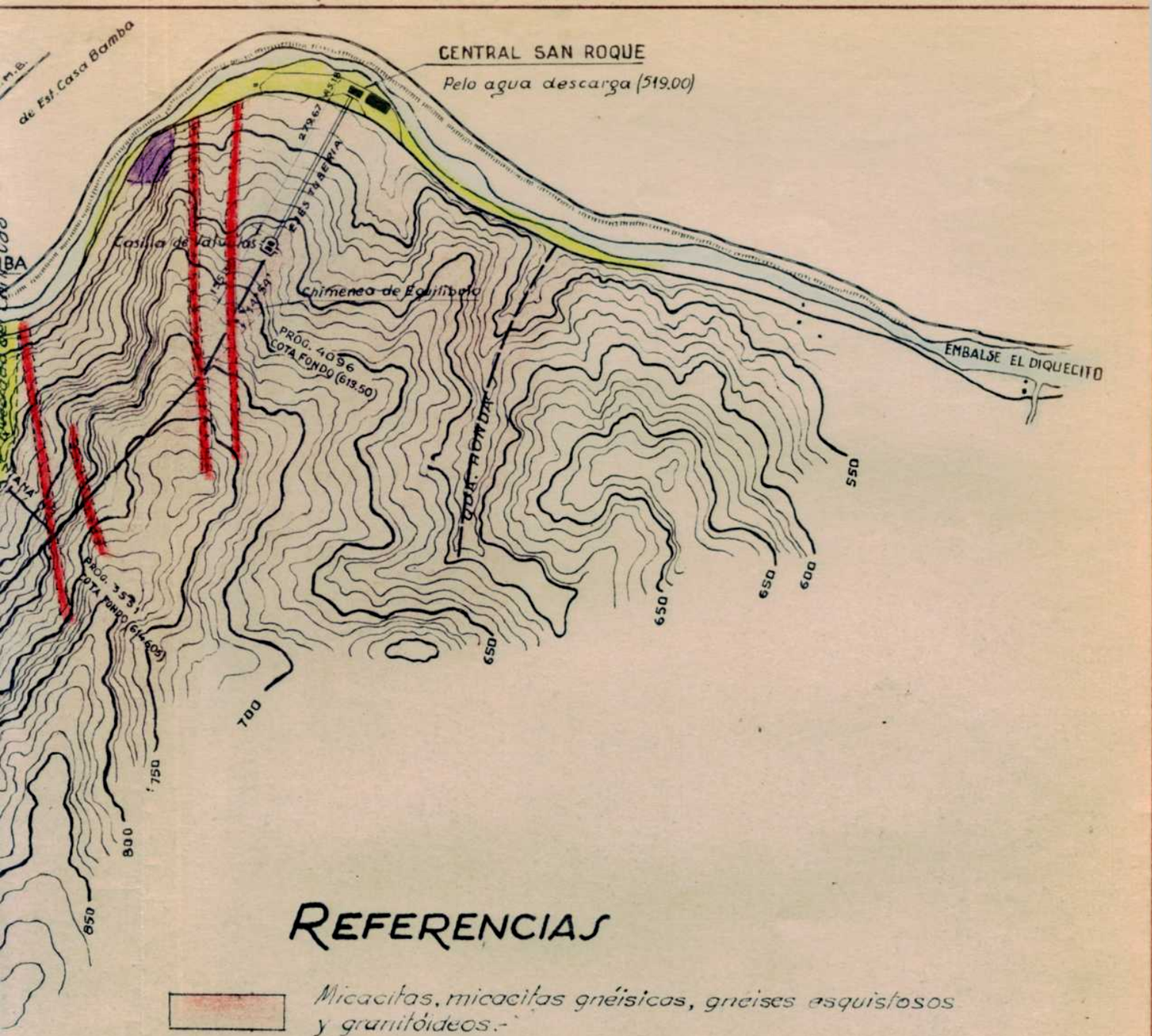


Reducción del plano E-2014

NICO (5)

TRICO


a Casa Bamba
600
F.C.G.M.B.
de Est. Casa Bamba
DIQUE
USINA BAMBA
F.C.G.M.B.
Primero
CAMINO DE OBRA
TUNEL FORZADO
Pendiente 1.97%
QUEBRADA
FORRAL DE
LOMA DEL MEDIO
VENTANA Nº2
PROG. 1.795
COTA FONDO (618.31)
900
850
800
750
N



REFERENCIAS

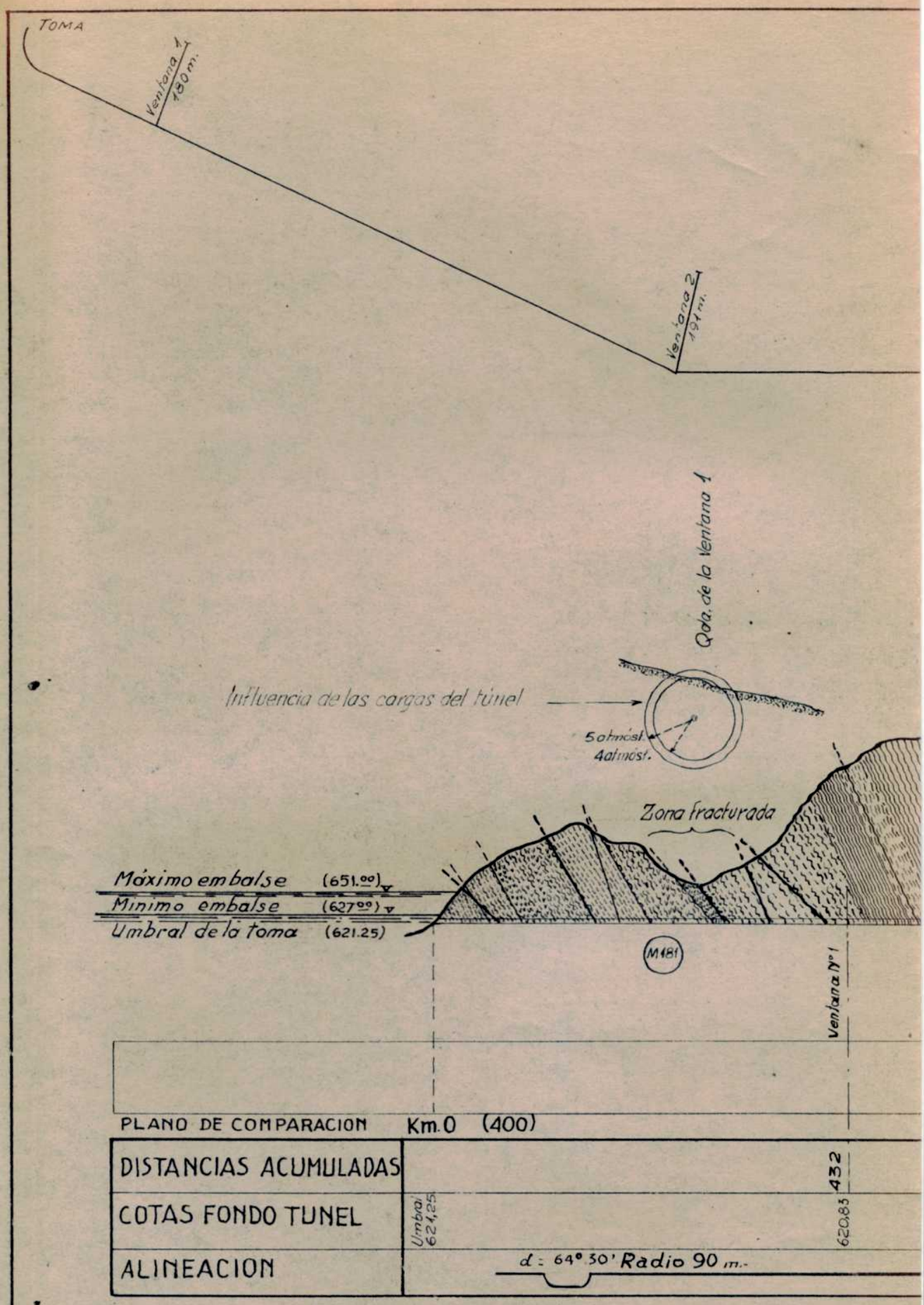
Micacitas, micacitas gnéisicas, gneises esquistosos y granitóideos.-

Dioritas cuarcíferas.-

Rocas hipabisales: 1) aplitas 2) microdioritas cuarcíferas (Espesores algo exagerados).

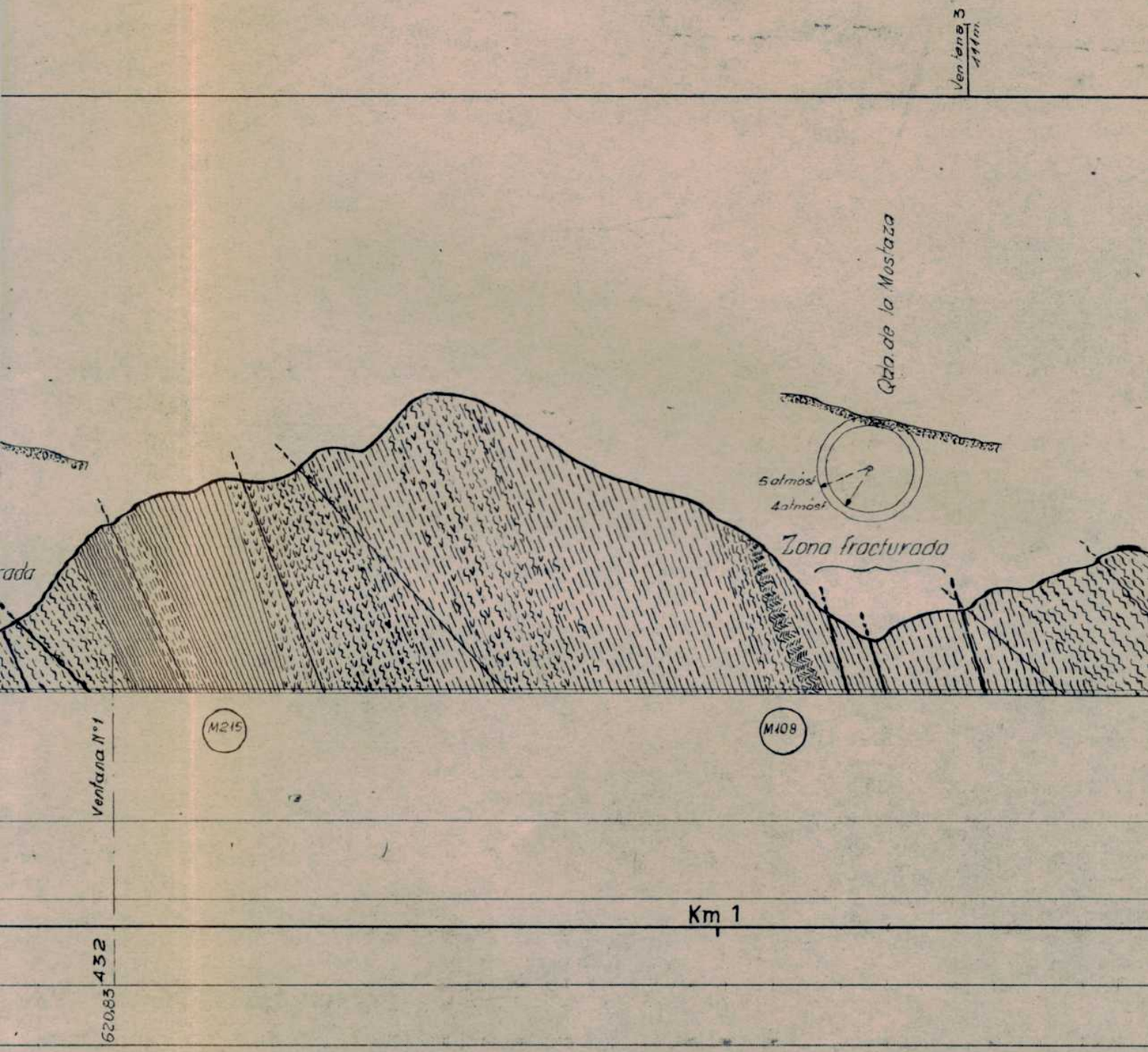
Detritus de falda y aluvión.-

Líneas tectónicas principales: 1) comprobadas 2) supuestas

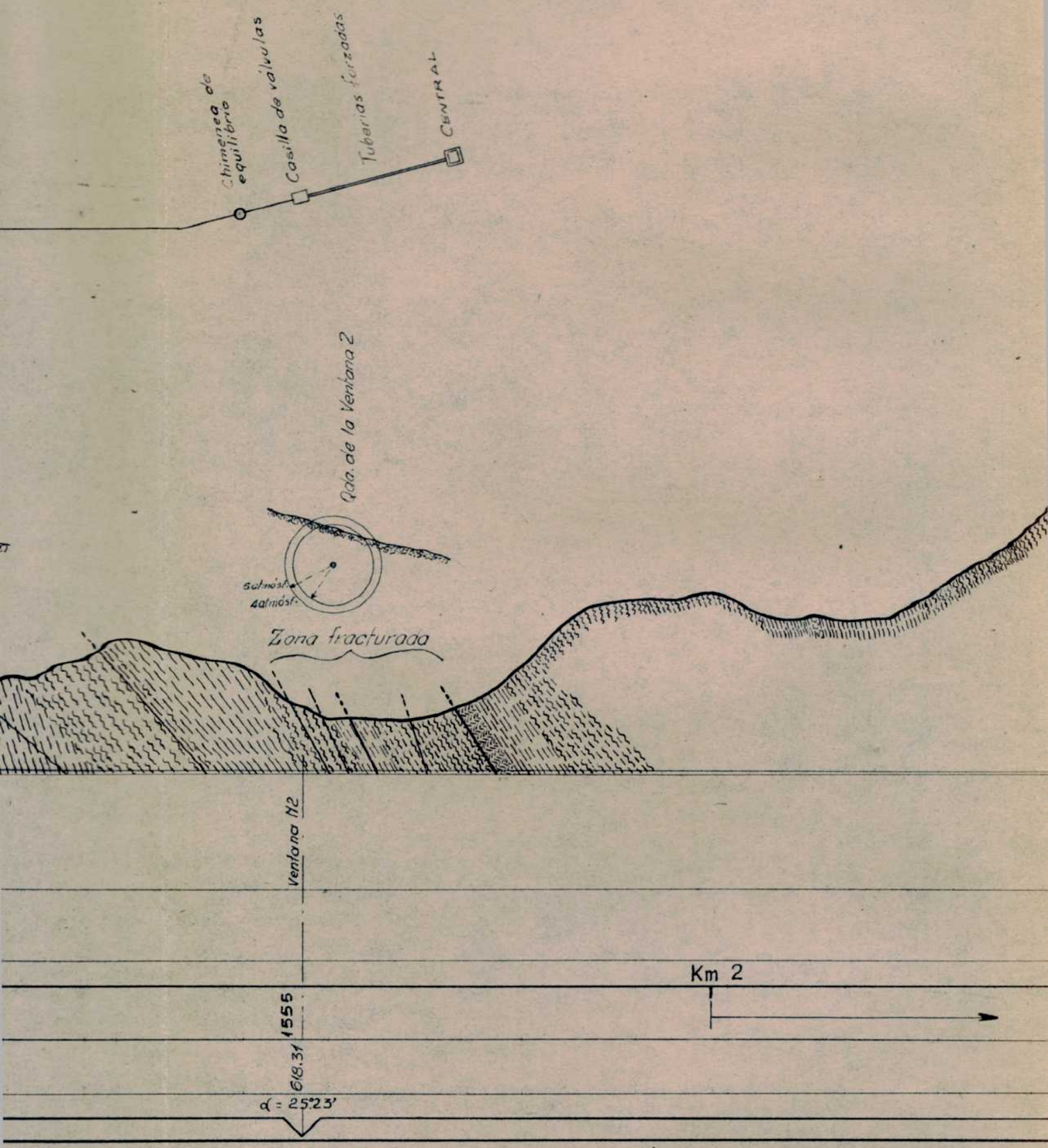

TOMA
Ventana 1
180 m.
Ventana 2
194 m.
Cota de la Ventana 1
Influencia de las cargas del tunel
5 atmósf.
4 atmósf.
Zona fracturada
Máximo embalse (651.00)
Mínimo embalse (627.00)
Umbral de la toma (621.25)
M181
Ventana Nº 1
PLANO DE COMPARACION
Km. 0 (400)
DISTANCIAS ACUMULADAS
432
COTAS FONDO TUNEL
Umbral 624,25
620,83
ALINEACION
d = 64° 30' Radio 90 m.

PLANTA

Escala 1:10.000

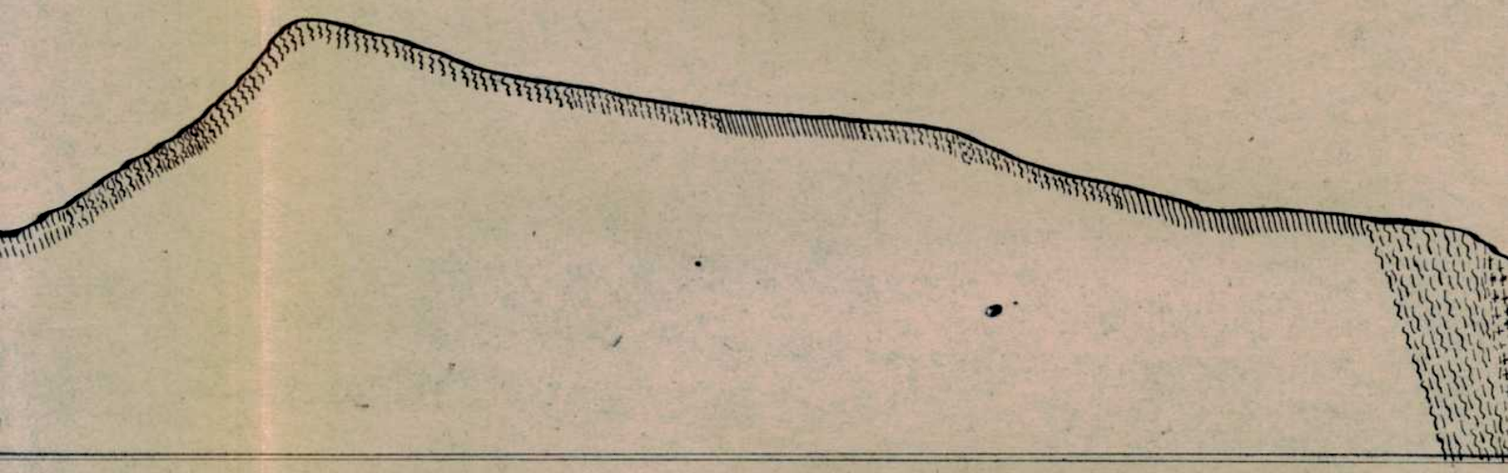


REFERENCIAS :



CIAS :

- Micacitas.-
- Micacita gnéisica o gneis micáceo.-
- Gneis esquistoso.-
- Gneis granitoideo
- Micacitas con penetración aplítica
- Mic
- Gne
- Ant
- Apl
- Mic



Km. 3

Sin perforar

Micacitas gnéisicas o gneis micáceo con penetr. aplítica.-

Gneis granitoideo con penetración aplítica.-

Anfibolitas.-

Aplitas.-

Microdiorita cuarcífera

ESTUDIO GEO

VI

APROVECHAMI

"SAN

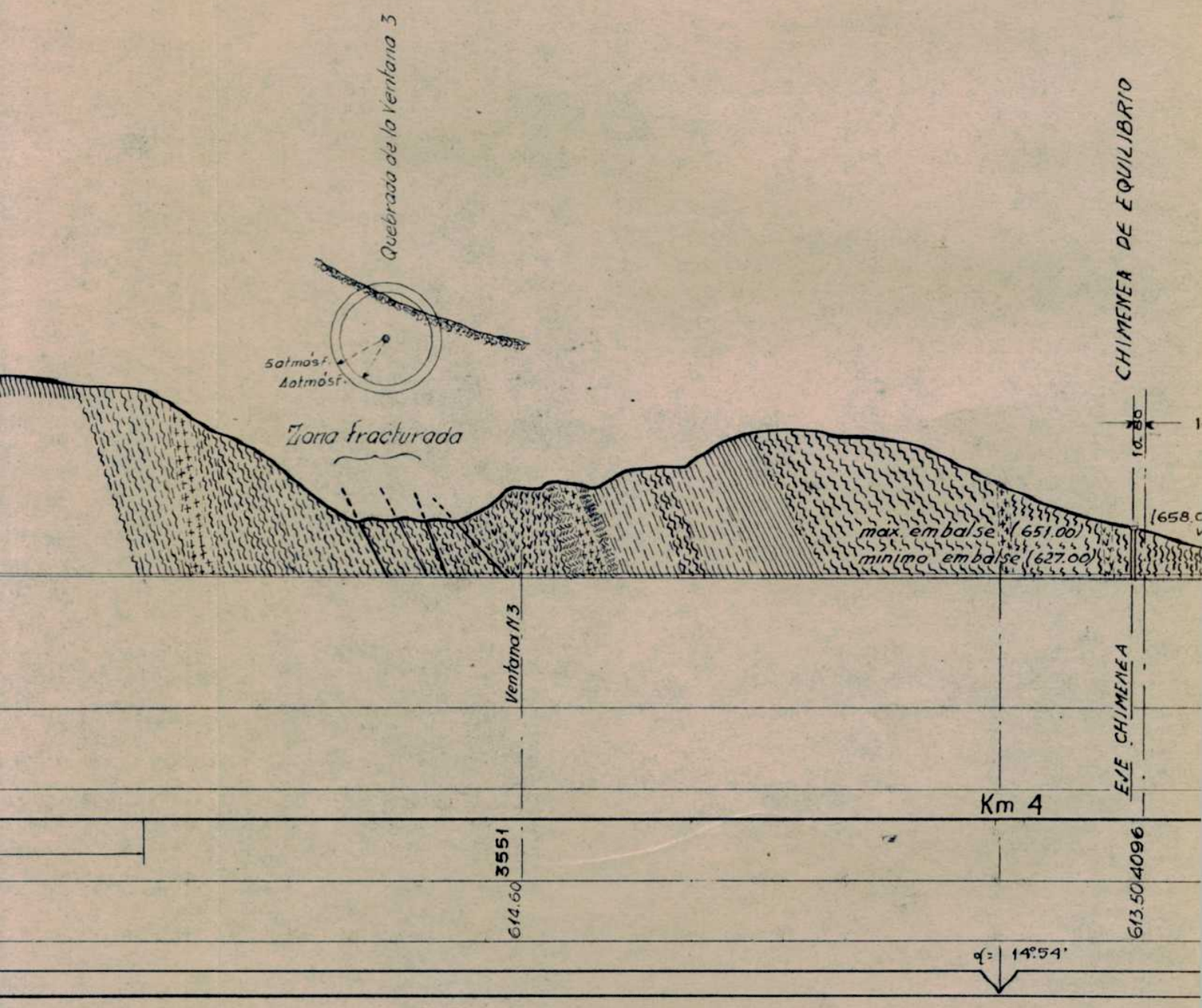
(Pcia.

PERFIL GEOL

DEL T

(Es

E



Lineas de falla y fajas de trituración.-

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO

vinculado al

APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO "SAN ROQUE"

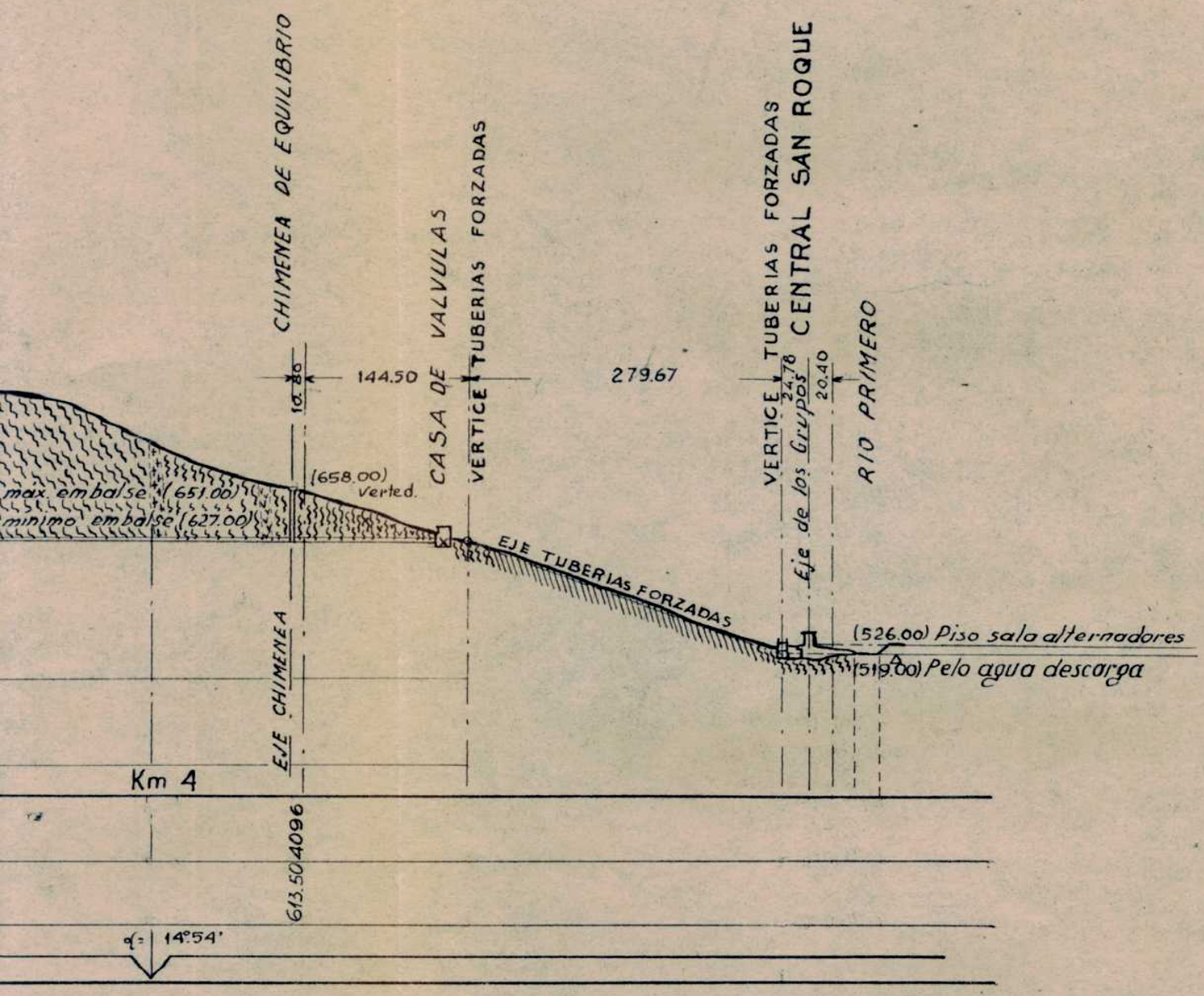
(Pcia. de Córdoba)

PERFIL GEOLOGICO LONGITUDINAL DEL TUNEL FORZADO

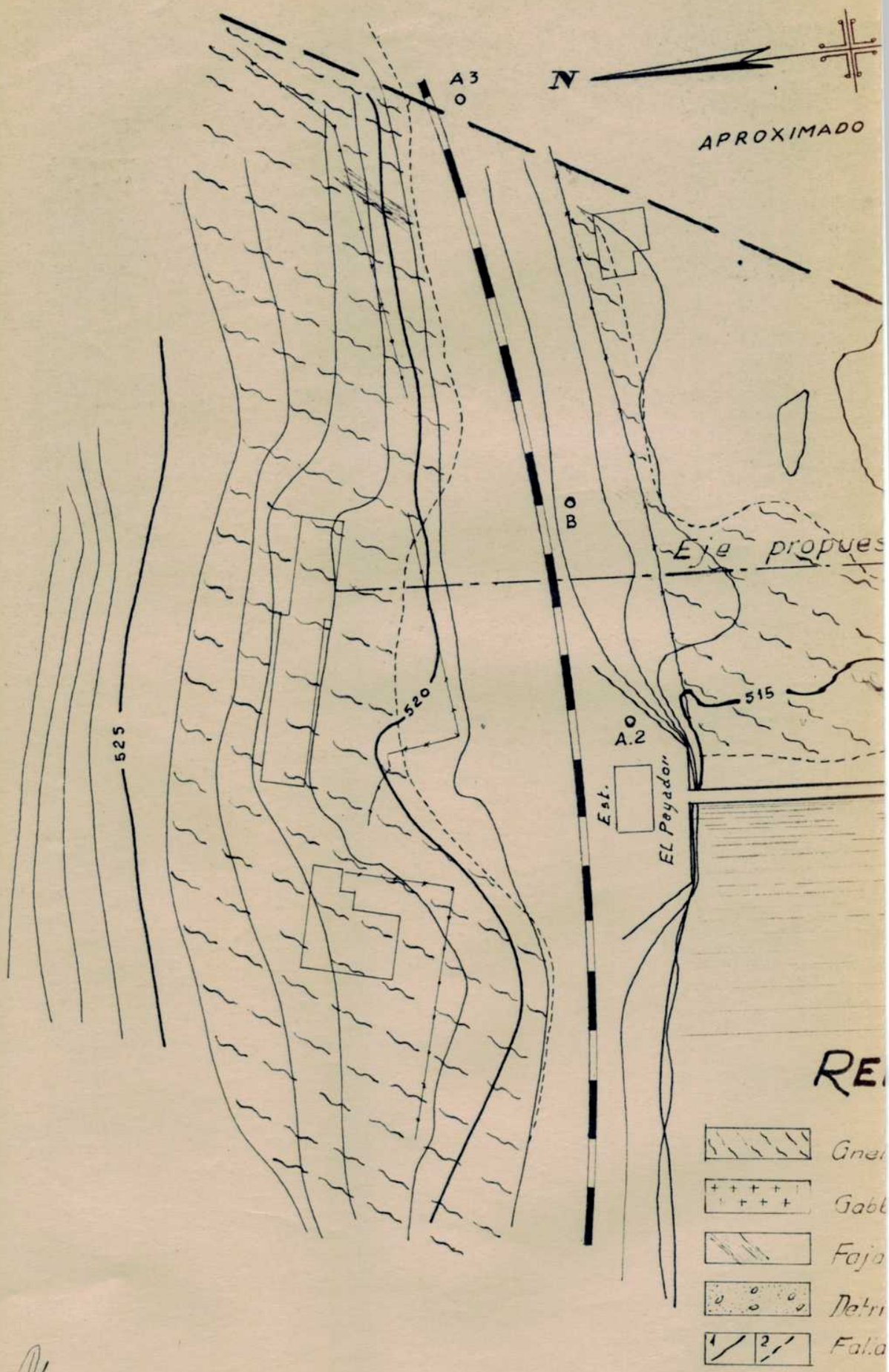
(Esquematizado)

Escala 1:5000

(vertical y horizontal)



ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO VI
APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO "SA
(Pcia. de Córdoba)

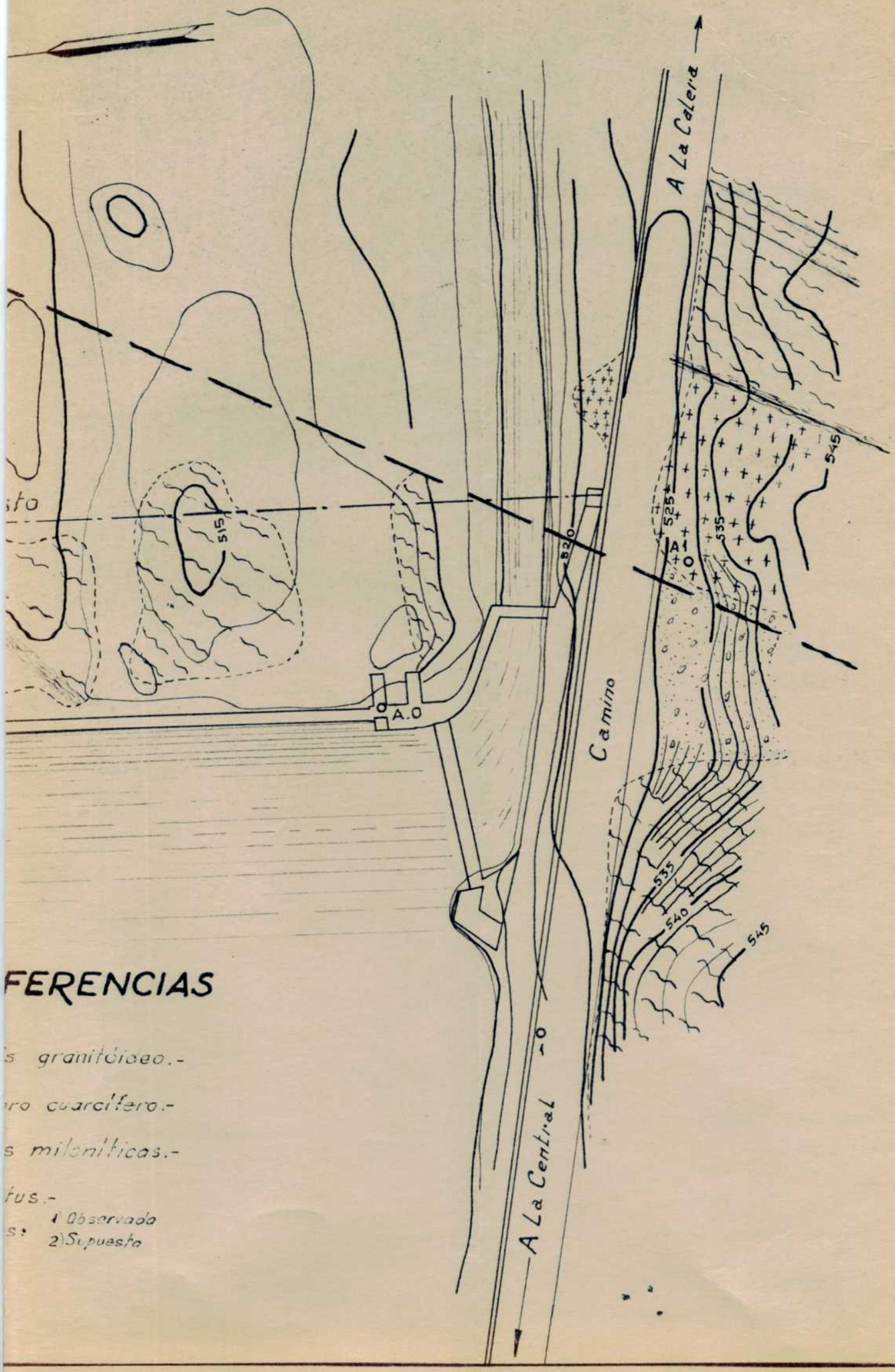


Topogr. J.E.Z.C.

NCULADO AL
AN ROQUE"

DIQUE NIVELADOR
Bosquejo Geológico

Escala 1:500



FERENCIAS

s granitóideo.-

ro cuarcífero.-

s miloníticas.-

tus.-

s: 1) Observado
2) Supuesto

Biblioteca Digital
F C E N - U B A

BIBLIOTECA CENTRAL LUIS F LELOIR
BIBLIOTECA CENTRAL LELOIR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES UBA

Tesis de Posgrado

Página no digitalizada

Tipo de material: Esquema

Alto: 51

Ancho: 70

Descripción: Estudio geológico y geotécnico vinculado al aprovechamiento hidroeléctrico "San Roque". 8provincia de Córdoba)

Esta página no pudo ser digitalizada por tener características especiales. La misma puede ser vista en papel concurriendo en persona a la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir.

This page could not be scanned because it did not fit in the scanner. You can see a paper copy in person in the Central Library Dr. Luis Federico Leloir.

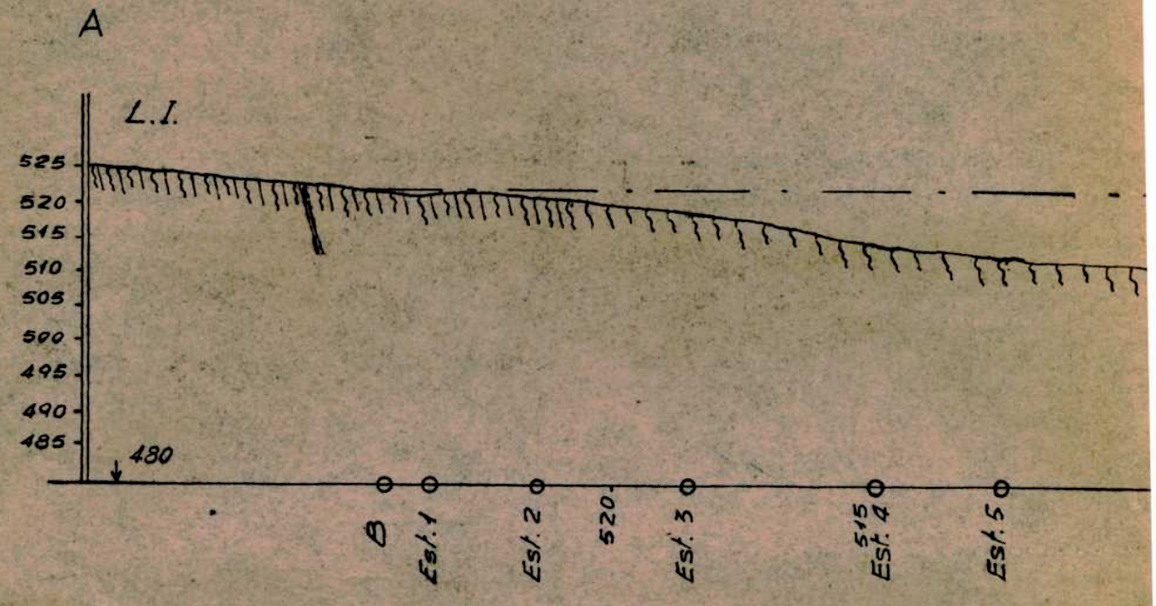
EXACTAS UBA
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UBA
Universidad de Buenos Aires

Dirección: Biblioteca Central Dr. Luis F. Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA - Tel. (++54 +11) 4789-9293

Contacto: digital@bl.fcen.uba.ar

ESTU


A
L.I.
525
520
515
510
505
500
495
490
485
480
B
Est. 1
Est. 2
520
Est. 3
515
Est. 4
Est. 5

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO VINCULADO AL

"SAN ROQUE

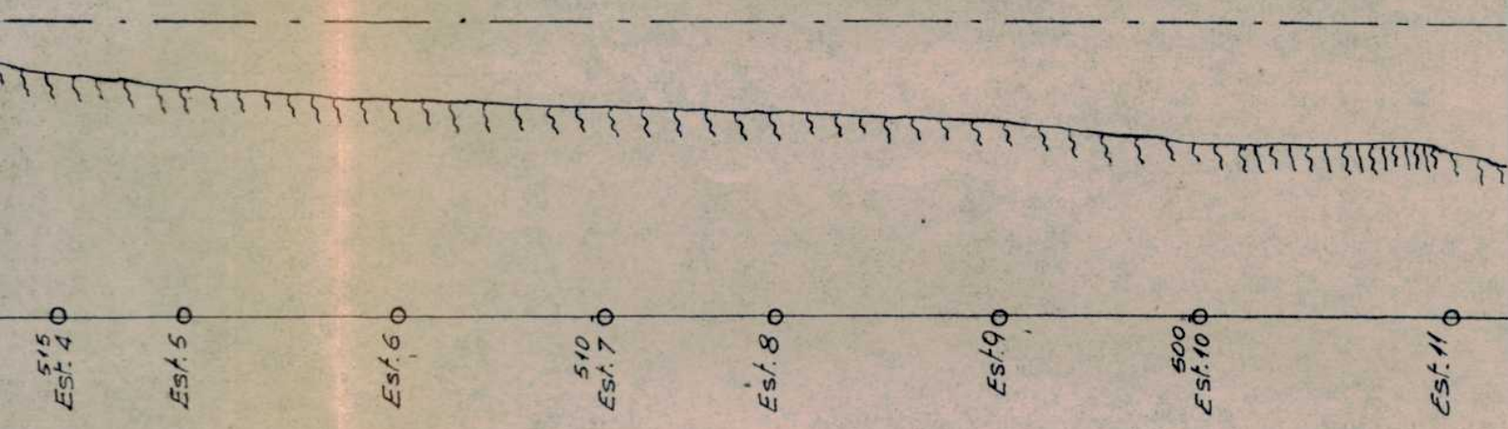
(Pcia. de Córdoba)

DIQUE COMPENSA

PERFIL GEOLOGICO TRA

Según A-A' (cierre A)

Escala 1:1000



PERFORACION A 1

Cota	Prof.	Gráfico	
497.47	0.00		
490.94	6.53		Aluvión y detritus de ladera, con algunos bloques.-
488,97	8,50		Gneis granitóideo, gris oscuro, sano, levemente esquistoso. Se atravesaron algunas diaclasas poco importantes Recuperación 100 % de testigo.-

NCULADO AL APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO

I ROQUE"

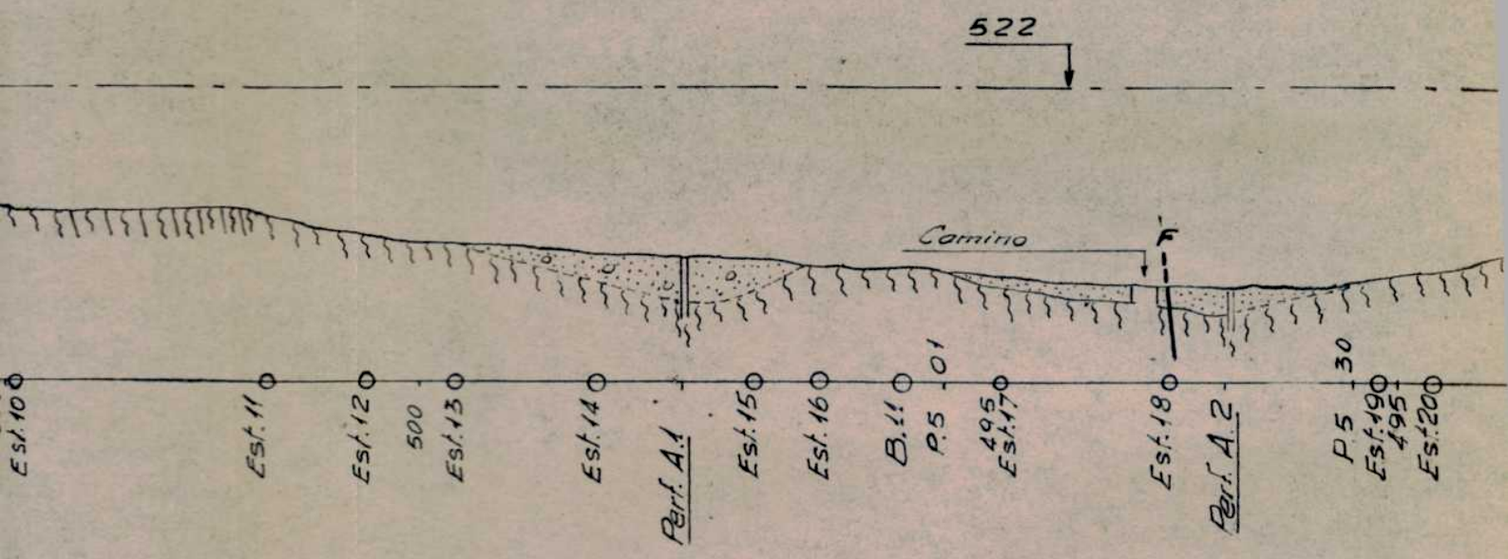
e Córdoba)

COMPENSADOR

LOGICO TRANSVERSAL

n A-A' (cierre A)

Escala 1:1000



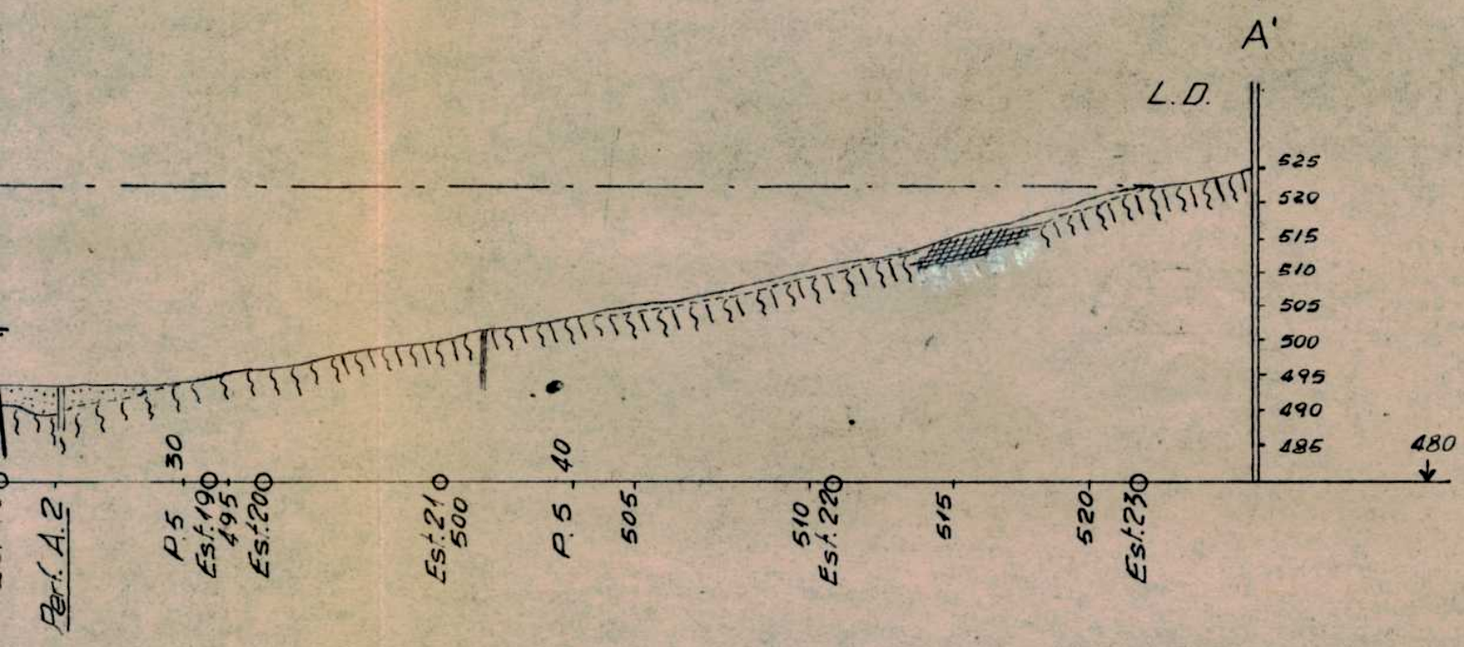
PERFORACION A2

Cota	Prof.	Gráfico	
491,97	0,00		
			Aluvión fino, con cubierta terrosa.-
489,67	2,30		
			Gneis granitóideo.- Roca sana.- Recuperación: 100 % de testigo.- Pérdida de agua: 30 %
485,12	6,85		

e ladera, con

oscuro, sano,
Se atravesaron
importantes
e testigo.-

CTRICO



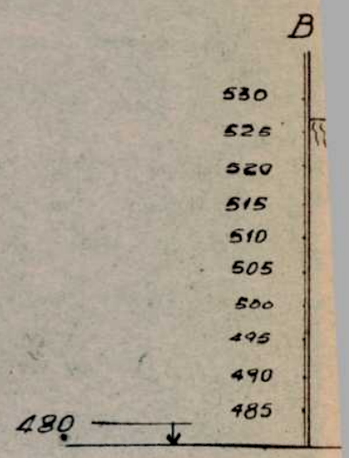
ta terrosa.-

de testigo.-
%

REFERENCIAS

- Gneis común granitoideo.-
- Gneis más esquistoso.-
- Roca descompuesta.-
- Fajas miloníticas.-
- Detritus y aluvión.-
- Falla.-

ESTU



PERFORACION B 4

Cota	Prof.	Gráfico	Descripción
513,64	0,00		
509,04	4,60		Material detrítico, aluvión fino y algunos rodados.- Arena fina
508,89	4,75		Gneis granitóideo, algo alterado. Recuperación: 75% de testigo.- Pérdida de agua: 30%.-
507,39	6,25		
506,79	6,85		Gneis granitóideo, sano. Recuperación 100% de testigo. Pérdida de agua 30%

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO VINCULADO AL A

" SAN ROQUE "

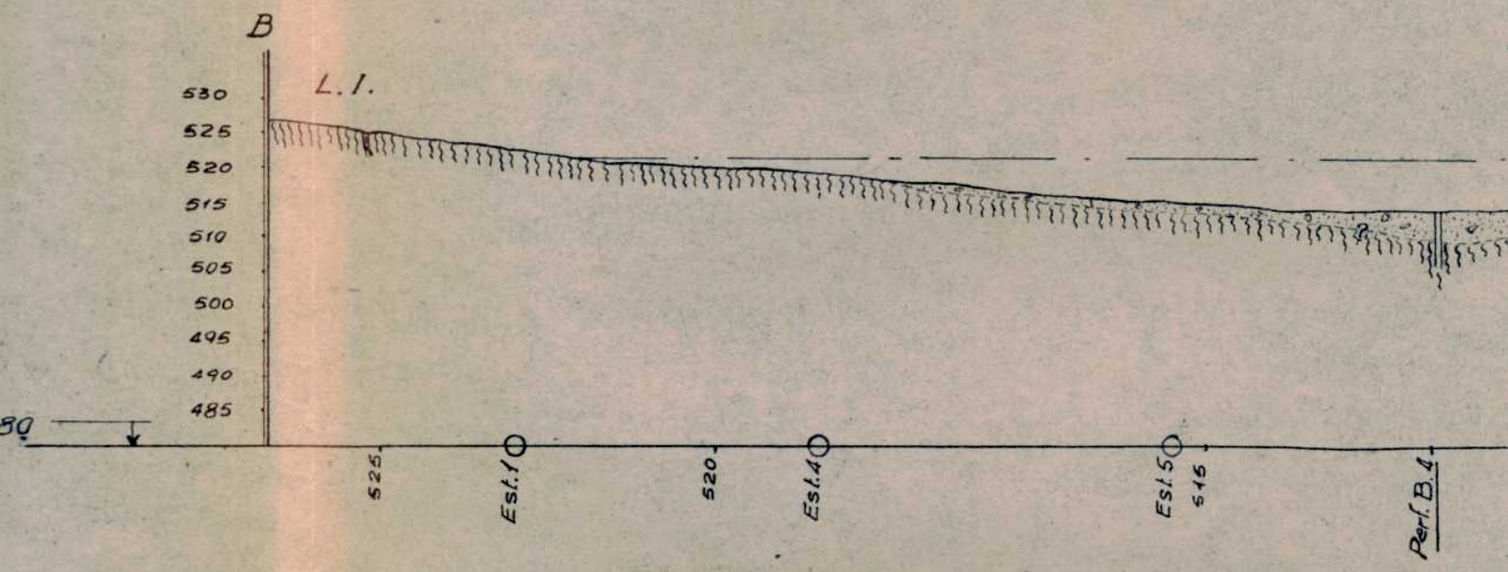
(Pcia. de Córdoba)

DIQUE COMPENSADOR

PERFIL GEOLOGICO TRANSV

Según B-B' (Cierre B)

Escala 1:1000



PERFORACION B3

Cota	Prof.	Gráfico	Descripción
495,65	0,00		
493,95	1,70		Detritus de falda y aluvión mediano.-
493,35	2,30		Roca alterada, de avance rápido
490,35	5,30		Gneis granitóideo, sano.- Recuperación : 100 % de testigo.-

REFERENCIAS

- Gneis común, granitóideo.-
- Gneis más esquistoso.-
- Fajas miloníticas
- Detritus y aluvión
- Falla.-

LADO AL APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO

POQUE "

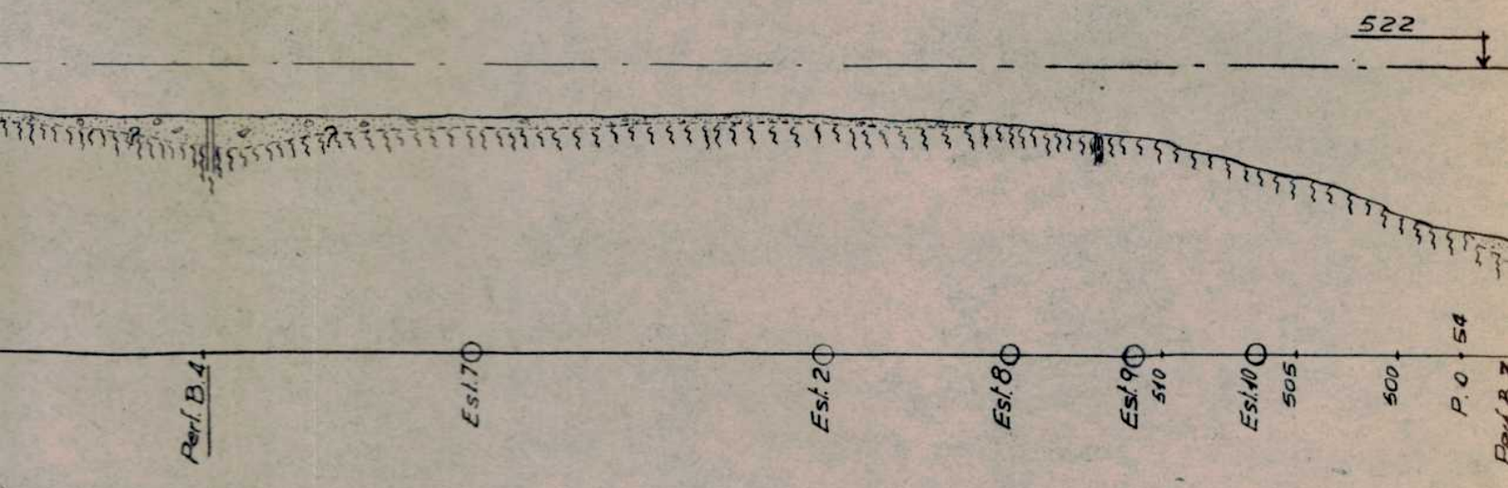
órdoba)

PENSADOR

CO TRANSVERSAL

(Cierre B)

1:1000

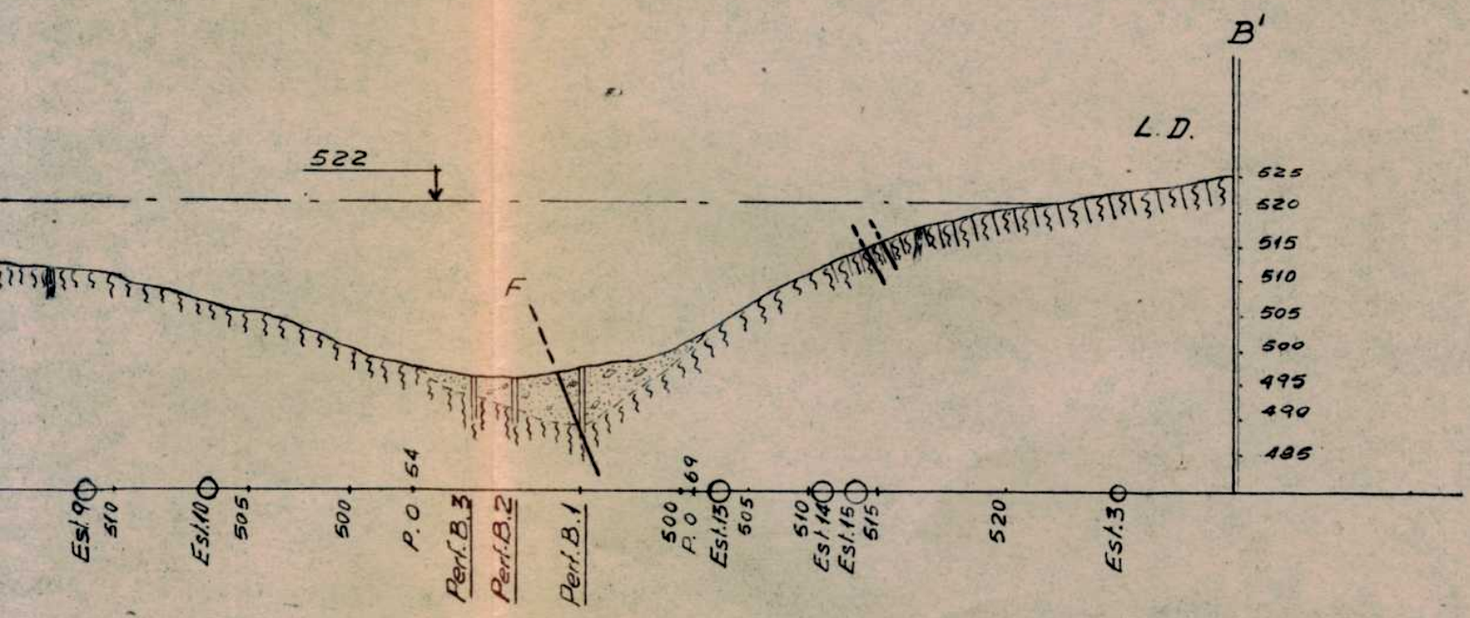


PERFORACION B2

Cota	Prof.	Gráfico	Descripción
495.80	0.00		
493.50	2.80		Aluvión y escombros de falda.-
491,65	4,15		Roca alterada más o menos brechosa con alguna faja tectonizada no > de 5 cms.
489,24	6,56		Gneis granitóideo, sano. Recuperación 100% de testigo.-

Cota
496.81
491.75
491,01
489,21
488,81
486,61

CTRICO



PERFORACION B 1

Cota	Prof.	Gráfico	Descripción
496,81	0,00		
491,75	5,06		Aluvión y escombros de falda.- (Pozo encamisado).
491,01	5,80		Roca brechosa y alterada.-
489,21	7,60		Roca finamente triturada, típica de falla.-
488,81	8,00		Roca brechosa y alterada.-
486,61	10,20		Gneis granitóideo muy poco brechoso. Recuperación: 95 % de testigo. Pérdida de agua: 10 %

Biblioteca Digital
F C E N - U B A

BIBLIOTECA CENTRAL LUIS F LELOIR
BIBLIOTECA CENTRAL LELOIR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES UBA

Tesis de Posgrado

Página no digitalizada

Tipo de material: Esquema

Alto: 65

Ancho: 69

Descripción: Estudio geológico y geotécnico vinculado al aprovechamiento hidroelectrico "San Roque"-Pcia. Córdoba-Obras de toma-perfil en el eje y planta.

Esta página no pudo ser digitalizada por tener características especiales. La misma puede ser vista en papel concurriendo en persona a la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir.

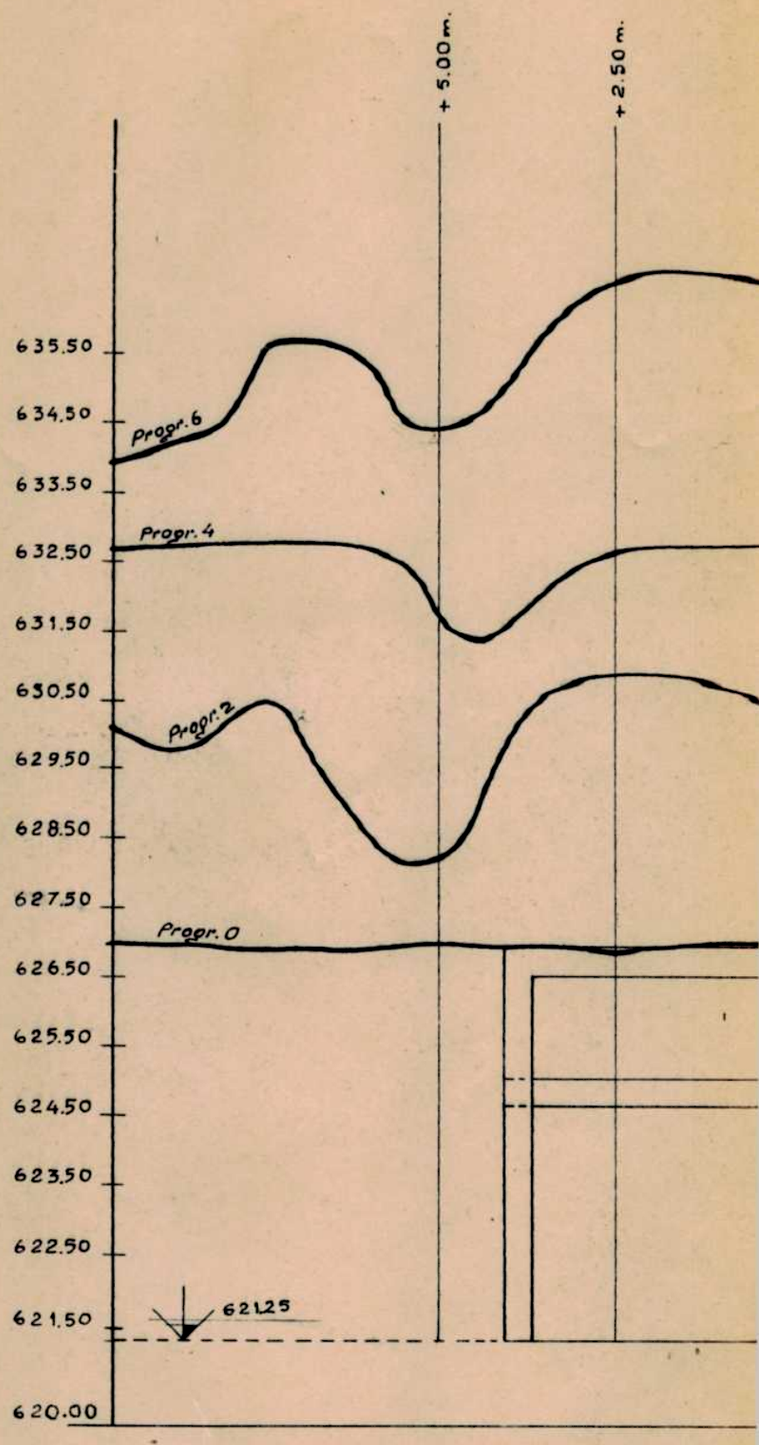
This page could not be scanned because it did not fit in the scanner. You can see a paper copy in person in the Central Library Dr. Luis Federico Leloir.

EXACTAS UBA
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UBA
Universidad de Buenos Aires

Dirección: Biblioteca Central Dr. Luis F. Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA - Tel. (++54 +11) 4789-9293

Contacto: digital@bl.fcen.uba.ar


+ 5.00 m.
+ 2.50 m.
635.50
634.50
633.50
632.50
631.50
630.50
629.50
628.50
627.50
626.50
625.50
624.50
623.50
622.50
621.50
620.00
Progr. 6
Progr. 4
Progr. 2
Progr. 0
621.25

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO

vinculado al

APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO

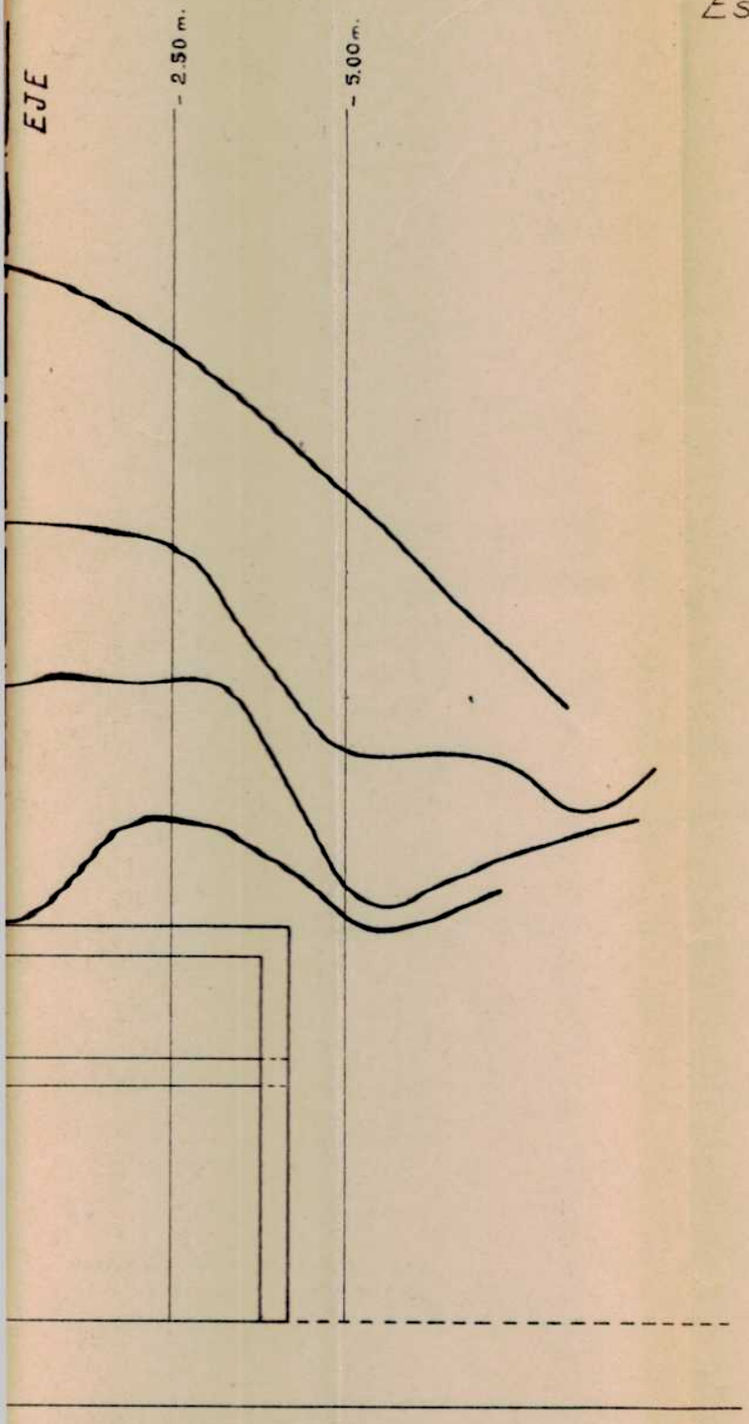
" SAN ROQUE "

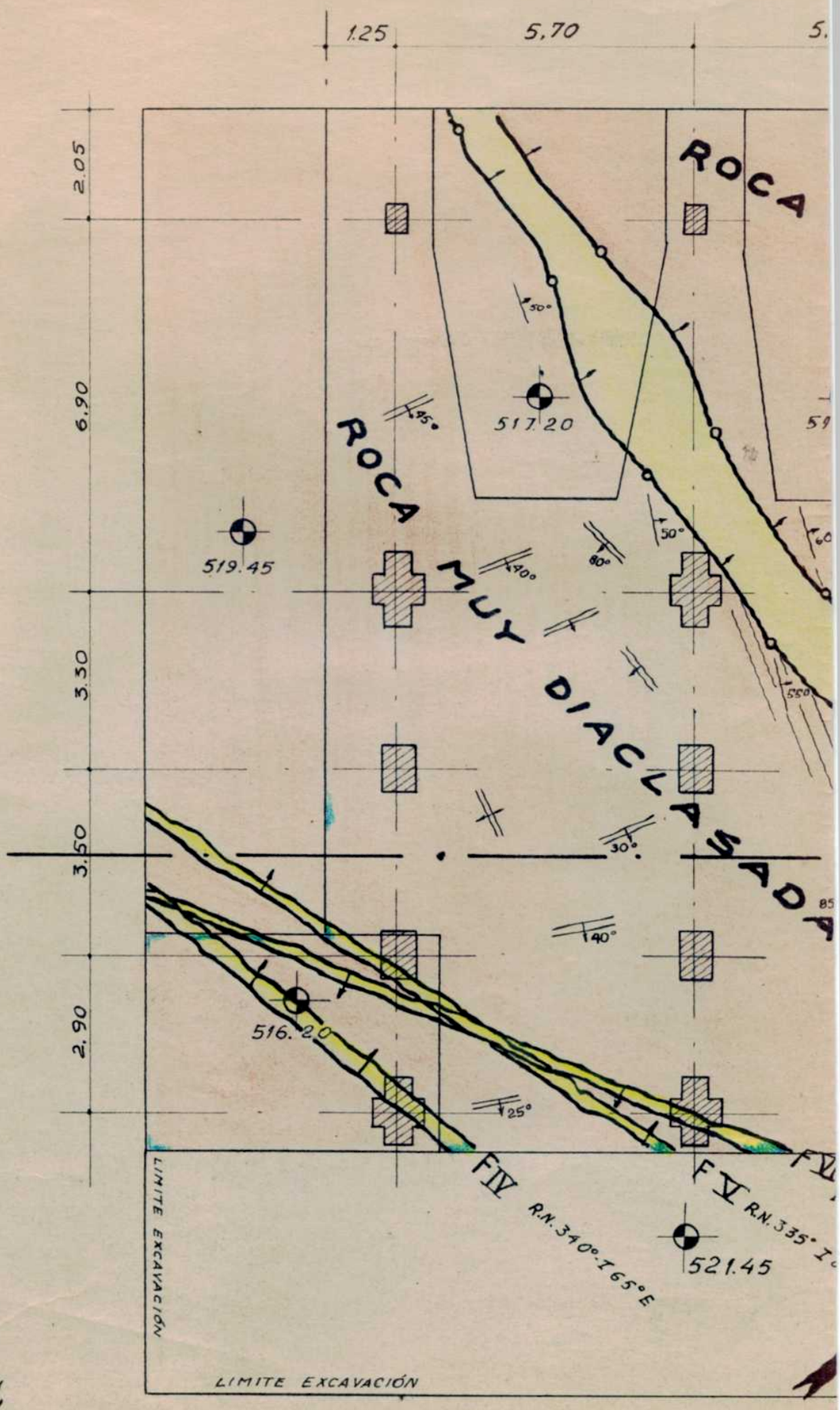
(Pcia. de Córdoba)

OBRAS DE TOMA

PERFILES TRANSVERSALES

Escala: 1:100

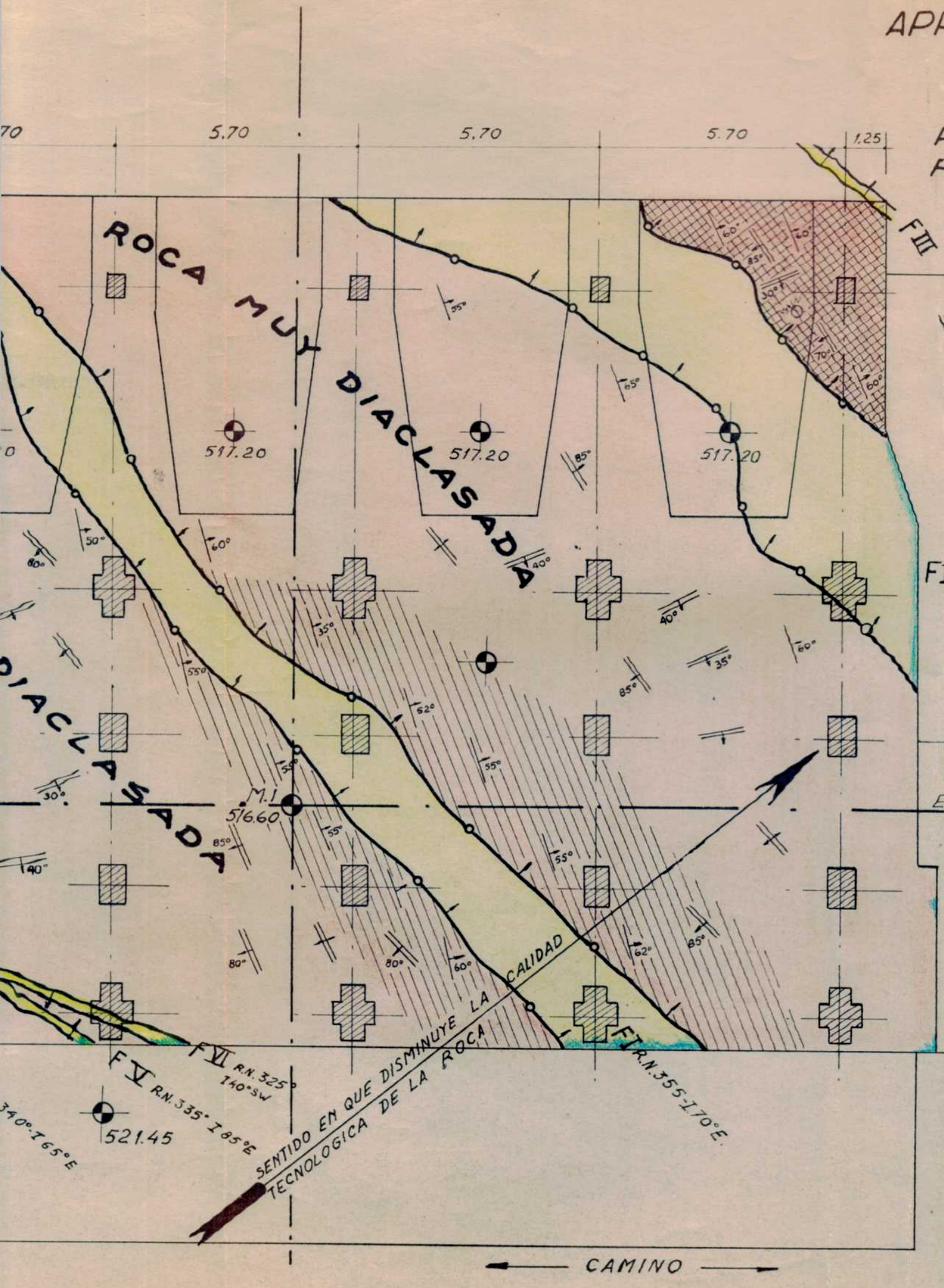



1.25
5,70
2.05
6.90
3.50
3.50
2.90
ROCA
ROCA MUY DIACLASADA
517.20
519.45
516.20
521.45
50°
45°
40°
80°
50°
60°
55°
30°
40°
25°
FIV R.N. 340°-I 65°E
FV R.N. 335°-I
LIMITE EXCAVACIÓN
LIMITE EXCAVACIÓN

PL. S.R. Nº 287

ES

APR


5.70
5.70
5.70
1.25
ROCA MUY DIACLASADA
DIACLASADA
517.20
517.20
517.20
M.1
516.60
521.45
F III
F VI R.N. 325 140°SW
F V R.N. 335° I 85°E
F I R.N. 355 I 70°E
340° I 65°E
SENTIDO EN QUE DISMINUYE LA CALIDAD TECNOLOGICA DE LA ROCA
CAMINO

ESTUDIO GEOLOGICO

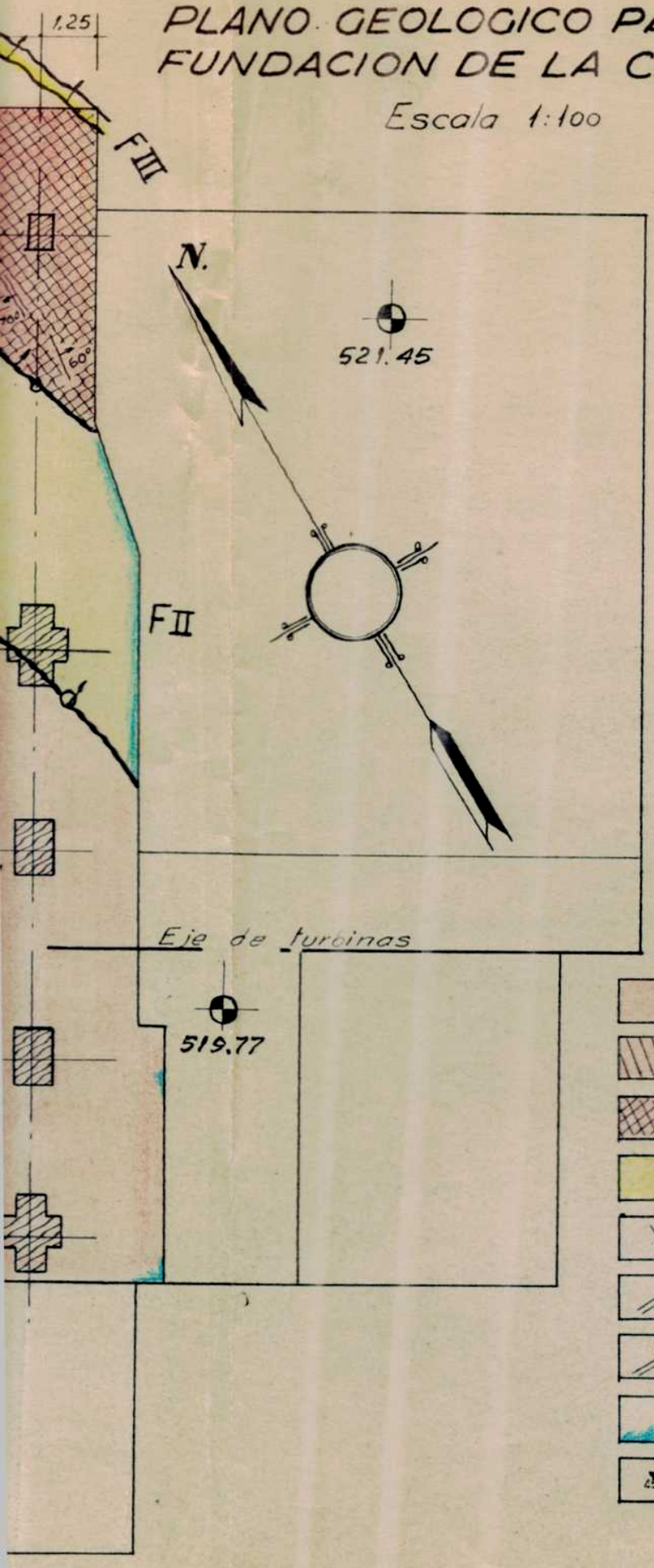
vinculado al

APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO "SAN ROQUE"

(Pcia. de Córdoba)

PLANO GEOLOGICO PARA LA FUNDACION DE LA CENTRAL

Escala 1:100



REFERENCIAS

- Gneis, en partes granitóideo grueso y, en otras, esquistoso, atravesado por filones apliticos de poco espesor.-
- Gneis esquistoso alterado facilmente exfolia
- Zona brechosa, muy diaclasada y alterada, bancos de caliza.-
- Zona de falla.-
- 60° Rumbo e inclinación de la esquistosidad.-
- 80° Rumbo e inclinación de las diaclasas.-
- Diaclasas verticales.-
- Zonas de filtraciones de agua
- 45° N Dirección e inclinación de las inyecciones aconsejadas en la zona brecha

Dr Dessouti.