

330
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS

AGUSTINAS 785 - 5.º PISO
SANTIAGO DE CHILE

10(263-3)

BIBLIOTECA DE LA MISION
DE COOPERACION TECNICA

DE LOS ESTADOS UNIDOS
DE AMERICA
SANTIAGO - CHILE

Geología y Suelos de una Faja de Terreno
en Relación con la Construcción de una
Autopista entre Concepción y Talcahuano,
Provincia de Concepción.

POR: CARLOS GALLI OLIVIER
Y RICHARD W. LEMKE

JUNIO DE 1962

BIBLIOTECA NACIONAL



0444930

3

10 (263-3)

GEOLOGIA Y SUELOS DE UNA FAJA DE TERRENO EN RELACION CON LA CONSTRUCCION
DE UNA AUTOPISTA ENTRE CONCEPCION Y TALCAHUANO, PROVINCIA DE CONCEPCION

Por

Carlos Calli Olivier

geólogo del Instituto de Investigaciones Geológicas

Richard W. Lemke

Geólogo del USAID/Chile

SANTIAGO, Junio de 1962

C O N T E N I D O

	Pág.
INTRODUCCION	
Ubicación del área y propósitos del estudio	1
Relieve y drenaje	4
GEOLOGIA	
Rocas graníticas descompuestas	6
Distribución	6
Morfología y drenaje	6
Litología	6
Contactos	6
Meteorización	6
Suelo	7
Rocas sedimentarias descompuestas	7
Distribución	7
Morfología y drenaje	7
Litología y espesor	8
Contactos	8
Meteorización	9
Características físicas	9
Suelo	10
Depósitos fluviales	10
Distribución	11
Morfología y drenaje	11
Litología, espesor y contactos	11
Características físicas	12
Depósitos eólicos	13
Depósitos de dunas de arena	13
Distribución	13
Morfología y drenaje	13
Litología y espesor	13
Características físicas	14
Depósitos de limo	14
Distribución	14
Morfología y drenaje	14
Litología	14
Características físicas	15
Depósitos de pantanos y de otras áreas mal drenadas	15
Distribución	15
Litología	15
Características físicas	15
Depósitos de aluvio y coluvio indiferenciados	16
Distribución	16
Litología	16



	Pág.
Depósitos de la planicie aluvial del río Andalién.....	16
Distribución	16
Morfología y drenaje	16
Litología y espesor	17
Características físicas	17
Depósitos de relleno artificial	18
CLASIFICACION DE SUELOS SEGUN CASAGRANDE	19
MATERIALES DE CONSTRUCCION	22
TALUDES Y OTRAS EXCAVACIONES ASOCIADAS A LA CONSTRUCCION de la autopista	25
CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DEL RIO ANDALIEN	30
CONCLUSIONES	32
RECOMENDACIONES	33
APENDICE	35
REFERENCIAS CITADAS	38

ILUSTRACIONES:

Figura N° 1. Croquis de ubicación

Figura N° 2. Mapa geológico

Figura N° 3. Mapa de suelos

Figura N° 4. Sección longitudinal de la faja de terreno.

INTRODUCCION

UBICACION DEL AREA Y PROPOSITOS DEL ESTUDIO

no y otros puntos intermedios, atravesando un número de sectores po-

El propósito de este informe es describir, desde el punto de vista de la ingeniería, la geología y los suelos de una faja de terreno situada en las comunas de Concepción y Talcahuano, en la provincia de Concepción, en relación con un estudio seccional de una autopista. La faja de terreno donde se fundaría la autopista, de un largo de 6 km., se extiende desde la Avenida Collao, en un punto a aproximadamente 4 km al este en línea recta desde la Plaza de Armas de Concepción; atraviesa el barrio Chillancito, bordea la subestación de la ENDESA, el barrio Nueva Pampa y la laguna Lo Méndez y termina empalmando con la nueva autopista de Puente Perales al Cerro Chacabuco, en un punto situado a aproximadamente 3,5 km al norte de la Plaza de Armas.

El estudio seccional contempla una autopista de doble vía a lo largo de aproximadamente 6 km., con un ancho entre 35 y 40 m y una franja de expropiación de 100 m. Los accesos laterales se proyectan por medio de dos hojas de trébol, una de ellas ubicada en las proximidades de la Escuela Industrial y la otra en el extremo noreste de la calle Irarrázabal. En esas partes y en los parques proyectados al nordeste del barrio Nueva Pampa y al este de la laguna Lo Méndez, la franja de expropiación alcanza a un ancho máximo de 300 m. La construcción de la autopista se realizaría en dos etapas. La primera consistiría en la elaboración del proyecto final y en la construcción de la autopista. En la oficina del Departamento de Urbanismo y Vivienda en Concepción los detalles del estudio seccional pueden consultarse en el plano "Autopista de Concepción a Talcahuano (tramo comprendido entre acceso a Concepción y aeropuerto Carriel Sur)", escala 1:5.000.

La investigación se hizo por requerimiento del señor César Burotto, jefe del Departamento de Urbanismo y Vivienda en Concepción, dependiente del Ministerio de Obras Públicas. La información geológica y de suelos, recogida en la faja de terreno propuesta por el señor Burotto y por los urbanistas del USAID/Chile señores Ivan Alten y David Condon, puede complementar el estudio seccional y eventualmente ayudar en la elaboración del proyecto final y en la construcción de la autopista. La segunda etapa incluiría la construcción de las hojas de trébol, puentes elevados, parques y otras obras adicionales.

El estudio seccional propone construir la autopista sobre una plataforma artifi-

sobre la planicie aluvial del río Andalién. En esta parte, el estudio seccional propone construir la autopista sobre una plataforma artifi-

La autopista, según los autores del estudio seccional, permitiría un acceso más rápido a Concepción y especialmente a Talcahuano y otros puntos intermedios, atravesando un mínimo de sectores poblados. En la actualidad el acceso a Concepción desde el oeste debe hacerse a través de la Avenida Collao, vía que por su ancho, por su densidad de población y por el incremento eventual del tránsito que creará el nuevo Estadio Deportivo, entre otras causas, no reúne las características de una vía de acceso moderna. El acceso a Talcahuano desde el este demanda atravesar la ciudad de Concepción por calles que sólo en ciertos tramos permiten un tránsito moderadamente rápido. Una autopista de primera clase aumentaría la seguridad en el tránsito y la rapidez del acceso.

El estudio seccional contempla una autopista de doble vía a lo largo de aproximadamente 6 km., con un ancho entre 35 y 40 m y una franja de expropiación de 100 m. Los accesos laterales se proyectan por medio de dos hojas de trébol, una de ellas ubicada en las proximidades de la Escuela Industrial y la otra en el extremo noreste de la calle Irarrázabal. En esas partes y en los parques proyectados al noreste del barrio Nueva Pampa y al este de la laguna Lo Méndez, la franja de expropiación alcanza a un ancho máximo de 500 m. La construcción de la autopista se realizaría en dos etapas. La primera contempla la construcción de la doble vía y la reserva del espacio de la franja de expropiación. La segunda etapa incluiría la construcción de las hojas de trébol, pasos elevados, parques y otras obras adicionales.

Según el proyecto, la autopista se extenderá a lo largo de 2,8 km sobre la planicie aluvial del río Andalién. En esta parte, el estudio seccional propone construir la autopista sobre una plataforma artifi-

cial o terraplén con una altura y ubicación que permitan una canalización adecuada de las aguas del río Andalién. El río Andalién inunda su planicie aluvial (o de inundación) durante ciertos períodos invernales en que se producen grandes precipitaciones sobre la Cordillera de la Costa. Las inundaciones han afectado repetidamente en el pasado a populosos sectores próximos a la Avenida Collao y del barrio Chillancito.

La base topográfica de las figuras 2 y 3 es el plano escala 1:20.000 con curvas de nivel a 20 m de equidistancia, preparado por la Fuerza Aérea de Chile. El relieve mostrado por la sección longitudinal (Fig. 4) se basa en las curvas equidistantes a 1 m de las hojas 1:2.000 de la OEA. El trabajo de terreno se llevó a cabo con la fotografías aéreas escala 1:10.000 tomadas por la Aero Service Corporation en Enero y Febrero de 1961 para el Proyecto de Aer.fotogrametría de la Organización de Estados Americanos (OEA).

En el texto se describen 9 unidades geológicas, desde la más antigua hasta la más moderna.

En la explicación del mapa de suelos se describen 8 unidades. El texto está acompañado de un croquis de ubicación (Fig. 1), de un mapa geológico (Fig. 2), de un mapa con la clasificación de suelos según Casagrande (Fig. 3) y de una sección longitudinal (Fig. 4). La sección muestra la probable geología de la subsuperficie. Está basada en el mapa geológico, en dos perforaciones de alrededor de 30 m y en una de 10 m. El relieve se muestra en escalas vertical y horizontal muy diferentes (20 a 1). Los mapas no incluyen muchos detalles urbanísticos del estudio seccional para no interferir con la presentación de la geología y los suelos.

Se agradece al señor César Burotto por las facilidades otorgadas en su oficina de Concepción para la elaboración de este informe; al señor Carlos Guzmán, cuya gran información permitió componer el capítulo acerca del régimen hidrológico del río Andalién; y al señor Homero Van Camps por sus informaciones acerca de muchos taludes de los caminos regionales y los materiales de construcción.

RELIEVE Y DRENAJE

El relieve del área estudiada está caracterizado por tres unidades morfológicas, que se describen como 1) planicie del Andalién, 2) cerros y 3) áreas interserranas bajas.

1) La planicie del Andalién es una llanura que ocupa el fondo del valle del río homónimo. El valle está excavado hacia el noroeste entre laderas de pendientes moderadas cubiertas por vegetación. La planicie tiene una superficie desprovista de accidentes topográficos mayores, en parte cultivada, de fácil acceso, sólo interrumpida por construcciones en algunos sectores, por afluentes del río (Nonguén), por cursos abandonados del río, anegados y con vegetación de pantanos, por lechos estacionales y por el lecho actual del Andalién. El lecho del Andalién en el verano tiene un cuerpo de agua de alrededor de 10 m de ancho que corre entre barrancas de unos 2,50 m de altura y en partes entre riberas bajas. La pendiente del lecho desciende hacia el oeste a razón de aproximadamente 1 m vertical cada 300 m horizontales, ó 3,3 por 1.000 (al norte de la Escuela Industrial). Hacia el este y sobre todo hacia el oeste del sector que ocupará la autopista, la planicie se extiende por varios kilómetros, con parecidas características morfológicas. El ancho máximo de la planicie, en las proximidades de la zona estudiada es de alrededor de 1,5 km.

2) Los cerros en las partes que cruzaría la autopista tienen una altura relativa máxima de 42 m sobre las áreas circundantes (cerro de Lo Galindo). Los cerros La Pólvara (18 m de altura relativa) y de Lo Galindo tienen formas alargadas aproximadamente hacia el noreste, con faldeos moderados especialmente hacia el oeste, en gran parte cubiertos por vegetación. Los cerros de Nueva Pampa y Lo Méndez tienen 18 y 14 m de altura relativa, respectivamente. Los faldeos de estos cerros son muy suaves y en partes están cultivados.

3) Las áreas interserranas bajas cruzadas por la faja de terreno son pequeños valles interiores de superficie moderadamente llana y casi horizontal. En partes de la faja de terreno o muy próximas, las áreas interserranas pueden estar modificadas por dunas (al norte y al noroeste de la laguna Lo Méndez) u ocupadas por lagunas (Lo Galindo y Lo Méndez).

El drenaje es eficiente en los cerros. En la planicie del río Andalién el drenaje es eficiente pero puede ser muy deficiente en ciertos períodos del invierno.

Las áreas interserranas bajas tienen drenaje deficiente en partes de su superficie. En esas partes se forman pantanos estacionales, por ejemplo al oeste de la subestación de la ENDESA. Las lagunas Lo Méndez y Lo Galindo son cuerpos de agua permanentes. La primera descarga en la segunda y ésta en el río Andalién, por medio de canales artificiales.

Metamorfización: En la faja de terreno estudiada la descomposición del granito está muy avanzada y la roca puede desmenuarse fácilmente y en partes desintegrarse entre los dedos. En toda la roca granítica metamorfoseada pueden observarse grandes trozos redondeados de granito menos descompuesto, de mayor tenacidad y con tendencia a exfoliarse asferoidalmente. El producto final de la desintegración del granito

G E O L O G I A

ROCAS GRANÍTICAS DESCOMPUESTAS

Distribución: Las rocas graníticas descompuestas están distribuidas en el cerro La Pólvara y en los cerros de Lo Galindo.

Morfología y drenaje: Las áreas graníticas tienen una morfología de cerros suaves, de una altura relativa sobre el área circundante de 18 m en La Pólvara y 42 m en Lo Galindo.

El drenaje es muy eficiente ya que la ubicación topográfica alta permite un escurrimiento superficial rápido de las aguas de lluvia.

Litología: Las rocas graníticas están compuestas por una asociación mineral totalmente cristalina, integrada principalmente por cuarzo, feldespatos y mica. Las rocas graníticas no descompuestas, que no se observan en la faja de terreno estudiada sino en otras localidades de la región de Concepción, son de color gris claro, de grano grueso, duras y tenaces.

Contactos: El granito descompuesto está cubierto en los cerros La Pólvara y Lo Galindo por capas de las rocas sedimentarias descompuestas. La superficie erosionada del granito, en contacto con esas capas, tiene una inclinación aproximada de 25° W.

Dist: El granito puede estar cubierto por mantos poco extensos de coluvio que no se indican en el mapa geológico como una unidad diferente.

Meteorización: En la faja de terreno estudiada la descomposición del granito está muy avanzada y la roca puede excavarse fácilmente y en partes desintegrarse entre los dedos. En medio de la roca granítica meteorizada pueden observarse grandes trozos redondeados de granito menos descompuesto, de mayor tenacidad y con tendencia a exfoliarse esferoidalmente. El producto final de la desintegración del granito

es el material conocido con el nombre de maicillo, formado por los cristales originales con diversos grados de alteración, según su composición mineralógica. En cortes naturales y artificiales de algunas partes de la región de Concepción, fuera de la faja de terreno, se ha observado que el manto de granito descompuesto tiene espesores muy variables. El espesor máximo observado es de 50 m. La transición entre el granito fresco y el descompuesto es gradual.

Suelo: Las rocas graníticas están cubiertas en las partes poco inclinadas por suelos castaño moderados, similares a los suelos de las rocas sedimentarias, compuestos principalmente por arcilla y limo. La muestra C-F8-N8 se recogió con un taladro de mano sobre el cerro La Pólvora, en los terrenos de la ENDESA, a 80 cm de profundidad. La humedad es de 26,4 por ciento; el límite líquido (LL) 43; el límite plástico (LP) 14,4 y el índice de plasticidad (IP) 28,6. En el cerro La Pólvora el suelo tiene un espesor de aproximadamente 2 m. Cuando seco el material del suelo puede ser separado en fragmentos bastante duros de romper con los dedos. Con humedad suficiente son suelos de plasticidad mediana.

ROCAS SEDIMENTARIAS DESCOMPUESTAS

Distribución: Las rocas sedimentarias descompuestas se distribuyen en el cerro La Pólvora, en el cerro de Nueva Pampa, en el cerro de Lo Galindo y en el cerro de Lo Méndez.

Morfología y drenaje: Las áreas con rocas sedimentarias descompuestas son serranías bajas, en partes alargadas y de formas suaves. En el cerro La Pólvora esas áreas tienen una altura de 18 m., en el cerro de Nueva Pampa 18 m., en el cerro de Lo Galindo 42 m y en el ce-

ro Lo Méndez 14 m., sobre el área baja circundante. El drenaje es eficiente.

Litología y espesor: Las rocas sedimentarias descompuestas son principalmente: 1) areniscas finas a medianas, grises y amarillentas, que en las cercanías del contacto con el granito (cerros La Pólvara y Lo Galindo) tienen una mayor proporción de rodados de cuarzo de 4 mm a 10 cm. En esas capas se observan animales invertebrados fósiles que habitaron en un medio ambiente litoral marino, donde se sedimentó el material; 2) lutitas (rocas arcillosas y limosas de partículas muy finas) grises y amarillentas, tobas (cenizas consolidadas de origen volcánico) gris claras y areniscas arcillosas amarillentas.

Se intercalan mantos de carbón en ciertas partes. Estos materiales se sedimentaron en ambiente terrestre. En algunas localidades, fuera de la faja de terreno, capas correlacionables contienen plantas fósiles.

Se estima que las rocas sedimentarias en el cerro La Pólvara no exceden de 8 m., medidos verticalmente; en el cerro Nueva Pampa exceden los 15 m.; en el cerro Lo Galindo tienen unos 10 m y en el cerro Lo Méndez exceden los 15 m.

Contactos: Las rocas sedimentarias están encima de las rocas graníticas en los cerros La Pólvara y Lo Galindo. En los cerros de Nueva Pampa y Lo Méndez se presume que están sobre rocas graníticas, a profundidades no determinadas, pero posiblemente de más de 15 m.

El contacto superior es gradual con depósitos de suelo (no indicados en el mapa geológico) y sin transición con depósitos fluviales, eólicos, de pantanos y de otras áreas mal drenadas y aluvio y

y coluvio indiferenciados. Se obtuvo de capas equivalentes que

Meteorización: La descomposición de las rocas sedimentarias está avanzada en las localidades de la faja de terreno estudiada. El material descompuesto puede excavar-se fácilmente con herramientas livianas y en ciertas partes aun desmenuzarse entre los dedos. Las capas mejor conservadas son aquellas con menor contenido de materiales feldespáticos. Los materiales feldespáticos al descomponerse forman productos de tipo arcilloso, en general bastante plásticos con humedad suficiente. Las rocas sedimentarias descompuestas tienen en general un color amarillo rojizo característico. Se considera que los espesores verticales estimados más arriba están compuestos en su totalidad por rocas sedimentarias más o menos descompuestas. En un talud hecho 1 km al noroeste de la laguna Lo Méndez, como parte de la nueva autopista entre Puente Perales y el cerro Chacabuco, se observaron 15 m de rocas sedimentarias descompuestas. Se estima que en esa localidad y en general en las áreas de rocas sedimentarias descompuestas de la faja estudiada, el manto meteorizado puede tener aun mayor espesor vertical.

Características físicas: Las capas de esta unidad tienen estratificación bien definida. La clasificación de los clastos de las rocas presenta buena uniformidad en las capas de arenisca y en las de lutitas. Sin embargo en la parte inferior pueden observarse conglomerados marinos pobremente clasificados. Hacia la parte superior de la secuencia algunas capas terrestres se componen de materiales más permeables y otras de materiales menos permeables, según su granulometría y otras características.

Los depósitos fluviales recientes del río Andalón se describen separadamente. El río Río Bío Bío formó un delta construido principalmente por arenas limpias, que hoy se expone en gran parte sobre el nivel del mar.

La muestra C-Ell-Nl-B se obtuvo de capas equivalentes que afloran en los cerros de rocas sedimentarias descompuestas de los alrededores de la laguna Redonda a un costado del camino de Concepción a Talcahuano. La humedad es de 25,5 por ciento, el LL es 35,7, el LP es 25,5 y el IP es 10,20. La muestra C-Ell-Nl-C tiene una humedad de 28,4 por ciento, el LL es 41,2, el LP es 28,4 y el IP es 12,80.

Suelo: Las rocas sedimentarias están en gran parte cubiertas por un suelo castaño moderado compuesto por arcilla limosa con escasa arena. La muestra C-F8-N11 se obtuvo con taladro de mano en el cerro de Nueva Pampa a 1 m de profundidad. La humedad es de 26,7 por ciento, el LL es 61, el LP es 29,2 y el IP es 31,8. El espesor del suelo no se determinó. El material puede separarse en fragmentos que cuando secos son muy duros de romper. Con humedad suficiente el material tiene una plasticidad muy alta.

La muestra C-F8-N9 se obtuvo en la divisoria de aguas del cerro Lo Galindo, a 1 m de profundidad, en la barranca baja de paredes verticales que bordea a la senda principal. Se observa un suelo rojizo, arcilloso, de plasticidad mediana a alta, con maicillo disperso en el material. La humedad es de 11,7 por ciento, el LL 37, el LP 22,4 y el IP 14,6.

En las áreas DEPOSITOS FLUVIALES

La denominación depósitos fluviales, en la faja de terreno estudiada, incluye solamente las arenas gris oscuras depositadas en tiempos pleistocenos por el río Bío Bío. Los depósitos fluviales recientes del río Andalién se describen separadamente. El río Bío Bío formó un delta construido principalmente por arenas limpias, que hoy se expone en gran parte sobre el nivel del mar.

Distribución: Los depósitos fluviales pueden observarse en las áreas interserranas bajas de la región de Concepción. En la faja estudiada a lo largo del valle del Andalién, están debajo de relleno artificial y de los depósitos aluviales recientes de la planicie de inundación (Fig. 4 y perforaciones N°s 1 y 3, en el apéndice).

Morfología y drenaje: Los depósitos fluviales forman una superficie más o menos llana y subhorizontal en los valles interserranos.

El drenaje de los depósitos fluviales es moderadamente eficiente en las cercanías de la ENDESA y en los campos cultivados de Lo Méndez. Donde el drenaje es deficiente hay algunas lagunas (Lo Galindo y Lo Méndez) o pantanos estacionales (200 m al noroeste de la ENDESA).

Litología, espesor y contactos: Los depósitos fluviales consisten de arena gris oscura limpia de limo o arcilla, compuesta por granos finos a medianos de cuarzo y minerales ferromagnesianos, con fragmentos subangulares y redondeados de lavas basálticas oscuras. La perforación N° 1 (ver apéndice) y otros antecedentes de perforaciones (no detallados en este trabajo) han atravesado limos y arcillas, en partes fosilíferas, asociados a las arenas gris oscuras.

En las áreas interserranas bajas de la faja estudiada los depósitos fluviales están mezclados con materiales coluviales, más finos (limo y arcilla), que provienen del "lavado" de las laderas o con materiales transportados por el viento.

Los depósitos fluviales se apoyan sobre las rocas antiguas de la región a profundidades variables. En las áreas interserranas bajas el espesor máximo no se determinó pero es probable que sea de unos 10 ó 15 m. En el valle del Andalién la perforación N° 1

(ver apéndice) atravesó los depósitos fluviales hasta los 30 m.

La base de estos depósitos no pudo reconocerse. En la perforación N° 3 (ver apéndice) los depósitos fluviales están debajo de relleno artificial.

Los depósitos fluviales pueden estar cubiertos por depósitos superficiales (de pantanos y de otras áreas mal drenadas, de aluvio y coluvio indiferenciados y de la planicie aluvial del río Andalién). Los depósitos fluviales se observan frescos, sin indicaciones de descomposición.

Características físicas: La estratificación de las arenas fluviales no está bien definida y es muy cercana a la horizontal. Los planos entre capas pueden observarse poco definidos en cortes que han estado expuestos un cierto tiempo a la intemperie. Con excepción de capitas muy delgadas (1 mm o menos) de limo gris claro, los cortes en arenas fluviales se observan con gran uniformidad vertical y horizontal. Las arenas fluviales tienen baja compresibilidad y alta capacidad de soporte (Martínez Serrano, 1961), no son plásticas, no están cementadas y son permeables.

La muestra C-E9-N3, del área de Lo Méndez, puede representar un suelo de depósitos fluviales con elementos más finos incorporados secundariamente (menores de 62 micrones: limo y arcilla; entre 62 y 125 micrones: arena muy fina), incorporados por el transporte eólico del material más liviano de las dunas situadas poco al noroeste y del lavado de los cerros próximos. El 40 por ciento de los granos es arena fina. El coeficiente de uniformidad es:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2,3$$

donde D_{10} y D_{60} son los diámetros de los tamaños de grano correspondientes al 10 y 60 por ciento, respectivamente, que pasa en la curva

cumulativa de tamaño de grano. El coeficiente de uniformidad indica un sedimento relativamente bien clasificado. El material no tiene plasticidad. La muestra se tomó con taladro de mano a 1 m de profundidad y su humedad es de 35,4 por ciento.

DEPOSITOS EOLICOS

Los depósitos eólicos incluyen las acumulaciones superficiales de materiales clásticos transportados y depositados por el viento. Por consideraciones sedimentológicas y morfológicas los depósitos eólicos pueden dividirse en 1) depósitos de dunas de arena y 2) depósitos de limo.

Depósitos de dunas de arena:

Distribución: Los depósitos de dunas de arena se observan inmediatamente al norte y a unos 300 m al oeste de la laguna Lo Méndez.

Morfología y drenaje: Las dunas son montículos agrupados irregularmente, de una altura relativa máxima de unos 2 m., respecto del terreno circundante. Las dunas al oeste de Lo Méndez están estabilizadas debajo del bosque de pinos y semiestabilizadas bajo la cubierta de arbustos. La migración de las dunas en ambas áreas está impedida por cerros de rocas antiguas que las bordean por el este.

La buena permeabilidad de las arenas de las dunas permite la rápida percolación del agua de lluvia hacia el interior del depósito.

Por lo tanto el escurrimiento superficial es mínimo y sólo cuando las arenas superficiales están muy saturadas.

Litología y espesor: Las arenas de las dunas consisten de arena gris oscura con escaso contenido de limo o arcilla, no cementada, sin plasticidad y permeable, constituida por granos finos a medianos de cuarzo, minerales oscuros y basalto.

El espesor máximo de las dunas es de aproximadamente 2 m. Las arenas de las dunas no presentan indicaciones de descomposición.

Características físicas: Las arenas de las dunas no están estratificadas en capas definidas. Los cortes en la arena presentan uniformidad vertical y horizontal.

La muestra C-E9-N2 de las dunas inmediatamente al norte de la laguna Lo Méndez, tiene un 76 por ciento de arena fina a mediana, con otros tamaños de grano muy subordinados. El coeficiente de uniformidad es igual a 2,1. El sedimento está muy bien clasificado. La arena carece de plasticidad. La muestra se obtuvo con taladro de mano a 1 m de profundidad y su humedad es de 7 por ciento.

Depósitos de limo:

Distribución: Los depósitos de limo eólico se distribuyen en el cerro de Nueva Pampa, a sotavento de las áreas de dunas sobre las cuales se está construyendo la población de ese nombre. La zona saturada por agua subterránea).

Morfología y drenaje: Los depósitos de limo cubren probablemente como un manto cuya superficie configuraría el relieve suavemente ondulado de las rocas sedimentarias sobre las cuales se apoyan. El drenaje de los depósitos de limo es eficiente.

Litología: Los depósitos de limo consisten de limo y arena muy fina de color castaño amarillento oscuro, sin cemento entre las partículas y granos, sin plasticidad, compuesta por clastos muy finos de cuarzo y minerales oscuros. El material puede definirse como loes. El espesor máximo de los depósitos no se determinó. El material se observa sin descomposición.

Características físicas: Los depósitos de limo no presentan estratificación. La muestra C-F8-N12, obtenida sobre el cerro Nueva Pampa a 1 m de profundidad, es un suelo compuesto por aproximadamente 59 por ciento de limo y alrededor de 28 por ciento de arena muy fina. La humedad es de 12,8 por ciento, LL 30,2, LP 28,4 e IP 1,8. El coeficiente de uniformidad es 4.

DEPOSITOS DE PANTANOS Y DE OTRAS AREAS MAL DRENADAS

Distribución: Estos depósitos se observan en algunos sectores de drenaje deficiente o impedido de las áreas interserranas bajas, entre la ENDESA y el cerro de Nueva Pampa y en la laguna permanente de Lo Galindo. El sector cercano a la ENDESA puede tener una superficie seca en verano pero en invierno está ahogado. Los dos sectores tienen vegetación acuática o freatófitos (vegetales asociados a la zona saturada por agua subterránea).

Litología: Los depósitos consisten de limo y arena desde muy fina a gruesa, en partes con fragmentos de cuarzo hasta de 4 mm., de color castaño amarillento desde mediano a oscuro, de baja plasticidad y con material orgánico. El espesor máximo de estos depósitos no se determinó.

Características físicas: La muestra C-F8-N7, obtenida a 1 m de profundidad en un punto situado a unos 200 m al oeste de la ENDESA, tiene 44 por ciento de humedad, LL 30,1, LP 28,8 e IP 1,3. El barro orgánico del fondo de la laguna Lo Galindo tiene 85 por ciento de humedad, LL 36,2, LP 23,7, e IP 12,5.

Morfología y drenaje: Los depósitos cubren una llanura baja y llana. El drenaje es eficiente durante la mayor parte del año. Durante

DEPOSITOS DE ALUVIO Y COLUVIO INDIFERENCIADOS

Estos depósitos superficiales modernos se originan por procesos de erosión normal de las laderas. Los materiales resultantes son transportados intermitentemente hacia abajo por la fuerza de la gravedad con movimiento entre lento a rápido. El aluvio considerado aquí rellena las pequeñas quebradillas y el coluvio enmanta las laderas y el pie de los cerros. Estos materiales se indican en el mapa sólo donde se consideran importantes para los propósitos del informe.

Distribución: Los depósitos están ubicados en los faldeos orientales del cerro de Nueva Pampa y entre la laguna Lo Galindo y el cerro de Lo Galindo.

Litología: Los depósitos se componen principalmente de una mezcla de arena y limo con algo de arcilla. Al pie del cerro de Lo Galindo pueden estar intercalados fragmentos de granito, maicillo y restos de troncos y raíces.

Los espesores máximos no han sido determinados. Sin embargo se estima que el espesor en los faldeos a 200 m al oeste de la ENDESA puede ser del orden de 3 m. y al oeste de la laguna Lo Galindo, del orden de los 5 m.

DEPOSITOS DE LA PLANICIE ALUVIAL DEL RIO ANDALIEN

Distribución: Los depósitos ocupan la planicie del valle del río Andalién.

Morfología y drenaje: Los depósitos cubren una llanura baja y llana. El drenaje es eficiente durante la mayor parte del año. Durante

ciertos períodos del invierno los depósitos de la planicie aluvial pueden estar cubiertos por agua proveniente de los desbordes del lecho permanente del río Andalién.

Litología y espesor: Los depósitos consisten de limo con arena fina y arcilla, de color castaño amarillento moderado, fácilmente removible con el martillo, con plasticidad mediana a baja. Está compuesto por granos en su mayor parte provenientes de rocas graníticas (cuarzo, feldespatos y mica muy abundante). En el lecho actual del río puede observarse gravilla angular y subangular. Entre las capas de arena castaño amarillenta pueden intercalarse capas de unos 5 cm de espesor, compuestas por arenas limpias gris oscuras.

El espesor de los depósitos de la planicie aluvial probablemente no excede de 3 m. Estos depósitos se apoyan (ver apéndice y figura 4) sobre los depósitos fluviales (perforación N° 1) y en partes sobre granito (perforación N° 2).

Características físicas: Los depósitos de arena castaño amarillenta se observan con estratificación definida en capas de 1 a 10 cm de espesor, en paredones en posición aproximadamente vertical de unos 2,50 m de altura. Las arenas de estos depósitos están poco clasificadas y contienen mucho limo y arcilla. La muestra C-Hll-N3, obtenida a 1 m de profundidad, en un punto de la barranca del lecho actual del río, tiene 20 por ciento de humedad, LL 45, LP 27,6 e IP 17,4. La muestra C-Hll-N4, tomada a 90 cm de profundidad sobre la barranca en otra localidad, tiene 22 por ciento de humedad, LL 45, LP 33 e IP 12,4.

DEPOSITOS DE RELLENO ARTIFICIAL

El relleno artificial cubre algunas áreas de la planicie del Andalién, especialmente en el barrio Chillancito, entre las cercanías del lecho del río y el cerro La Pólvara (ver perforación N° 3 en el apéndice y figura 4). El relleno artificial se hizo con el propósito de dar mayor altura a las áreas urbanas y a sitios del Ejército, para ponerlos a cubierto de las inundaciones normales del río Andalién. El espesor se estima en 2 m como máximo. El relleno consiste mayormente de escombros, basura y arena.

El sistema divide los suelos en tres grandes grupos: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos muy orgánicos o turbosos. En el terreno la identificación se hace por examen visual de los granos gruesos y por algunos ensayos simples a mano de los suelos de partículas finas o de la fracción fina. En el laboratorio se usan la curva granulométrica y los límites de Atterberg. La curva granulométrica o acumulativa es un método gráfico de representar los resultados del análisis mecánico que consiste en marcar, en un sistema de coordenadas cartesianas, los grados de tamaño o escala granulométrica sobre el eje de las abscisas y en el de las ordenadas el porcentaje total (cumulativo) en peso del material mayor (o menor) que un diámetro dado, uniéndose luego los puntos así obtenidos con una curva. Esta curva se construye casi siempre en escala semilogarítmica.

Los límites de Atterberg describen el contenido de agua como tres puntos precisos en la transición entre cuatro estados de consistencia del suelo: líquido, plástico, semi-sólido y sólido. Los contenidos de agua, determinados por procedimientos de desecamiento al horno, se

CLASIFICACION DE SUELOS

SEGUN CASAGRANDE

La figura 3 es un mapa que muestra la distribución de los suelos de la faja de terreno. Los suelos se han dividido en unidades que agrupan materiales con características comunes. Las características del suelo que se toman en consideración para proceder a la clasificación son las propuestas por Casagrande (1942, p.154). El sistema de Casagrande toma en consideración las propiedades de los suelos desde el punto de vista de la Ingeniería y se basa en el reconocimiento del tipo y predominio de los elementos constituyentes, apoyándose en el tamaño de grano, gradación de tamaños, plasticidad y compresibilidad. El sistema divide los suelos en tres grandes grupos: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos muy orgánicos o turbosos. En el terreno la identificación se hace por examen visual de los granos gruesos y por algunos ensayos simples a mano de los suelos de partículas finas o de la fracción fina. En el laboratorio se usan la curva granulométrica y los límites de Atterberg. La curva granulométrica o acumulativa es un método gráfico de representar los resultados del análisis mecánico que consiste en marcar, en un sistema de coordenadas cartesianas, los grados de tamaño o escala granulométrica sobre el eje de las abscisas y en el de las ordenadas el porcentaje total (acumulativo) en peso del material mayor (o menor) que un diámetro dado, uniéndose luego los puntos así obtenidos con una curva. Esta curva se construye casi siempre en escala semilogarítmica.

Los límites de Atterberg describen el contenido de agua como tres puntos precisos en la transición entre cuatro estados de consistencia del suelo: líquido, plástico, semi-sólido y sólido. Los contenidos de agua, determinados por procedimientos de desecamiento al horno, se

llaman límite líquido, límite plástico y límite de contracción.

El límite líquido (LL) se define como el contenido de agua expresado como un porcentaje del peso del suelo seco, con el cual el suelo comienza a mostrar una pequeña pero definida resistencia tangencial al reducirse el contenido de agua. Contrariamente, con el aumento de humedad, el límite líquido es el contenido de agua con el cual el suelo comienza a hacerse fluido bajo la influencia de una serie de golpes.

Al reducirse el contenido de agua debajo del límite líquido, la masa no se escurre como un líquido y tiene plasticidad. El límite plástico (LP) se define como el contenido de agua expresado como un porcentaje del peso del suelo seco, con el cual la masa deja de ser plástica y se hace quebradiza.

El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre los límites líquido y plástico ($LL - LP = IP$) y representa la variación de humedad dentro de cuyos límites el suelo es plástico. Los limos tienen bajos índices de plasticidad en tanto que las arcillas tienen índices más altos. El índice de plasticidad en combinación con el límite líquido indica la sensibilidad de un suelo a los cambios de humedad.

Debajo del límite plástico el suelo se hace semi-sólido, es decir, puede ser deformado pero se requiere una fuerza considerable y el suelo se quiebra. Si el suelo pierde más humedad alcanza el estado sólido, en el cual la contracción termina. El contenido de agua necesario para llenar los espacios en la masa de suelo en esta condición se llama límite de contracción (LC). Los valores del límite de contracción junto con otros valores de índices son útiles para identificar los suelos expansivos.

MATERIALES DE CONSTRUCCION

El mapa de suelos (Fig.3) muestra la distribución de las unidades reconocidas en la faja de terreno y en la explicación adjunta se describen las características fundamentales y se acompaña el símbolo del grupo, según Casagrande.

tenerse en las canteras comerciales de la región. La ubicación de algunos materiales en o próximos a la faja de terreno permitirá reducir los costos. Los datos proporcionados por el señor Honoro Van Camps, que se incluyen en este capítulo, posibilitan una mejor selección de los materiales a adquirirse en las canteras comerciales.

Los materiales naturales que pueden considerarse en este informe son 1) la piedra en fragmentos grandes, 2) los materiales arcillosos ligeros, 3) el agregado para el concreto y 4) las arcillas.

1) La piedra en fragmentos grandes dispone sobre un suelo para defenderlo de la erosión se conoce con el nombre de mampostería de piedra en seco o piedra botada y que corresponde al término "triprap" de la literatura inglesa. Triprap es un tanto relativamente fino de fragmentos de rocas especialmente seleccionados y clasificados según tamaño. El nombre tiene el propósito de proteger taludes de tierra de la erosión producida por el agua corriente y las olas. El triprap generalmente no se compacta sino que se bota o coloca para obtener una gran resistencia al corte que proviene de la trabazón de los fragmentos angulosos. Este material puede obtenerse de las canteras comerciales de la región, que explotan rocas graníticas. Es recomendable utilizar trozos de granito fresco. Sin embargo, se ha observado en la región que los fragmentos de granito algo desmenuzados (de color gris amarillento) pero con gran dureza y tenacidad, pueden ser utilizados. Es muy probable que al excavar los cerros La Pálmera y de La Calinda pueden obtenerse muchos fragmentos de granito algo desmenuzados. Una cuidadosa selección de los

MATERIALES DE CONSTRUCCION

Entre los materiales que se utilizarán en la construcción de la autopista hay algunos que pueden extraerse de las unidades geológicas reconocidas, en localidades de la faja de terreno descrita u obtenerse en las canteras comerciales de la región. La ubicación de algunos materiales en o próximos a la faja de terreno permitirá reducir los costos. Los datos proporcionados por el señor Homero Van Camps, que se incluyen en este capítulo, posibilitan una mejor selección de los materiales a adquirirse en las canteras comerciales.

Los materiales naturales que pueden considerarse en este informe son 1) la piedra en fragmentos grandes, 2) los materiales arcillosos ligantes, 3) el agregado para el concreto y 4) las arenas.

1) La piedra en fragmentos grandes dispuesta sobre un talud para defenderlo de la erosión se conoce con el nombre de mampostería de piedra en seco o piedra botada y que corresponde al término "riprap" de la literatura inglesa. Riprap es un manto relativamente fino de fragmentos de roca especialmente seleccionados y clasificados según tamaño. El manto tiene el propósito de proteger taludes de tierra de la erosión producida por el agua corriente y las olas. El riprap generalmente no se compacta sino que se bota o coloca para obtener una gran resistencia al corte que proviene de la trabazón de los fragmentos angulosos. Este material puede obtenerse de las canteras comerciales de la región, que explotan rocas graníticas. Es recomendable utilizar trozos de granito fresco. Sin embargo, se ha observado en la región que los fragmentos de granito algo descompuesto (de color gris amarillento) pero con gran dureza y tenacidad, pueden ser utilizados. Es muy probable que al excavar los cerros La Pólvora y de Lo Galindo puedan obtenerse muchos fragmentos de granito algo descompuesto. Una cuidadosa selección de los

más duros, densos y durables puede reducir los costos del riprap.

2) Los materiales arcillosos ligantes deberían utilizarse para mejorar las cualidades mecánicas de algunas arenas, sobre todo las depositadas por el viento. Estas arenas, por su tamaño de grano y falta de cohesión, tienen tendencia a ser fácilmente erosionadas por el viento, a ser rápidamente arrastradas por las aguas torrenciales con la formación de zanjas en las partes inclinadas y a deslizarse lateralmente. Arenas eólicas de un tipo similar al de la faja de terreno suelen mezclarse con un 10 por ciento de arcilla. Sin embargo, las proporciones en que debería mezclarse la arena con el material arcilloso, pueden ser determinados en el IDIFM, de la Universidad de Chile. Asimismo puede utilizarse una mezcla adecuada de arcilla y arena, como sub-base del camino en las partes en que se construye sobre áreas de arena y limo.

Los terrenos situados inmediatamente al sur de la laguna Lo Gallindo son los que contienen una mayor proporción de material arcilloso. Pueden explorarse otros puntos próximos a la faja de terreno para localizar otras fuentes de estos materiales. En general, los suelos castaño rojizos, de fragmentos duros cuando secos y plásticos cuando húmedos, que cubren las rocas sedimentarias de la región, ofrecen las mejores posibilidades para explotarlas.

3) El agregado para el concreto no podrá obtenerse de las excavaciones a realizarse en la faja de terreno. Las canteras comerciales pueden proveer de agregado de excelente calidad siempre que se compenga de roca granítica fresca. Se recomienda no utilizar fragmentos de roca granítica descomuesta. La roca intrusiva gris oscura, de grano muy fino, que atraviesa el granito en algunas partes, no tiene calidad constante y no se recomienda.

TALUDES Y OTRAS EXCAVACIONES

ADICIONES A LA CONSTRUCCION DE LA MURALLA

4) Las arenas regionales que han dado mejor resultado son las que se explotan en el lecho del río Bío Bío. Arenas muy similares son las que se explotan en la cantera del Cerro Verde, en el camino de Concepción a Talcahuano. Estas arenas son uniformes, de grano "duro" y están limpias de limo o arcilla.

Las arenas del río Andalién, por otra parte, son "blandas" y están mezcladas con una gran proporción de limo y arcilla. Esto puede ser indeseable para ciertos usos. El señor Van Camps comunicó que una mezcla de un 30 a 50 por ciento de arena del lecho del río Andalién con arena del lecho del río Bío Bío ha dado buenos resultados.

explosivos, tal vez con excepción de una o dos capas de arenisca tanas sobre el contacto con el granito. En los últimos meses, al excavar el cerro Chacabuco, para proseguir el trazo de Puente Peralas a la villa Paicavi, se usaron explosivos para remover una tanaz arenisca verdosa. La constitución geológica de ese cerro es muy similar a la de los cerros La Pálmera y de La Galinda.

El material a excavar estará fuertemente o semi-consolidado y podrá ser removido seguramente en su mayor parte, con equipos comunes de excavación. Los taludes pondrán al descubierto un manto superior de suelo residual castaño rojizo. El suelo residual tiene una particular tendencia a deslizarse lateralmente, en parte porque sobrayace a capas de arenisca y arcilla de muy diferente permeabilidad y a granito con un alto contenido de sílica. Este tipo de suelo se erosiona fuertemente y se desmorona cuando se satura de agua.

TALUDES Y OTRAS EXCAVACIONES

ASOCIADAS A LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA

La construcción de la moderna autopista requerirá la excavación de una parte de los cerros ubicados en el trazado propuesto. En esas partes la autopista estará bordeada por taludes o cortes artificiales que deben proyectarse de acuerdo a la resistencia al corte o resistencia interna ofrecida por los materiales naturales a la fuerza tendiente a provocar deslizamientos. La resistencia al corte está en relación con la naturaleza de los materiales del terreno y con la inclinación de las capas, entre otros factores. En ninguna parte las excavaciones se harán en roca fresca. Es muy probable que el movimiento de material no requerirá el uso de explosivos, tal vez con excepción de una o dos capas de arenisca tenaz sobre el contacto con el granito. En los últimos meses, al excavar el cerro Chacabuco, para proseguir el tramo de Puente Perales a la calle Paicaví, se usaron explosivos para remover una tenaz arenisca verdosa. La constitución geológica de ese cerro es muy similar a la de los cerros La Pólvera y de Lo Galindo. El material a excavar estará inconsolidado o semiconsolidado y podrá ser removido seguramente en su mayor parte, con equipos comunes de excavación. Los taludes pondrán al descubierto un manto superior de suelo residual castaño rojizo. El suelo residual tiene una particular tendencia a deslizarse lateralmente, en parte porque sobreyace a capas de arenisca y arcilla de muy diferente permeabilidad y a granito con un alto contenido de mica. Este tipo de suelo se erosiona fácilmente y se desmorona cuando se satura de agua.

Debajo del suelo se excavarán rocas sedimentarias descompuestas y granito descompuesto que tienen poca resistencia al corte y tendencia a deslizarse.

A continuación se describirán brevemente algunos taludes en los cuales se observaron, según los casos, dos o tres de las unidades geológicas que habrán de excavar-se en el trazado de la autopista. Algunos de estos taludes presentan derrumbes y otros no. Su conocimiento puede ayudar a un mejor cálculo de las pendientes de los taludes de la autopista.

1) A unos 100 m al este del término del puente sobre el Andalién hay un talud que bordea el camino de Concepción a Penco. El talud tiene una altura vertical de aproximadamente 15 m y fue excavado en un manto de suelo residual de unos 2 m de espesor, parcialmente cubierto por vegetación, y en roca granítica muy descompuesta. La roca granítica de la base ha sido excavada hace poco tiempo probablemente para obtener maicillo. La escarpa trasera está en la parte más alta del talud y tiene entre 70 y 90 grados de inclinación. Los materiales deslizados desde la escarpa son suelo y granito descompuesto, que forman los escombros de la base. La superficie de los escombros tiene unos 32 grados de inclinación y está parcialmente cubierta por vegetación. La delantera de los escombros está excavada en partes. Las excavaciones incontroladas al pie de esta zona derrumbada deberían prohibirse porque aceleran y aumentan la peligrosidad de los deslizamientos. Este es un derrumbe activo y casi todos los inviernos se desliza obstruyendo total o parcialmente el camino.

La antigüedad de este talud es de 8 años como mínimo.

2) Unos 200 m al este del límite oriental de la zona urbana de Concepción, en el camino de Concepción a Chiguayante, se observa un talud de aproximadamente 12 m de altura, excavado en granito de grano grueso, regularmente descompuesto. En la base, entre la masa de granito regularmente descompuesto se destacan bolones de 0,50 m de diámetro de granito más fresco. El talud tiene unos 45 grados y no presenta evidencias de derrumbes. La antigüedad de este talud es de por lo menos 15 años.

3) A 1,6 km al norte del puente sobre el Andalién hay un talud de unos 8 m de altura vertical, excavado en unos 2 m de suelo y en rocas sedimentarias. La pendiente del talud es de 66 grados. Las rocas sedimentarias son areniscas finas, gris oscuras, descompuestas pero bastante consolidadas, en capas aproximadamente horizontales, con algunas concreciones duras. El talud tiene una antigüedad de aproximadamente 19 años y no presenta evidencias de derrumbes. Este tipo de arenisca fina, gris oscura y con concreciones se excavará en los cerros La Pólvora y de Lo Galindo.

4) En las inmediaciones de Puente Perales, en el costado sur del camino de Concepción a Talcahuano, se observa un talud de unos 45 grados de inclinación y de unos 20 m de altura vertical. Está excavado en un manto superior de suelo residual de aproximadamente 4 m de espesor y en rocas sedimentarias similares a las descritas en el talud del camino de Concepción a Penco (talud 3). Las capas están inclinadas unos 15 grados hacia el interior del cerro. El talud tiene aproximadamente 24 años de antigüedad y está bien conservado. Sin embargo en el mes de Abril de 1962 se observaron rocas recientemente desprendidas, a un costado del camino.

5) En las cercanías del antiguo basural del barrio La Pólvora, a unos 200 m al oeste del crematorio, hay un talud de unos 15 m de altura vertical y de unos 35 grados de inclinación, que está excavado en rocas sedimentarias muy descompuestas. Las capas sedimentarias están inclinadas unos 25 grados hacia el interior del cerro. En la parte superior se observa el manto de suelo de 50 cm de espesor. Este talud tiene una antigüedad de 50 años y a pesar del estado avanzado de descomposición de las rocas sedimentarias, no presenta derrumbes mayores. Solamente el manto superficial de coluvio, que cubre parcialmente el talud, aparece deslizado en algunos sectores.

6) La calle del crematorio atraviesa el cerro La Pólvora en sentido este-oeste, bordeada por taludes a ambos lados. El talud oriental tiene una altura vertical de unos 8 m, una inclinación entre 75 y 90 grados y en un punto está excavado en suelo de 1 m de espesor, en rocas sedimentarias (areniscas finas, gris oscuras, con concreciones) de 5 m de espesor y en granito descompuesto (unos 2 m medidos verticalmente). Los espesores de las rocas sedimentarias y la altura de los cortes en granito son mayores hacia el este y menores (hasta cero) hacia el oeste, a lo largo de la calle, debido a que las capas están inclinadas unos 25 grados al oeste. No se ha podido reunir información acerca de la antigüedad del talud. El talud está bien conservado en partes. En un sector situado en el interior de los terrenos de la ENDESA hay una parte derrumbada. Este talud es muy ilustrativo porque la autopista pasará a unos 200 m hacia el noreste de este punto y la excavación se hará en rocas muy parecidas a las descritas, principalmente en granito descompuesto.

Además de los taludes a excavar en los cerros, el trazado de

la autopista demandará otras excavaciones. A unos 500 m al norte de la Escuela Industrial, el estudio seccional contempla la desviación del curso de un meandro del río Andalién. La desviación, si bien aprovecharía parte de un lecho abandonado por el río, implicaría la excavación de materiales de la planicie aluvial. Casi seguramente las excavaciones a lo largo del lecho abandonado no interceptarán rocas duras sino materiales moderadamente blandos que podrán removerse con equipo convencional.

A unos 200 m al oeste de la subestación de la ENDESA hay un área con drenaje deficiente sobre la cual sería indeseable fundar el camino. Es probable que se deba excavar el material superficial hasta llegar a la arena gris oscura, de baja compresibilidad y limpia de limo y arcilla que le sirve de base. El material podrá removerse con equipo convencional.

La autopista deberá cruzar la laguna Lo Galindo. En el fondo hay un barro limo-arenoso con material orgánico, de espesor no determinado. Una de las soluciones propuestas en las recomendaciones, al final del texto, demandaría excavar el material barroso, de ser posible, para asentar el relleno de la autopista sobre las arenas gris oscuras y limpias de limo y arcilla, que están debajo. La naturaleza parcialmente orgánica del material sugiere una compresibilidad alta. Si el relleno se apoya directamente sobre el fondo de la laguna, su peso puede producir hundimientos diferenciales y el deterioro de la autopista. El material podrá ser excavado con equipo convencional.

CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

DEL RIO ANDALIEN

El río Andalién nace en la Cordillera de la Costa y desemboca en las cercanías de Penco. Su hoya hidrográfica ocupa unas 60.000 Hás y los afluentes principales son el Poñón y el Curapalihue, con hoyas hidrográficas de 20.000 Hás cada uno. Los dos afluentes en conjunto, según el señor Carlos Guzmán, proporcionan el 80 por ciento del caudal del Andalién. La alimentación del Andalién es pluvial y por lo tanto el caudal es muy variable. En el verano el caudal es de unos 10 m^3 por segundo; en las crecidas frecuentes del invierno es de 300 m^3 por segundo; en las crecidas cada 5 años es de 700 m^3 por segundo y en las crecidas de aproximadamente cada 30 años es superior a 1.500 m^3 por segundo.

Debido a la moderada hasta muy pequeña pendiente del curso entre Agua de la Gloria y la desembocadura, los caudales superiores a 300 m^3 por segundo provocan inundaciones. Los caudales de aproximadamente 1.500 m^3 por segundo elevan el nivel de las aguas hasta cubrir la calzada de la Avenida Collao y hasta orillar la base de los cerros ubicados al sur de la avenida. La altura de la calzada de la avenida sobre el lecho del Andalién, en las proximidades de la Escuela Industrial, es de unos 5 m. Durante las crecidas la velocidad máxima de la corriente es de unos 2m por segundo. Las crecidas máximas duran de 4 a 5 días debido a que sobre la hoya hidrográfica caen lluvias de hasta 140 mm en 24 horas, dentro de un período de 3 a 4 días. La precipitación acumulativa puede sobrepasar los 400 mm.

CONCLUSIONES

1. Según el señor Carlos Guzmán, la gran variación del caudal haría necesario canalizar el río desde Concepción hasta la desembocadura. La canalización, para que sea efectiva, debería permitir la descarga de un caudal constante que el señor Guzmán estima entre 50 y 100 m³ por segundo. De esta manera los eventuales depósitos que puedan producirse serían permanentemente arrastrados por el agua. Para conseguir un caudal constante el señor Guzmán propone la construcción de un embalse regulador con capacidad de 60 millones de m³ en cada uno de los dos afluentes principales. La canalización del río, el señor Guzmán la estima de un ancho de 50 m.

2. Los ríos tienen tendencia a deslizarse lateralmente y a asociarse con las aguas torrenciales.

3. Los depósitos de pantanos y de otras áreas mal drenadas tienen una composición parcialmente orgánica que requiere alta permeabilidad.

4. Las arenas eólicas son materiales sin cohesión con tendencia a ser fácilmente erosionadas por el viento y el agua torrenciales y a deslizarse lateralmente.

5. Las arenas fluviales son materiales de baja compresibilidad y alta capacidad de soporte.

6. El relleno artificial se compone de materiales no compactados constituidos por escombros de edificios, arena y basuras.

CONCLUSIONES

1. En la faja de terreno estudiada en relación con la construcción de una autopista no hay problemas geológicos mayores.
2. El caudal del río Andalién es extraordinariamente variable debido a una alimentación pluvial muy irregular. El caudal mínimo es de 10 m^3 por segundo, en verano y el máximo conocido es superior a 1.500 m^3 por segundo, en las inundaciones invernales extraordinarias de los últimos decenios.
3. Los taludes o cortes artificiales asociados a la autopista deberán construirse en cerros formados por rocas graníticas descompuestas, rocas sedimentarias descompuestas y suelo. Estos materiales tienen tendencia a deslizarse lateralmente y a erosionarse con las aguas torrenciales.
4. Los depósitos de pantanos y de otras áreas mal drenadas tienen una composición parcialmente orgánica que sugiere alta compresibilidad.
5. Las arenas eólicas son materiales sin cohesión con tendencia a ser fácilmente erosionadas por el viento y el agua torrencial y a deslizarse lateralmente.
6. Las arenas fluviales son materiales de baja compresibilidad y alta capacidad de soporte.
7. El relleno artificial se compone de materiales no compactados constituidos por escombros de edificios, arena y basuras.

RECOMENDACIONES

1. El terraplén que se construiría en la planicie del río Andalién debería tener una altura calculada de acuerdo a las máximas alturas de las aguas en las inundaciones excepcionales. En estos casos la altura máxima conocida sobre el lecho del río es de unos 6 m. En caso de regularse el caudal del río Andalién mediante embalses, el ancho mínimo del canal debería tener 50 m, y la altura del terraplén unos 5 m.
2. El talud del lado norte del terraplén sobre la planicie del Andalién debería ser cubierto por un manto de fragmentos (riprap) de granito fresco, de un tamaño mínimo de 20 cm de diámetro, considerando que la máxima velocidad registrada del agua durante las inundaciones es de unos 2 m por segundo. El manto de rocas evitará la erosión de los materiales finos del terraplén durante las inundaciones.
3. El relleno de la autopista, independientemente de los materiales que se utilicen o de la unidad geológica de donde se lo obtenga, debe compactarse en capas, a su máxima densidad en condiciones óptimas de humedad, para una máxima estabilidad.
4. Los taludes o cortes artificiales en los cerros deberían tener un máximo de 45 grados de inclinación (1 : 1) y aun menos en las partes francamente inestables. Medidas preventivas adicionales de derrumbes podrían contemplar la remoción parcial de los inestables mantos de suelo y la excavación de escalones sobre los taludes, cada 5 ó 7 m de altura.

100/pt/m.
Jul 10/62

5. Debería darse especial consideración a las áreas pantanosas y otras pobremente drenadas, sobre todo a la laguna Lo Galindo, para prevenir el hundimiento de los terraplenes debido a la alta compresibilidad de depósitos con apreciable cantidad de material orgánico. Las cualidades indeseables de este material sugieren a los autores algunas soluciones acerca de las cuales habrán de decidir los ingenieros a cargo del proyecto final, a saber: a) la construcción de un puente; b) la fundación del camino sobre pilotes clavados hasta el punto de rechazo y c) la eliminación de los depósitos del fondo de la laguna hasta interceptar las arenas gris oscuras de baja compresibilidad, a lo largo del trazado de la autopista, y su reemplazo por un relleno de grandes fragmentos de roca fresca.
6. Se recomienda fijar las dunas con especies de raíces largas y de fácil adaptabilidad. Asimismo deberían mejorarse las cualidades mecánicas de las arenas y limos, en las áreas debajo de o asociadas a la autopista, con una mezcla adecuada de arcilla. Con estas medidas preventivas se eliminará o reducirá la erosión del viento y del agua torrencial y los deslizamientos laterales, en los materiales con poca o ninguna cohesión.
7. Se recomienda no fundar la autopista directamente sobre el relleno artificial de Chillancito y otras partes. El relleno artificial no compactado es un mal material de fundación que debe ser reemplazado por relleno apropiadamente compactado o por grandes fragmentos de roca fresca.

A P E N D I C E

PERFORACION N° 1

Ubicación : extremo noroeste calle Irarrázabal, sobre
 Fecha perforación : 30 de Enero de 1962
 Ubicación : 20 m al noreste del Estado Atlético, al
 nivel del río Andalién
 Profundidad nivel freático : no pudo medirse; desde 1,81 m de
 Profundidad total : 30 m
 Profundidad nivel freático : surgente

PERFIL :

Intervalo en metros	Descripción del Material	Unidad Geológica
0,00 a 8	Arcilla limosa, gris oscura, con esca- sa arena fina, micácea; plás- tica	Depósitos fluviales (?)
8 a 27,5 ±	Arena, gris oscura, mediana a muy gruesa y cuarzo muy abundante; granos oscuros, escoria y mi- ca abundantes. Invertebrados fósiles y capitas de arcilla en varios niveles. Madera car- bonizada a los 24,3 m	Depósitos fluviales
27,5 [±] a 30	Arena, con arcilla limosa, fina, gra- nos verdes (glauconita?) y bas- tantes de cuarzo; moderadamente plástica; fósiles.	

OBSERVACIONES: 8 a 27,5 m: agua muy abundante en la parte superior
 de esta sección.
 10 m más duro.
 A 5 m hacia el sur del sitio perforado se observa una
 barranca de 1,7 m de alto compuesta por capas de limo
 micáceo castaño amarillento de los depósitos de la pla-
 nicie aluvial del río Andalién

PERFORACION N°3

PERFORACION N°2

: 9 de Febrero de 1962

Fecha perforación : 30 de Enero de 1962

Ubicación : extremo noreste calle Irarrázabal, sobre ribera sur del río Andalién.

Profundidad nivel freático : 3,05 m

Profundidad total : 30,5 m

Profundidad nivel freático: no pudo medirse; húmedo desde 1,83 m de profundidad.

PERFIL :

Intervalo en metros	Descripción del material	Unidad Geológica
0,00 a 2,7	Limo con arena fina, castaño moderado (seco), muy micáceo; parece ser granito descompuesto transportado.	Depósitos de la planicie aluvial del río Andalién
2,7 a 4	Granito, gris, grano fino; descompuesto, in situ.	Rocas graníticas
4 a 30,5	Granito, grano grueso; principalmente granos de cuarzo; descompuesto, in situ.	

OBSERVACIONES : La máquina perforó con facilidad salvo a los 18,3 m donde el granito está algo más duro

PERFORACION N°3

Fecha perforación : 9 de Febrero de 1962
 Ubicación : intersección de calles Andalién y Santa Clara
 Profundidad total : 10 m
 Profundidad nivel freático : 3,05 m

PERFIL:

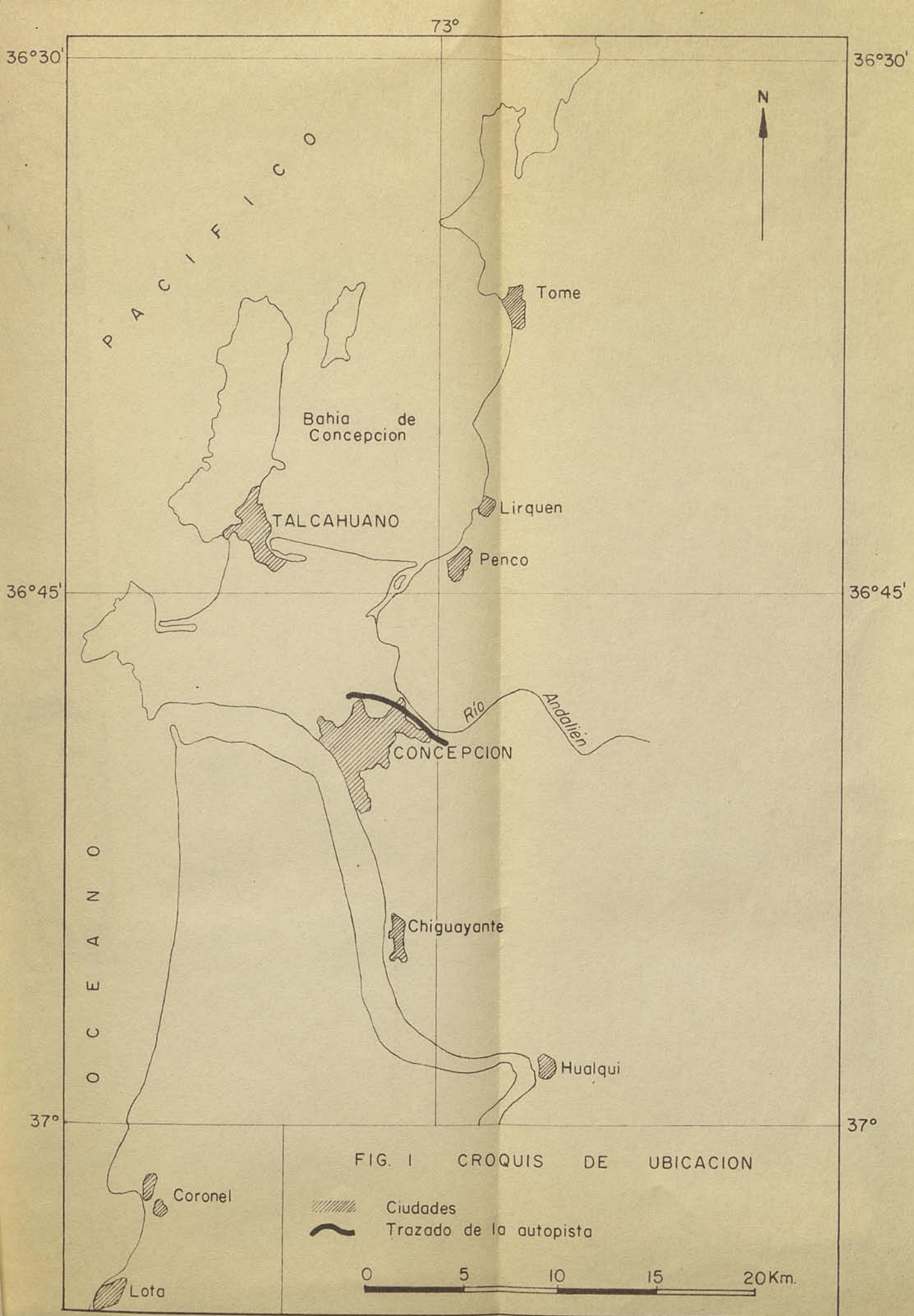
Intervalo en metros	Descripción del material	Unidad Geológica
0,00 a 0,6 ±	Escombros y arena	Relleno artificial
0,6 ± a 10	Arena, gris oscura, fina a mediana, con algo de limo; capitas finas de arcilla.	Depósitos fluviales

REFERENCIAS CITADAS

CASAGRANDE, A., 1942. Clasificación de suelos en Procc. Highway Research Board, vol.22, pp.154-173, EE.UU. de A. (reimpresión de los capítulos XX y XXI del Engineering Manual, War Department, EE.UU. de A.)

MARTINEZ SERRANO, F., 1961. Informe previo sobre el subsuelo de la ciudad de Concepción; inédito, Santiago.

REC. CHILENA



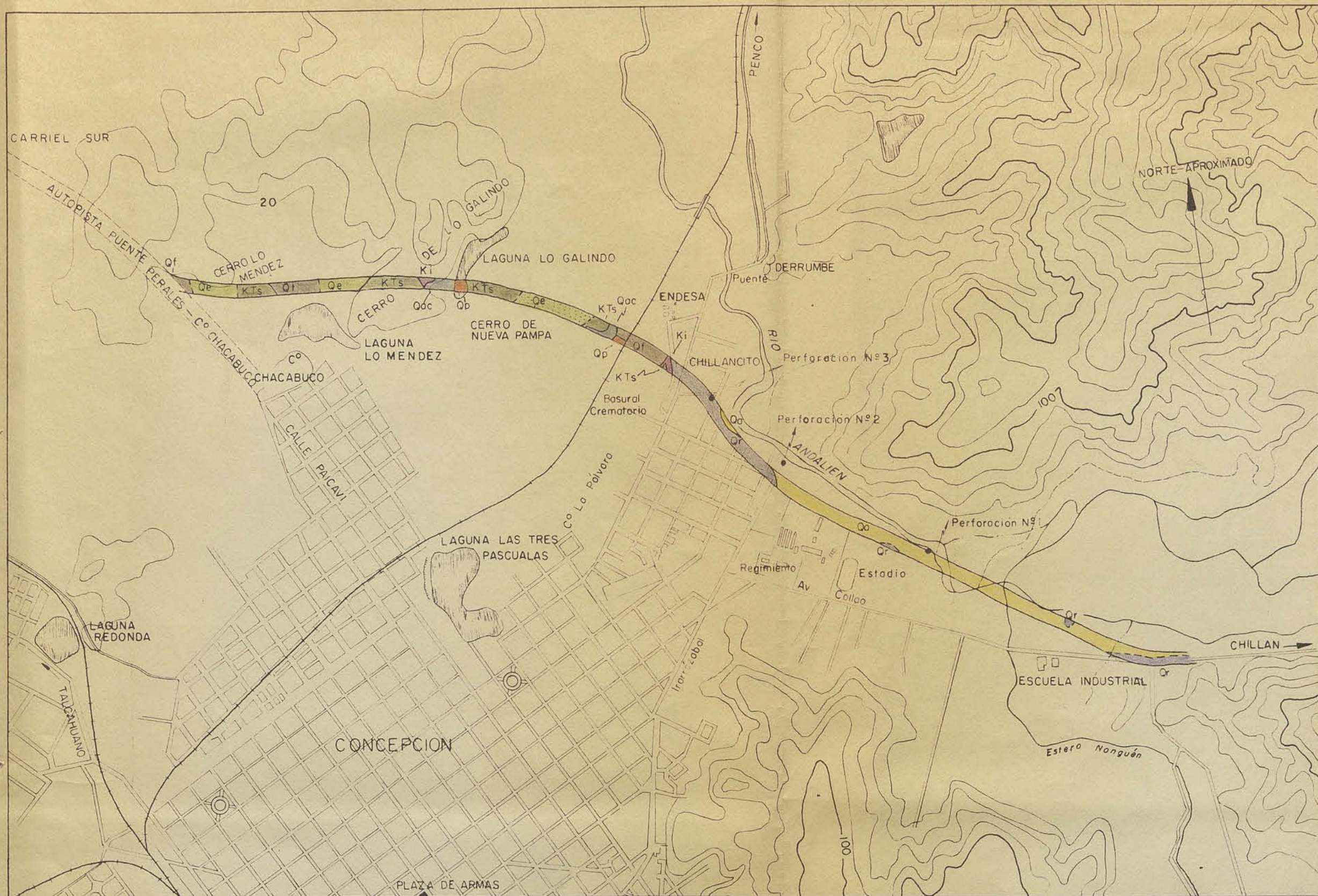


Fig 2.- Mapa geológico

Equidistancia altimétrica 20m

Escala 1:20.000

E X P L I C A C I O N

- PLEISTOCENO Y RECIENTE**
- Qr**
Depósitos de relleno artificial
(principalmente arena, escombros y basura)
 - Qa**
Depósitos de la planicie aluvial del río Andalién
(limo areno-arcilloso)
 - Qoc**
Depósitos de aluvio y coluvio indiferenciado
(arena limo-arcillosa)
 - Qp**
Depósitos de pantanos y de otras áreas mal drenadas
(limo arenoso)
 - Qe**
Depósitos eólicos
(arena y limo; los depósitos de limo se indican con una rastra)
 - Qf**
Depósitos fluviales
(arena)

CUATERNARIO

CRETACICO SUPERIOR Y TERCIARIO INFERIOR

- KTs**
Rocas sedimentarias descompuestas
(areniscas, lutitas, tobas y carbón)
- Ki**
Rocas graníticas descompuestas
(granito)

CRETACICO Y TERCARIO

Contacto
(segmentos largos donde es aproximado)

Lecho estacional o curso abandonado

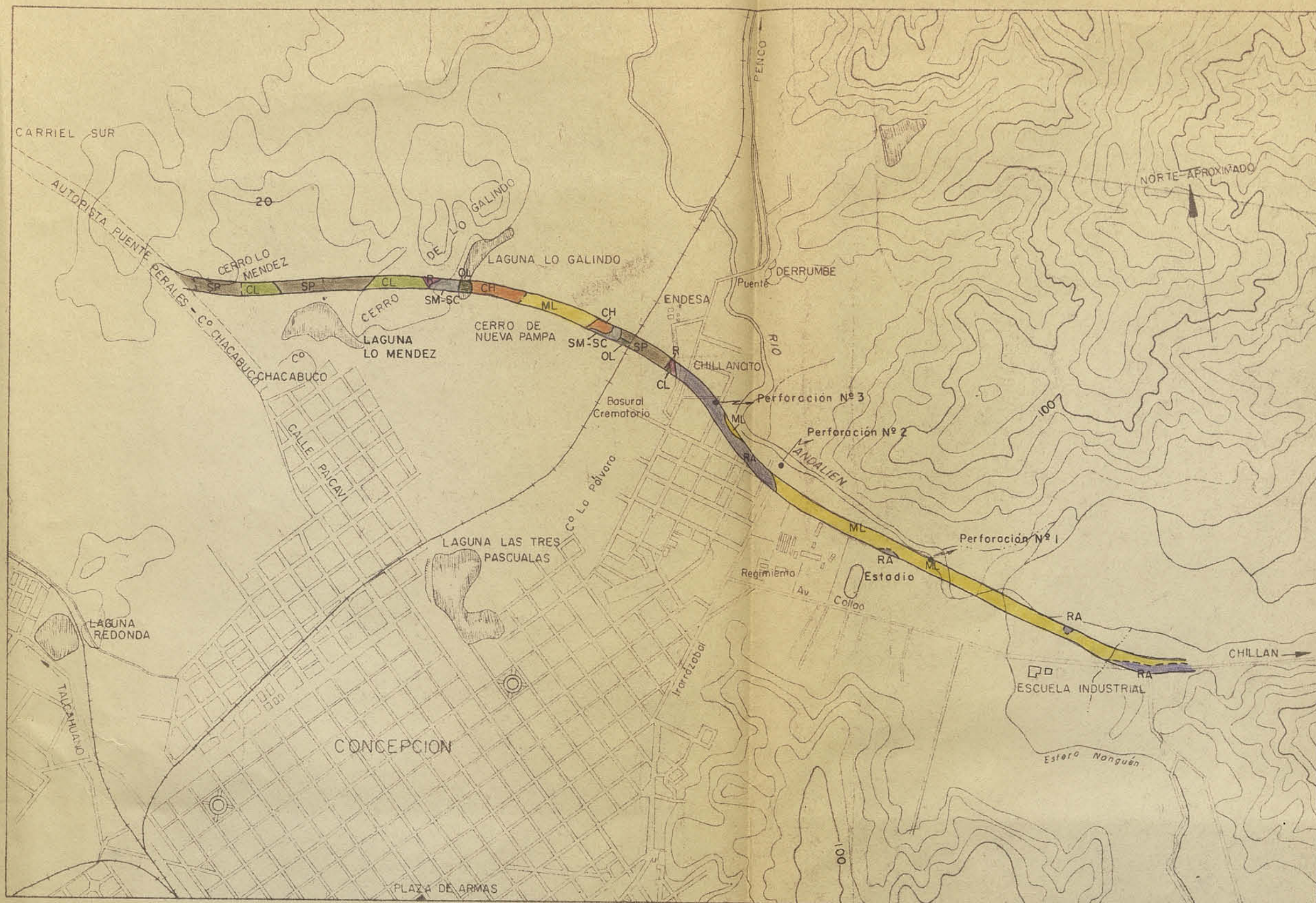


Fig.3.- Mapa de suelos

Equidistancia altimétrica 20m.

E X P L I C A C I O N

Escala 1:20.000

RA

Depósitos de relleno artificial (principalmente arena, escombros y basura); (RA)

SP

Arena; gris oscura; relativamente limpia de limo y arcilla, en las partes bajas de las proximidades de los cerros con limo y arcilla coluviales; granos angulares, finos a medianos; permeable; sin cohesión, seca; arena aluvial y eólica; (SP)

SM-SC

Arena limo-arcillosa con fragmentos de roca; castaña grisácea; granos angulares desde muy finos a muy gruesos; poco permeable; poco compactada; seca; coluvio y aluvio indiferenciados; (SM-SC)

ML

Limo inorgánico arenoso; castaño amarillento moderado a oscuro; el loes sin plasticidad; el aluvio del río Andalién es muy micáceo, con plasticidad baja a mediana; en el aluvio clastos de hasta 4 mm de diámetro; ninguna resistencia en fragmentos secos en el loes; poca a moderada resistencia en fragmentos secos del aluvio; seco; aluvio del río Andalién y loes; (ML)

CL

Arcilla con maicillo; castaño moderada (húmeda); plasticidad mediana; fuerte resistencia en fragmentos secos; clastos de grava subangulosa hasta de 1 cm de diámetro; seco; suelo de rocas sedimentarias y de granito; (CL)

OL

Limo orgánico muy arenoso; gris a castaño oscuro (húmedo); plasticidad baja; algunos fragmentos de cuarzo de hasta 4 mm de diámetro; sin cohesión; húmedo hasta muy saturado en laguna Lo Galindo; fondo de laguna o de área con drenaje deficiente; (OL)

CH

Arcilla limosa; castaño moderada (húmeda); plasticidad alta; muy fuerte resistencia en fragmentos secos; seco; suelo de rocas sedimentarias; (CH)

R

Roca descompuesta; poca a moderada consolidación; seca; rocas graníticas y sedimentarias; (R)

Contacto
(segmentos largos donde es aproximado)

Lecho estacional o curso abandonado

ESCALA HORIZONTAL 1: 20 000

ESCALA VERTICAL 1: 1000

(Referencias en Fig.2)

60 m.s.n.m.

50

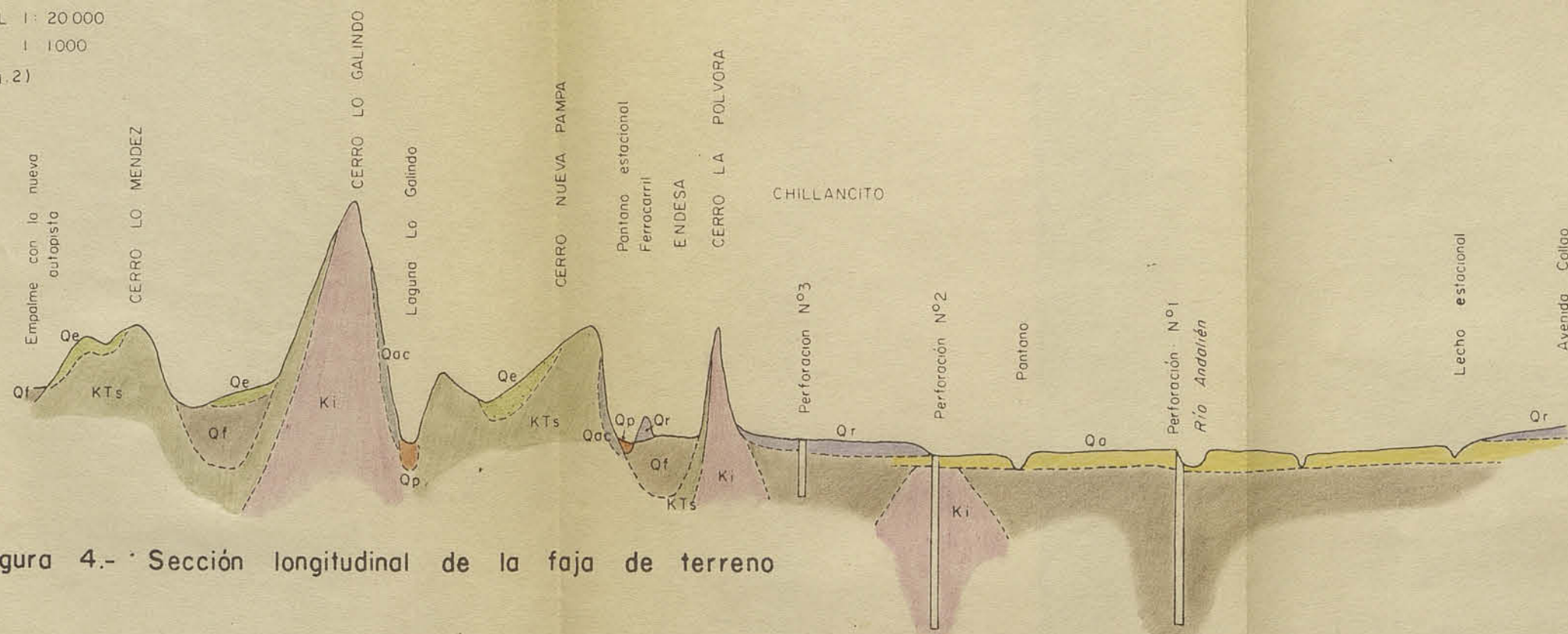
40

30

20

10

0



60 m.s.n.m.

50

40

30

20

10

0

Figura 4.- Sección longitudinal de la faja de terreno

